

Please Note

This thesis is also published as a monograph.

Thesis and monograph are identical, except for the typical thesis pages, like title page and English summary.

The scan is the monograph. The different thesis pages are added at the end of this document.

Gerard Alberts



Jaren van berekening

Toepassingsgerichte
initiatieven in de
Nederlandse
wiskundebeoefening
1945-1960

AMSTERDAM UNIVERSITY PRESS

Jaren van berekening

Jaren van berekening

Toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse
wiskunde-beoefening 1945-1960

Gerard Alberts

Amsterdam University Press

Deze publicatie kwam mede tot stand dankzij een bijdrage van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).

Omslagillustratie: Miča Popovič, *Planning a Sub-Human*. Acryl op doek, 200 x 130 cm., 1979.

Omslagontwerp: Henk van Aalst, NAP Ontwerpers, Amsterdam

Lay-out: JAPES, Amsterdam

NUGI 811

ISBN 90 5356 317 2

© Amsterdam University Press, Amsterdam, 1998

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912^j het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Inhoud

Woord vooraf	9
Perspectief	13
Over berekening en over het gezichtspunt van mathematisering	
Rekenwerk en mentaliteit	16
Mathematisering	18
<i>Mathematisering 1: dat wat onder het toepassen ligt (20)</i>	
<i>Mathematisering 2: de opdracht (21)</i>	
<i>Mathematisering 3: geest van wiskunde (22)</i>	
<i>Mathematisering 4: systematisch (25)</i>	
<i>Mathematisering 5: expliciet gemaakt tot wiskundig modelleren (29)</i>	
Geschiedschrijving op zoek naar mathematisering	30
<i>Passage (31)</i>	
<i>De structuur van het boek (33)</i>	
Een Van politiek naar beleid	35
<i>Cijfers en zorg (35)</i>	
<i>Wiskundig denken (37)</i>	
1.1 Planmatigheid: pessimisme en techniek	40
<i>Afscheid van het 'laissez-faire' (42)</i>	
<i>Techniek en consensus (44)</i>	
<i>Beleid (46)</i>	
1.2 Industrialisatie, Marshall en rationalisatie	51
1.3 De positie van wetenschap en techniek	56
<i>Doorbraak (58)</i>	
Twee Anderhalve eeuw toegepaste wiskunde	61
2.1 Emancipatie van de wiskunde	65
2.1.a Zuivere wiskunde en toegepaste wiskunde	67
<i>Wiskunde in het verlichtingsdenken: voorbij Bernals paradox (68)</i>	
2.1.b Doorwerking van de Verlichting in de wiskunde-beoefening: Lagrange	73
<i>Scheidslijn (77)</i>	
2.1.c Onderzoek	81
<i>Wiskundig onderzoek (84)</i>	
<i>Wiskunde in het onderzoek (86)</i>	
2.2 Toegepaste wiskunde en de relativeringen	88
2.2.a Benadering: klassieke toegepaste wiskunde	89
2.2.b Metaforen	92
2.2.c Rekenen	95
2.2.d Tekenen	100
2.2.e Tellen	101
<i>Verzamelen en opsommen (101)</i>	
<i>Schatten (104)</i>	
<i>Grenzen van het benaderen (105)</i>	

Jaren van berekening

2.3 Mathematiseren en wiskundig modelleren	107
<i>Blokkade, mysterie, model (111)</i>	
2.3.a Noties van model in het klassieke toepassen	113
<i>Mechanische modellen (114)</i>	
<i>Hertz' Bild (115)</i>	
2.3.b Buiten de klassieke toegepaste wiskunde	123
<i>Van Dantzig's 'General procedure' (129)</i>	
2.3.c Expliciete mathematisering als techniek: wiskundig modelleren	134
<i>Karakteristiek van wiskundig modelleren (136)</i>	
<i>Uitbeelding voor (136)</i>	
<i>Pragmatisme (137)</i>	
Drie Achtergronden van het Mathematisch Centrum	139
3.1 Geloof in welvaart door wetenschap	143
3.1.a De Groningse Connectie	144
3.1.b ZWO	149
3.1.c De Commissie tot Coördinatie	152
<i>Machtsgreep (155)</i>	
<i>Delft (158)</i>	
<i>Groningen (160)</i>	
<i>Utrecht en Amsterdam (162)</i>	
3.2 Wiskunde gezien als cultuurfactor en als productiefactor	166
3.2.a Van der Corput en Assepoester	168
3.2.b Schoutens teamwork	172
3.2.c Het productiefactormotief bij Van Dantzig	175
<i>Graduering (177)</i>	
<i>Overgang naar mathematische statistiek (179)</i>	
<i>Sprong van doel op middel (182)</i>	
3.3 Maatschappelijke dienstbaarheid	189
Vier Mathematisch Centrum: beginjaren	195
4.1 Het instituut	198
4.1.a Contacten met research en bedrijfsleven	199
4.1.b Zij mogen uiteraard...	207
4.1.c De Afdeling Zuivere Wiskunde	211
4.1.d De Afdeling Toegepaste Wiskunde	216
4.2 De Statistische Afdeling	219
4.2.a Parametervrije toetsen	219
4.2.b Bloei van de consultatie	222
4.2.c De Afdeling als baken	228
4.3 De Rekenafdeling	232
4.3.a Rekenen	234
4.3.b Programmeren	241
4.4. Het MC en de toepassingen	245
<i>Consolidatie (245)</i>	
<i>Gevolgen van de consolidatie (246)</i>	

Vijf	Tot het verbouwen der samenleving	249
5.1	Planmatigheid	253
	Doorbraak	
5.2.	Industrialisatie	260
5.2.a.	Goudriaan en de efficiënte bedrijfsorganisatie	262
5.2.b	Van Ettingers kwaliteit en de evolutie van de statistiek	266
	NSS	
	VVS	
	Kwaliteit	
5.2.c	Ingenieursdichtheid	276
5.3	Hogere techniek	280
	Delfstof	
5.4	Wetenschappelijkheid en wiskunde	289
Zes	Wiskundig Ingenieur: achtergronden	293
6.1	Wiskunde tegenover ervaring	297
6.1.a	Wiskunde in de technische wetenschappen: drie mechanica's	300
	<i>Analytische versus technische mechanica (300)</i>	
6.1.b	Approximation	303
6.2	De onderwereld van Biezeno	308
6.2.a	Toegepaste Mechanica	310
6.2.b	Subcultuur in Delft	318
6.2.c	Vliegtuigen, flutter en onderzoek	323
6.3	Timmans toepassingsgerichtheid	327
6.3.a	Reinier Timman	327
6.3.b	Numeriek analytische consultatie	331
6.3.c	Model en tweetaligheid	333
Zeven	De wiskundig ingenieursopleiding	339
7.1	Wiskunde in Delft	344
7.1.a	'Zoo moet de wiskunde dus als technisch vak behandeld worden'	349
7.1.b	Instructeurs en Mathematisch Instituut: nieuw elan	355
7.1.c	Mathematisch Ingenieur	359
7.2	Het Instituut voor Toegepaste Wiskunde	366
7.2.a	De eigen studierichting	367
7.2.b	De Onderwijsraad en de hulpwetenschap	368
7.2.c	Timman	372
7.2.d	De structuur van het ITW als typering van wiskundig ingenieurswerk	377
7.3	Numerieke, operationele en andere analyse	383
7.3.a	Delft en de weerklank	384
	<i>Mathematisch-organisatorisch (386)</i>	
	<i>Weerklank (387)</i>	
7.3.b	'Do you know Bowkemp?'	389
7.3.c	Benders' 'praktijk'	394
Acht	Omslag in de wiskunde-beoefening	401
8.1	Wijzigende beroepspraktijk	405
8.1.a	Organisatie	407
8.1.b	Stijl	409

Jaren van berekening

8.1.c Onderwerpkeuze	411
8.2 Vormen van dienstbaarheid	414
8.2.a Het uitdragen van wiskunde	416
8.2.b Bruikbare wiskunde, afnemende vanzelfsprekendheid	418
<i>Tel- en rekenwerk (419)</i>	
<i>Gereedschap (420)</i>	
<i>Taal (422)</i>	
8.3 Wiskundig modelleren	425
8.3.a Wiskunde als wereldbeeld	426
8.3.b Expliciet geworden mathematisering	428
8.3.c Instituties	430
Negen ‘Door geen pessimist meer te stuiten’	435
9.1 Prometheïsche huiver	438
9.2 Consensus en welvaartsstaat in het licht van ‘de wetenschappelijke methode’ en de opkomst van de deskundige	444
<i>Maatschappelijke structuren (444)</i>	
<i>Consensus (446)</i>	
9.3 Berekening als mentaliteit	451
Bronnen	457
Archieven	457
Interviews	458
Illustratieverantwoording	459
Literatuur	463
Register	487

Woord vooraf

Wat een opluchting dat de grote verhalen geen opgeld meer doen. We hebben het modernisme met zijn eenzinnig vooruitgangsgeloof achter ons gelaten. Niet alleen is daarmee een belangrijk deel van het vertelde gerelativeerd, ook is ons vertellers een zware last van de schouders genomen. Want stel je voor, we moesten onverzacht de cultuurhistorie van Nederland of ‘Trekken van de moderne westerse wetenschap’ doorschouwen en weergeven. De cultuurhistorie van het wiskundig denken, toch hét verhaal bij uitstek van de moderne tijd, zou ronduit onhanteerbaar zijn.

Stel je voor, ik moest zonder de verzachting van ironie het verhaal doen van de culturele betekenis van het wiskundig denken in het midden van de twintigste eeuw. In dat geval moest ik vandaag nog de last torsen waarmee ik de overstap maakte van de middelbare school naar de studie wiskunde. Geen discipline staat immers zo centraal in de moderne westerse cultuur, geen denkwijze is zo bepalend voor de blik op de wereld als de wiskundige. Wie in dat perspectief een cultuurgeschiedenis van het wiskundig denken onderneemt, draagt een loden last met zich mee, die gaat zwoegend door het leven. Nu ruil ik mijn last niet in voor los zand, ik weiger met andere woorden mee te gaan in de louter uitwendigheid van de sociaal-constructivistische beschouwingen, maar het is niet alles grijs en zwaarwichtig wat hier in dit boek volgt. De retoriek van Van der Corput, de neurotische ernst van Van Dantzig, het doorschijnend heldere rationalisme van Tinbergen, de bevolgen slordigheid en strengheid van Timman, tred binnen lezer, hier zijn mensen aan het werk! Deze mensen hebben onze samenleving mede vormgegeven en tegelijk is de ernst waarmee zij zich aangordden om de samenleving te verbouwen aandoenlijk. Zij huiverden bij de gedachte aan de gevolgen van hun ingrepen – als dat geen hoogmoed is ...

Mij fascineert hun bittere ernst. Hoe konden zij zichzelf zo serieus nemen; hoe is hun houding te begrijpen anders dan uit een vertrouwen op de doorzichtigheid die de wiskundige denkwijze aan de wereld zou verschaffen? Ik zou niet weten hoe anders; en uit dit tekort mijnerzijds is dit boek ontstaan.

Ik was en ben ervan overtuigd dat het wiskundig denken een centrale plaats inneemt in de dominante vorm van westerse rationaliteit. Vele relativeringen later houdt deze overtuiging nog stand; de waardering van deze toedracht is inmiddels gevat in een veelheid van betrekkingen die met name door de geschiedenis zijn aangereikt.

Nu kan men wel een motief hebben voor geschiedbeoefening, het wordt pas echt wat als de historische interesse zelf de ruimte krijgt. Er zijn enkele mensen die mij bijzonder hebben geholpen die ruimte te scheppen. Cor Baayen bood mij werk om mij aan de geschiedenis te wijden. E.H. Kossman en Hans Blom deden met hun belangstelling voor mijn vraagstelling als het ware de historische interesse voor. Ik ben dankbaar dat ik aan geesten als deze drie mijn verstand heb mogen scherpen. Hans Blom verschafte mij een plek in de aio-opleiding negentiende- en twintigste-eeuwse geschiedenis en bezorgde mij daarmee collega's. Wat is het geweldig om collega's te hebben; Tity de Vries, H el ene Vossen, Remieg Aerts, Henk te Velde, Barbara Henkes, Annemiek Galema, Frits Rovers, Jan van Miert en anderen, dank je wel dat we een tijdlang lotgenoten en sparringpartners konden zijn. Ik geloof dat je uiteindelijk slechts onder historici historicus wordt.

In het nadenken over wiskundig denken waren Maarten Coolen en Louk Fleischhacker mijn eerste leermeesters. Via hen werden mij niet alleen klassieken op papier, maar ook levende meesters als Jan Hollak en Theo de Boer toegankelijk. Specifiek de historische reflectie op het wiskundig denken werd mij een begaanbaar terrein mede door de inzichten van Michael Mahoney, William Aspray, David Rowe en Erhard Scholz. Buitengewoon inspirerend zijn voor mij de jaarlijkse Novembertagungen zur Geschichte der modernen Mathematik. Susann Hensel, Ulf Hashagen, Thomas Hochkirchen, Eisso Atzema, Skuli Sigurdsson, Moritz Epple, Sybilla Nikolow, Tilman Sauer en anderen waren de actieve getuigen van de eerste gedachtenvorming over honderdvijftig jaar toegepaste wiskunde; hoofdstuk 2 is hiervan de uitkomst. Helmut Neunzert, Walter Purkert, Klaus Mauersberger, David Rowe, Steve Russ en Erwin Neuenschwander boden mij de gelegenheid nieuwe reacties op de geschiedenis van wiskundig modelleren te verwerven. Aan de Universiteit Twente mocht ik het college 'Wiskunde en praktijk in historisch perspectief' geven. Mede dankzij de toegewijde steun van Jan Schut was dit een plezierige ervaring. De British Society for the History of Mathematics ben ik dankbaar voor de eervolle uitno-

diging om in oktober 1996 de conferentie 'Mathematics in the Real World' over de geschiedenis van de toegepaste wiskunde te organiseren.

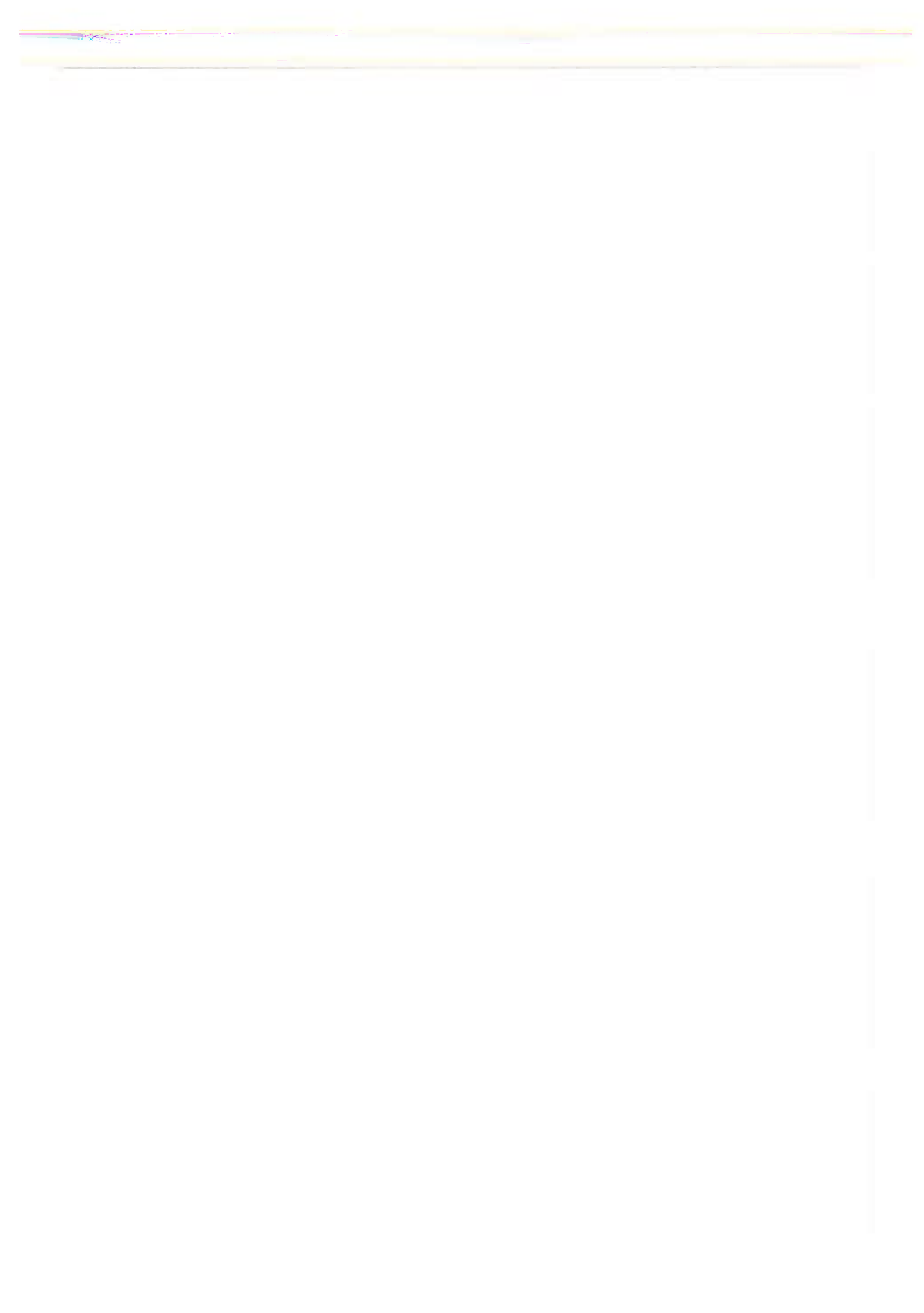
Geschiedbeoefening is ook het genoegen van het doorvorsen van oude papieren. Martijn Bakker is er schuld aan mij te hebben blootgesteld aan de verlokkingen van het bestaan als archiefkrat. Ik zal hem dat tot in lengte van dagen met respect nadragen. De antiquaren van Amsterdam en omstreken hebben veel bronnenmateriaal betreffende het kwantificeren en rationaliseren in Nederland in de jaren vijftig voor een habbekrats te koop aangeboden. Ik hoop in de volgende bladzijden te tonen hoe kostelijk al deze lectuur is. Uit dankbaarheid en plaatsgebrek zal ik op mijn beurt hun nu het materiaal weer aanbieden.

Een deel van het onderzoek waarvan in dit boek verslag wordt gedaan is verricht in het kader van het project 'Wiskundige van beroep' aan de Technische Universiteit Eindhoven, 1983-1987, onder leiding van Jac Benders, Harry Lintsen en Andries Sarlemijn. De resultaten zijn verwerkt in hoofdstuk 3 en 4. Het leeuwendeel van het onderzoek is uitgevoerd in dienst van het Centrum voor Wiskunde en Informatica, 1988-1990, onder leiding van Cor Baayen. De publicatie van dit boek is mede mogelijk gemaakt door de financiële steun van NWO.

Natuurlijk behoeft een onderzoek met een looptijd als dit ook immateriële steun. Ik dank Peter van Emde Boas, Jac Benders, wijlen Stan Ackermans, Jan Bakker Sr., Helmut Neunzert, J.W. Cohen, Dirk Struik, Klaas Bouwer en Machiel Karskens voor hun nimmer aflatende morele ondersteuning. In beide laatstgenoemden dank ik tevens de werkgroep Wetenschap en Samenleving en de leerstoelgroep Beleidsgerichte en Sociaalwetenschappelijke Milieukunde van de Katholieke Universiteit Nijmegen voor de plezierige en intellectueel stimulerende werkomgeving die zij mij sinds 1992 bereiden. Jan van den Ende en Ellen van Oost ben ik dankbaar dat zij, op een moment dat wij allen ons proefschrift nog af te rondon hadden, de courage opbrachten om met mij alweer een nieuw project, de geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland, te entameren.

Een groot aantal mensen heeft het onderzoek mede mogelijk gemaakt door eenvoudigweg hun functie te vervullen. Het gaat niet aan hen hier te vermelden. De uitzondering maak ik voor Jan Schipper, de drukker van het CWI, die aan ieder rapport of boek op historisch gebied door zijn bijzondere aandacht iets toevoegde.

In Hans de Jager, de eerste medewerker van het Mathematisch Centrum, dank ik al degenen die mij een interview toestonden; de volledige lijst is opgenomen onder de bronnen. In Ank Voets, faculteit ITS, TU Delft, dank ik al diegenen die bij ontstentenis van bibliothecaris of archivaris die extra inspanning deden om mij toegang tot de bronnen te verschaffen. In Yolande Timman dank ik alle mensen die mij belangeloos illustratiemateriaal ter beschikking stelden voor dit boek.



Perspectief

Over berekening en over het gezichtspunt van mathematisering

Op zijn koude zolderkamer zat de veelbelovende ingenieur door te draaien. Hij was al jaren doende met berekeningen en hier was het althans minder koud dan op het laboratorium. Het draaien gebeurde aan mechanische rekenmachines, voor ieder van de optellingen, waaruit de vermenigvuldigingen samengesteld zijn, een slag aan de 'koffiemolen'. Ir. Adriaan van Wijngaarden was reeds in het bevoorrechte bezit van een elektromechanische machine. Hij werkte een goed deel van de oorlogsjaren voor prof. dr. J.M. Burgers aan een vraagstuk uit de stromingsleer, grenslaagvergelijkingen.

'Ik heb mijn best gedaan bepaalde berekeningen uit te voeren; het waren berekeningen waar je tegenwoordig zonder computer niemand meer voor zou krijgen. Het was doordraaien, doordraaien, doordraaien tot je weer een stap verder was. Na een aantal weken had ik dan weer een vergelijking opgelost en dan kwam de volgende, want het waren partiële vergelijkingen, niet-lineaire (derde orde) partiële differentiaalvergelijkingen. Dag in, dag uit zat ik thuis achter mijn Marchant, elektrische rekenmachine, dat bespaarde me de tijd van op en neer gaan naar het lab. 's Morgens vroeg op, de hele dag rekenen en 's avonds laat naar bed.'

De resultaten van zijn gedreven arbeid zou hij echter terzijde leggen, ze konden hem niet bekoren.

'Ik vond het niet mooi. Het leverde niet de mate van inzicht die ik wilde.'

Aan deze Delftse gebeurtenissen tussen 1939 en 1945, de periode dat Van Wijngaarden assistent was aan de Technische Hoogeschool, laten zich de belangrijkste thema's in de naoorlogse wiskunde-beoefening reeds aflezen. Aller-

eerst was er die lichte gekte, de gedrevenheid die zowel in het vak als in de maatschappelijke omstandigheden zijn aanzet vond.

Het was ook niet toevallig dat het gebeurde in Delft. Daar immers bevond zich de voorhoede van de technisch-wetenschappelijke research. Wiskunde speelde een cruciale rol in de voortgang van de technische wetenschappen en omgekeerd nam juist in dit domein het toepassen van wiskunde een nieuwe wending. De wiskundigen speelden aanvankelijk een bescheiden rol; het waren ingenieurs en natuurkundigen die het meest bedreven waren in het nieuwe gebruik van wiskunde. In tweede instantie zouden – het zal in de volgende hoofdstukken naar voren komen – de wiskundigen het voortouw nemen. Er was in de wetenschap een algemene tendens tot maatschappelijke bewustwording. De wiskundigen zetten deze om in een streven naar dienstbaarheid. Zij heroverden het initiatief door de reflectie op en institutionalisering van het ‘toepassen’.

In dat toepassen liep het traditionele zoeken naar waarheid spaak op een overmaat aan rekenwerk. Het achterliggende motief, het streven naar inzicht en schoonheid, werd evenwel niet zomaar losgelaten. Dit motief bleek, voor Van Wijngaarden bijvoorbeeld, zelfs sterk genoeg om verkregen resultaten af te wijzen. De twee te verwachten consequenties van deze impasse werden in de wiskunde-beoefening inderdaad getrokken. Enerzijds brak een pragmatischer stijl van toepassen van wiskunde door, anderzijds zocht men telkens houvast in de schoonheid en het waarheidbrengende karakter van het wiskundig denken. De ambivalentie van nut en schoonheid, die een wezenstrek is van de wiskunde-beoefening, kwam in de naoorlogse jaren in volle scherpte naar voren. Ze toonde zich in de praktijk, ze was zichtbaar in de visies op de wiskunde en haar maatschappelijke rol en hoorbaar in de begeleidende retoriek.

Nut en schoonheid waren geen losstaande elementen in de waardering van het wiskundig denken. Ze waren op elkaar betrokken en wel in het bijzonder in die moderne pragmatische handelwijze, het wiskundig modelleren.

Het modelleren gaf gestalte aan de maatschappelijke dienstbaarheid van de wiskunde. Doch de meest geprezen diensten van de wiskunde waren nu net schoonheid, elegantie en beknoptheid. Burgers, Van Wijngaardens leermeester, was een van degenen die het wiskundig modelbegrip introduceerden. Hij zocht dit begrip om zijn streven naar waarheid en wezensinzicht te onderscheiden van de in zijn ogen al te pragmatische kennisverwerving van de ingenieurs. Die zouden er echter mee heen gaan. Het woord modelleren vond ingang juist als aanduiding van die pragmatische ingenieurspraktijk. Zo riep iedere poging om de wiskunde terug te brengen tot een van beide aspecten telkens met evenzoveel kracht het andere aspect naar voren.

Daar, waar het streven naar maatschappelijke dienstbaarheid de vorm aannam van nieuwe instellingen, waren het oogmerk van nut en dat van schoonheid al even onlosmakelijk verbonden. Het was de combinatie van beide aspecten die in Amsterdam het in 1946 opgerichte Mathematisch Centrum tot een levensvatba-



Aad van Wijngaarden in 1954 in een ongebruikelijke pose, achter de rekenmachine tijdens het International Congress of Mathematicians in Amsterdam.

re instelling maakte. In Delft was het de wisselwerking van beide aspecten, waardoor in 1956 de Wiskundig Ingenieursopleiding, primair nuttig toch, tot stand kon komen. Dankzij erkenning van het nut van de toepassingen herleefde er de schoonheidsgerichte wiskunde en de resulterende opbloei verschaftte de speelruimte om ook de toepassingsgerichtheid werkelijk gestalte te geven.

Noch inhoudelijk, noch institutioneel konden Mathematisch Centrum en Wiskundig Ingenieursopleiding zonder het schoonheidsmotief. De geschiedschrijving kan hier evenmin eenzijdig zijn. Het thema van dit boek is de toepassingsgerichtheid; daarbinnen komen uitdrukkelijk beide motieven en hun wisselwerking aan bod. De toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse wiskunde-beoefening worden in de volgende hoofdstukken belicht aan de hand van het Centrum en de Opleiding: de achterliggende motieven, de vestiging en de ontplooiing als instituut. Het verhaal speelt op drie niveaus: dat van de wiskunde en wiskunde-beoefening, dat van de veranderende maatschappelijke positie van het vak, de visies daarop en de institutionaliserings, en dat van de samenleving waarin het wiskundig denken zo'n positie inneemt.

Rekenwerk en mentaliteit

Het maken van berekeningen is niet de gewoonte onder wiskundigen. Het had dan ook een bijzondere betekenis dat het in de naoorlogse jaren wel gebeurde, en dan speciaal binnen het Mathematisch Centrum en de Wiskundig Ingenieursopleiding. De jaren van berekening waren natuurlijk niet de jaren van Van Wijngaarden. Niet het rekenwerk kenschetste de naoorlogse jaren, maar de berekenende mentaliteit die zo'n vruchtbare context voor het werk van de wiskundigen bood, de mentaliteit die vroeg om 'het wiskundig bekijken van de wereld'. De wiskundigen op hun beurt waren op de samenleving gericht. In de overgang naar een nieuwe maatschappelijke functie hadden ze met oude manieren aan nieuwe verwachtingen te voldoen en dat bezorgde hen rekenwerk.

De jaren van berekening waren die waarin geïnterviewden 'naar behoren' somber antwoordden op NIPO-enquêtes, de jaren waarin überhaupt voor het eerst dergelijke statistische onderzoeken naar de publieke opinie werden gehouden. Het waren de jaren waarin de 'disciplinerende arbeidsmoraal en de restrictieve moraal in ruimere zin'¹ niet alleen door de overheid en de verzuilde organisaties werden aangereikt, maar ook door de bevolking aangenomen. Het waren de jaren van *aangenomen* 'tucht en ascese', van *ascetisme*. Met berekenende mentaliteit is hier in eerste instantie bedoeld wat Kossmann heeft gekenschetst als 'opgewekte energie'².

1 [Blom 1981] 'Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945-1950)' /J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158] *Herrijzend Nederland; Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* /P.W. Klein en G.N van der Plaat (red.). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (= *BMGN* 96-2). Repr. in: [Blom 1989 pp.184-217].

De uitdrukking 'tucht en ascese' ontleent Blom aan Kossmann [Kossmann 1977 p.298] *De Lage Landen 1780-1970 (Winkler Prins Geschiedenis der Nederlanden III)* /E.H. Kossmann, met ass. van W.E. Krul. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1977.

'Ascetisme' en 'tucht' in: [Kossmann 1986 II, p.231] *De Lage Landen 1780-1980. Twee eeuwen Nederland en België* (2 dln.) /E.H. Kossmann. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1986.

Over de restrictieve moraal zie onder meer [Galesloot/Schrevel -] *In fatsoen hersteld. Zedelijkheid en wederopbouw na de oorlog* /Hansje Galesloot en Margreet Schrevel (red.): Amsterdam: SUA, z.j.

De dubbele bodem, dat de restrictieve moraal ook aangenomen werd (en dat de oorlogs-ervaring verdrongen werd) en dat er een besef was van de zelfbeperking die men zich oplegde, omdat dat 'toch het beste was', krijgt in de literatuur niet de aandacht die hij verdient.

2 [Kossmann 1989 p.15] 'Nederland in de eerste na-oorlogse jaren' /E.H. Kossmann. In: [Alberts e.a. 1989 pp.7-16] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos en J. Nuis (red.). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1989.

In deze jaren groeide op de voedingsbodemp van opgetogen soberheid het scala van kwantificerende benaderingen dat in hoofdstuk 5 de revue zal passeren.

Ik wil laten zien dat de initiatieven van de wiskundigen een verstrekkende maatschappelijke betekenis hadden, dat er een dwingende verbinding is tussen rekenwerk en berekenende mentaliteit. Op conceptueel niveau wordt die verbinding naar voren gehaald met behulp van het begrip mathematisering. De onderstaande paragraaf biedt een uiteenzetting van dit begrip. De rest van het boek is gewijd aan het historisch verhaal en daarin wordt de verbinding pas goed zichtbaar, wanneer men kijkt naar de inhoud van het werk van de wiskundigen.

Het werk van de wiskundigen *weerspiegelde* de algemene tendens van de naoorlogse maatschappelijke ontwikkeling. Het *week* daar in zekere zin ook weer van *af*, mede doordat het er een bijzondere rol in speelde. Maar het buitengewone was dat dit werk iets naar voren bracht dat de cultuur, waarin het ingebed was, diepgaand *beïnvloedde*. Er was, en dat gold niet specifiek voor de jaren veertig, een betrekkelijk diffuus streven naar rationalisering op velerlei terrein. In de wederopbouwtijd kristalliseerde dit streven zich op een aantal terreinen uit tot een zoeken naar concrete vormen van rationalisering. De gerichtheid op het concrete was een voorbeeld van 'opgewekte energie' waarmee men 'aan de arbeid' ging, begeleid door de nodige retoriek. Op dergelijke terreinen zocht en vond men steun bij de wiskunde, technische, methodische en morele steun. Precies aan deze vraag om steun konden de wiskundigen invulling geven met de tot procedure geworden methode van het wiskundig modelleren. Hun werk bracht een cruciaal element van de naoorlogse cultuur tot uitdrukking en dat gegeven verleende er een betekenis aan die uitging boven de strevingen van de direct betrokkenen.

De *weerspiegeling* bestond erin dat een groep wiskundigen plannen maakte voor een vernieuwing van de wiskunde-beoefening, na de bevrijding. Deze groep wilde op eigen terrein de afgewendheid van de wereld doorbreken. Er was een structurele overeenkomst met het streven naar een doorbraak in de Nederlandse politiek. De verwantschap was in dit geval zeer concreet. De wiskundigen achter het Mathematisch Centrum hadden zelf politiek over het algemeen een voorkeur voor doorbraak en vernieuwing en, meer dan dat, zij hadden goede contacten met de politieke doorbraakfiguren. Doet dat gegeven ertoe, anders dan dat het op sommige punten de gemakkelijke toegang tot de overheid verklaart?

Men hoeft natuurlijk niet politiek progressief te zijn om binnen de wiskunde-beoefening vernieuwingsgezind te zijn. Ook is de gerichtheid op toepassingen niet bepaald voorbehouden aan sociaal-democraten. Hier evenwel hield het toepassingsgerichte initiatief een streven in naar maatschappelijke dienstbaarheid door directe inzet van de wiskunde. In die concrete vorm was op dat moment de gedachte aan dienstbaarheid verwant aan het plandenken, dat men eerder ter linker- dan ter rechterzijde van het politieke spectrum kon aantreffen. Er was dus, meer dan een structurele overeenkomst, een zekere afspie-

geling van de algemeen maatschappelijke beweging in het domein van de wiskunde-beoefening.

De *afwijking* van het algemene patroon bestond in het contrast met de falende doorbraak in de politiek. Op meerdere maatschappelijke deelgebieden voltrok zich, net als in de wiskunde, een omslag, die in een later stadium wel degelijk effect had op samenleving en politiek.

‘Wanneer [...] wij [...] neerzitten om ons te bezinnen op de wijdere betekenis van dit alles, komt als vanzelf in de herinnering terug de tijd toen men van planning ene nieuwe maatschappij verwachtte. Inderdaad is er veel nieuws gekomen, doch op een heel andere manier dan toen gehoopt of verwacht werd.’³

De geslaagde doorbraken op deelgebieden⁴ brachten buiten de politiek om als nog vernieuwingen tot stand in de vorm van modernisering of rationalisering.

De *beïnvloeding* kwam voort uit het bijzondere van de wiskunde, uit datgene wat specifiek was dan die algemene relaties van weerspiegeling of afwijking. De bijzonderheid van het verband met de samenleving als geheel berustte op de inhoud van de vernieuwing in de wiskunde-beoefening. De inhoud van de doorbraak in dit vak was een nieuwe wijze van bruikbaar maken van het wiskundig denken. Nieuwe bruikbaarheid kwam naar voren in het wiskundig modelleren en het was nu net dit modelleren dat het streven naar modernisering en rationalisering zijn voor de jaren vijftig typerende concrete vorm gaf.

Mathematisering

De samenhang tussen het rekenwerk en de berekenende mentaliteit kan zichtbaar gemaakt worden door het begrip mathematisering. Mathematisering duidt een bepaalde werkelijkheidsbenadering aan. Enerzijds is het een werkelijkheidsopvatting, inhoudelijk geïnspireerd door het wiskundig denken en in die zin bepaald. Het is de benadering die voor de wiskundige denkwijze de weg bereidt en zo verband houdt met het toepassen en het rekenen. Anderzijds staat ze als werkelijkheidsbenadering voor een zekere mentaliteit.

Het begrip mathematisering is vogelvrij, toch zijn er verschillende omgevingen waarin er iets mee bedoeld wordt. Vooropgesteld, mathematisering speelt zich af buiten de wiskunde. Er wordt iets ‘wiskundiger’ gemaakt of doortrokken van wiskunde: dat moet dan wel iets buiten de wiskunde zijn. Vier stappen leiden in deze paragraaf tot een inhoudelijke bepaling van het begrip

3 [Hartog 1959 p.133] *Democratie en economische planning* /F. Hartog. Leiden: Stenfert Kroese, 1959.

4 Enkele voorbeelden: [Stokvis 1984] *De doorbraak van de moderne kunst in Nederland* /Willemijn Stokvis (red.). Amsterdam: Meulenhoff, 1984.
[Ruijter 1975] ‘De Rijksplanologische Dienst. Instelling en ontwikkeling’ Peter de Ruijter. *Verkenningen in planning theorie en onderwijs* 5, TH Delft, Afdeling Bouwkunde. Delft: VSSD, 1975.

mathematisering. De aandacht voor de betekenis van het gebruiken van het begrip mathematisering zelf, in de vijfde stap, wijst vooruit naar hoofdstuk 2.

(1) Mathematisering is om te beginnen niet hetzelfde als toepassen. (2) Het woord wordt juist gebruikt om te verwijzen naar die invloed van de wiskunde die belangrijker geacht wordt dan de resulterende formule, namelijk haar werkwijze en denkwijze. (3) Filosofen en historici bieden door hun gebruik van de term aanknopingspunten voor een meer inhoudelijke bepaling, die ten slotte (4) aan de hand van Husserl en Fleischhacker wordt gegeven. (5) Het begrip mathematisering kwam 'natuurlijk' ook in de geschiedenis van deze eeuw voor. Het mathematiseren speelde een prominente rol in de expliciet gemaakte vorm van het wiskundig modelleren.

Mathematisering valt, evenmin als met toepassen, samen met mathematische abstractie. Een wiskundig idee ontleen aan een objectgebied is een beweging omgekeerd aan het beïnvloeden van zo'n domein. De mathematische abstractie voltrekt een denkbeeldige voltooiing van op zichzelf beschouwde structuren of structurele aspecten van een object. Mathematische abstractie ontleent aan de verbinding tussen twee punten een lijn zo mooi als in de werkelijkheid niet voorstelbaar is, niet zomaar dun maar volkomen zonder dikte, niet zomaar recht maar volmaakt zonder afwijking. Dat is de rechte waar de wiskundige mee werkt en hij hoeft er niet karig mee te zijn, er zijn er zoveel van als men zich maar zou wensen. De geschiedenis van de meetkunde laat zien dat de voltooiing niet per se eenduidig is. Er zijn verschillende, vanuit mathematisch standpunt gelijkwaardige, meetkundes denkbaar. De volmaakte gelijkwaardigheid in deze en dergelijke situaties toont een willekeur, die aan de wiskunde eigen is.⁵

Het object van de wiskunde zou het uitgebreide zijn of het kwantitatieve, of orde en maat, aantal en figuur, domeinen met relaties daarop; ik neem hier *structuur* als meest algemene aanduiding van het object van al zulke disciplines als rekenkunde, meetkunde, algebra, analyse, topologie, mathematische logica, mathematische fysica en mathematische statistiek. Mathematische structuur is structuur die, in vergelijking met structuur als aspect van een andersoortig gegeven, geheel op zichzelf gesteld is. Tot de wiskundige structuur behoort wel het gegeven dat structuur inhoud heeft. Naar die inhoud kan men in de wiskunde ook vragen, maar het antwoord is altijd weer in termen van structuur gegeven. Er is geen laatste inhoud en dat is wellicht de inhoud van het wiskundig denken; anders gezegd: het is een kwestie van blikrichting of men een wiskundig object aanziet voor een deel (element van, relatie op) in een geheel of voor een geheel (structuur) opgebouwd uit delen. Een wiskundig object is ook niets

5 De mathematische willekeur is het vrij kunnen stellen. Reeds in de allereerste abstractiestap toont de wiskunde zijn constructief karakter en het aanknopingspunt voor de constructivistische opvatting van de wiskunde. Zowel het relatieve gelijk als de eenzijdigheid van het constructivisme laat zich uit dit gegeven aflezen.

anders dan dat: zijn plaats in een geheel of zijn opbouw uit delen. Men kan telkens vragen naar de inhoud van een wiskundig ding, en dat is wat wiskundigen voortdurend doen, het antwoord betreft telkens de opbouw van het ding, voorzover daaromtrent iets afgeleid kan worden uit de plaats in een geheel, of de plaats in een geheel voorzover daarover iets te bepalen valt aan de hand van de opbouw. Wiskundig denken betreft dus structuren van structuren van structuren... enzovoorts.

Mathematiseren is nu de op dit denken geïnspireerde benadering van de werkelijkheid. Ik zal, om een meer systematische bepaling mogelijk te maken, dit begrip eerst nader aanduiden aan de hand van de betekenis die er in verschillende omgevingen aan wordt gegeven.

Mathematisering 1: dat wat onder het toepassen ligt

Mathematisering is niet hetzelfde als toepassen van wiskunde. Toepassen is de applicatie van een wiskundige passage, een reken- of redeneerstap, een functieverband, kortom een in de wiskunde ingeziene samenhang, op een daarvoor geschikt gemaakt domein. Het stukje wiskunde moet dus passen en het terrein moet geschikt zijn. *Het geschikt maken van het terrein voor applicatie van wiskunde is de eerste notie van mathematiseren.*

Slechts wie hier een probleem ziet, zal de behoefte voelen om van mathematisering te spreken. De platonist en de cartesiaan zien, om verschillende redenen, de werkelijkheid klaarliggen voor wiskundige beschrijving en zullen niet aarzelen op nieuwe domeinen toepassingen te ontwikkelen of zulke domeinen op te nemen in de *mathesis universalis*. Wiskundigen met dergelijke opvattingen hebben geen behoefte aan het begrip mathematisering. Hier keert de wal het schip: in de praktijk blijkt de reikwijdte van het toepassen, blijkt tot welk punt de aannames hierbij stilzwijgend kunnen blijven.

‘Voor het platonisme beantwoordde het reële meer of minder volkomen aan het ideële. Dat verschafte de antieke meetkunde de mogelijkheid van een primitieve toepassing op de werkelijkheid. In de mathematisering van de natuur volgens Galilei wordt nu de natuur zelf onder aanvoering van de nieuwe wiskunde geïdealiseerd, de natuur wordt – modern uitgedrukt – zelf een mathematische variëteit.’⁶

Het domein van toepassen is dus in principe de hele wereld en de uitleg daarbij is niet, dat deze of gene aanname wordt gemaakt ‘opdat’ (bijvoorbeeld opdat men technisch grip krijgt op het domein), maar dat de werkelijkheid zo is dat ze zich bij uitstek leent voor de applicatie. Er wordt een ontologische uitleg gegeven, zonder verwijzing naar mathematisering.

6 [Husserl 1977 p.22] *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* /E. Husserl. Hamburg: Felix Meiner, 1977, 1982² (oorspr. in *Philosophia* I 1936).

Die ontologische uitleg echter is uiteraard een veronderstelling: aangenomen is dat het terrein zo is dat de wiskundige passage zich erop laat plakken, dat wil zeggen zo niet identiek met (Descartes), dan toch inwisselbaar voor (Plato) het wiskundig objectgebied. Welnu, het maken van die aanname is het mathematiseren. Het mathematiseren is het onderliggende: het gaat logisch noodzakelijk vooraf aan het toepassen. Het ontwikkelen van toepassingen volgt in de geschiedenis vaak op de stap van mathematisering, maar dat hoeft niet zo te zijn. De bedrijfskunde bijvoorbeeld is een gemathematiseerde wetenschap, maar toepassingen van wiskunde zijn er zeldzaam, komen bijna uitsluitend voor in de zogenaamde kwantitatieve bedrijfskunde. Dit is alles evenwel expliciet gemaakt, hedendaags taalgebruik. Historisch kwam de term mathematiseren niet voor, zolang er ongerefleeteerd toepassingen werden ontwikkeld en, omgekeerd, het verschijnen van de term mathematiseren was een teken dat men bezig was zich te ontworstelen aan de naïeve kijk op het toepassen.

Mathematisering 2: de opdracht

Mathematisering is een typisch vroeg-twintigste-eeuwse woordvorming, zoals rationalisering, mechanisering en dergelijke⁷. De wiskundigen waren zelf de eersten die het woord gebruikten, zonder precieze inhoudelijke bepaling, maar met een duidelijke teneur: in de eerste plaats om aan te geven dat er bij het toepassen iets belangrijkers speelde dan het in formules zichtbare resultaat; in de tweede plaats om een naam te geven aan de zelf gestelde opgave een nieuw terrein voor de applicatie van wiskunde te ontginnen.

‘De geest van de geometrie’, schreef Bernard De Fontenelle in 1700, ‘zit niet zo vast aan de meetkunde, dat hij er niet van zou kunnen worden losgemaakt en overgebracht naar andere kengebieden. Een boek over ethiek, politiek of over filologie, misschien zelfs een boek over welsprekendheid, wordt er onder gelijke omstandigheden mooier op, wanneer het van de hand van een wiskundige is.’⁸

Het ging dus om het doordringen van het wiskundig denken op ander gebied. Dit was voor de wiskundigen primair een positieve opgave, ook voor de Nederlandse wiskundigen in de twintigste eeuw.

- 7 De woordvorming is analoog aan het bekendere ‘rationalisering’. In de literatuur uit dezelfde tijd vindt men het evenzeer germanistisch aandoende mechanisering, (ver)technisering, standaardisering en dergelijke; de ‘-satie’- en ‘-ficatie’-woorden, naar Angelsaksisch of Frans model, raakten veeleer in de jaren vijftig en zestig in zwang. Het woord ‘rationalisatie’ echter vindt men al in de jaren twintig, naar de Amerikaanse betekenis van stroomlijning van het productieproces.
- 8 [Fontenelle 1702 p.14] *Histoire du renouvellement de l’académie royale des sciences en M.DC.XCIX (1699) et les éloges historiques de tous les académiciens morts depuis ce Renouveau. Avec un discours préliminaire sur l’utilité des Mathématiques et de la Physique* /B. de Fontenelle. Paris, 1702/Amsterdam, 1709).

De verwachtingen ten aanzien van de maatschappelijke functie van de wiskunde waren in sterke mate de verwachtingen van de wiskundigen zelf. De taak die zij zichzelf daarbij stelden, noemden ze 'mathematisering'. D. van Dantzig hield in 1927 een pleidooi voor het mathematiseren van waarde-oordelen. J. Tinbergen stelde zich in 1929 de taak van een mathematisering van de economische wetenschap. De term mathematisering had een uitdrukkelijk programmatische strekking. Het argument was dat de beoogde gebieden helderheid, beknoptheid en precisie deelachtig zouden worden. 'Mathematisering' gebruikten deze auteurs zonder nadruk of uitleg. Het was klaarblijkelijk de gangbare term voor de werking die men van het wiskundig denken verwachtte. Toch verscheen op die plaats en in die context het woord voor het eerst in de literatuur.

Anders dan bij het verwante begrip rationalisering ontbrak de negatieve cultuurhistorische lading nagenoeg. Alleen L.E.J. Brouwer gaf een pessimistische interpretatie. Hij sprak, zonder overigens het woord mathematisering te bezigen, van het algemeen vermogen van de mensen tot het 'wiskundig bekijken van hun leven'⁹ en koppelde dit aan doelrationeel handelen, 'sprong van doel op middel'. Die veelgeciteerde 'sprong' stond bij Brouwer onder negatief cultuurhistorisch voorteken, bij degenen die hem citeerden niet meer. Het curieuze resultaat was dat Brouwer een bijdrage leverde aan het begrippenkader voor een vernieuwing in de wiskunde-beoefening waarmee hij weinig op had.

Mathematisering, zo leert de context van de zelfgestelde opgave, gebeurt buiten de wiskunde. De geest, het denken, de denkwijze, de denkvorm of de wijze van bekijken die de wiskunde eigen is, wordt overgedragen op een probleemformulering of op een heel domein van menselijke activiteit. En kennelijk twijfelde men nauwelijks aan die mogelijkheid: bij De Fontenelle ging het door een wiskundige ergens aan te zetten (zo wist hij vrij zeker een wiskundige geest gevangen te hebben), bij Van Dantzig en Tinbergen door op een bepaalde wijze te werk te gaan.

Mathematisering 3: geest van wiskunde

Van De Fontenelles geest van wiskunde bleef slechts een spook over. Men sprak er niet meer in die termen over. Voor het tegenwoordige gebruik zou 'wiskundig denken' een adequate vertaling zijn. Daarnaast biedt de literatuur 'wiskundige denkwijze' en zelfs 'wiskundige denkvorm' als verwijzingen naar de algemenere, niet aan de stand en het zelfbegrip van de vakwetenschap van dat moment opgehangen, noemer.

De meer theoretische beschouwingen over mathematisering hebben zonder uitzondering een historiserend karakter. Galilei, Descartes en soms ook New-

9 [Brouwer 1907 p.81] *Over de grondslagen der wiskunde* /L.E.J. Brouwer (diss. UvA). Amsterdam/Leipzig: Maas en Van Suchtelen, 1907 (heruitgave: D. van Dalen (red). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1981).

ton worden hoofdpersoon gemaakt in de omslag van middeleeuwse natuurbe-
 schouwing naar de nieuwe natuurwetenschap. En deze omslag, de galileïsche¹⁰,
 zou gekarakteriseerd worden door een mathematisering van de studie der na-
 tuur, c.q. van de mechanica, van de natuurfilosofie of van de wetenschap in het
 algemeen. Gevraagd naar de strekking van mathematisering is zo een antwoord
 mogelijk aan de hand van details uit de handelingen der hoofdpersonen. Be-
 gripsmatig komt men langs deze weg niet veel verder. Het enigszins teleurstel-
 lende resultaat is dat mathematisering voor dergelijke historiserende auteurs
 toch enige vorm van gelijkstelling van het object van de natuurstudie aan het
 object van de wiskunde blijkt in te houden. Omgekeerd laat zich hieruit on-
 middellijk het moderne natuurbegrip aflezen: (levenloze) natuur is datgene wat
 mathematisch gevat kan worden, of: de natuur is voor de mens juist zover be-
 grijpelijk als hij haar werking in zijn mathematisch denken kan volgen¹¹. Meest-
 al volgt daarop dan een cultuurkritiek inzake de natuuropvatting. Het is merk-
 waardig hoe dan wel steeds de gereduceerde natuuropvatting bekritiseerd
 wordt, terwijl de omslag in opvatting van tijd, ruimte en oorzakelijkheid buiten
 schot blijft.

De klassieke vindplaats van ‘mathematisering’ in de historische literatuur is
 de slotzin uit Dijksterhuis’ *De mechanisering van het wereldbeeld*.

‘De mechanisering, die het wereldbeeld bij den overgang van antieke naar klassieke
 natuurwetenschap heeft ondergaan, heeft bestaan in de invoering van een natuur-
 beschrijving met behulp van de mathematische begrippen der klassieke mechanica;
 zij beduidt het begin van de mathematisering der natuurwetenschap die in de physica
 der twintigste eeuw haar voltooiing krijgt.’¹²

Dijksterhuis nam het begrip op naar zijn programmatische strekking. Descar-
 tes’ aspiraties noemde hij een programma van mathematisering. Dijksterhuis
 lijkt echter te bedoelen dat Descartes overal wiskunde van maakte, in het bij-
 zonder van de fysica. Mathematisering betekent dan een identificatie van het
 wiskundig en het natuurkundig object, met een lelijk woord ‘mathematifica-

10 In de Angelsaksische literatuur is het gebruikelijk te spreken van Copernicaanse revolutie.
 Dat legt iets meer nadruk op de kosmologie, wereldbeeld in letterlijke zin, maar de bood-
 schap is in wezen dezelfde. [Cohen 1985] *Revolution in Science* /I.B. Cohen. Cambridge
 (Mass.): Harvard UP, 1985. [Cohen 1994] *The Scientific Revolution. A Historiographic
 Inquiry* /H.F. Cohen. Chicago: Chicago UP, 1994.

11 [Dijksterhuis 1950 p.550] *De mechanisering van het wereldbeeld* /E.J. Dijksterhuis. Amster-
 dam: Meulenhof, 1950 (1989).
 [Horkheimer/Adorno 1987 p.39] *Dialectiek van de verlichting. Filosofische fragmenten*
 /Max Horkheimer en Theodor W. Adorno; uit het Duits vertaald door Michel J. van
 Nieuwstadt. Nijmegen: SUN, 1987. Oorspr. *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Frag-
 mente* Amsterdam: Querido, 1947.
 [Husserl 1977 p.22ff]

12 [Dijksterhuis 1950 p.550]

tie'. Inderdaad, dat begin van mathematisering van de natuurwetenschap, de klassieke mechanica, is in Dijksterhuis' ogen:

'[...] niet slechts mathematisch in dien zin dat zij zich van de hulpmiddelen der wiskunde bedient om redeneringen die zich desnoods ook in de gewone omgangstaal zouden kunnen laten uitdrukken korter en overzichtelijker weer te geven, maar in dezen veel stringenteren, dat haar fundamentele begrippen mathematische begrippen zijn, dat zij zelf een wiskunde is.'¹³

Dijksterhuis' invulling van mathematisering is massief – en teleurstellend want nog steeds is niet gezegd wat mathematische begrippen onderscheidt van andere. De wetenschapshistoricus Hakfoort maakt onderscheid naar mathematisering onder drie verschillende aspecten¹⁴. Ook hij bespreekt Descartes en wijst op een driedelige mathematisering van de natuurfilosofie, namelijk een ontologische en een methodologische mathematisering en het opstellen van wiskundige wetten. Methodologische mathematisering is het 'more geometrico', het voorstellen van een theorie als stelsel van logische deducties uit een stel evidente axioma's. Het wiskundig formuleren van wetmatigheden is het eerder door Dijksterhuis gegeven kenmerk. Met ontologische mathematisering bedoelt Hakfoort dat het object van de natuurfilosofie op puur wiskundige wijze bepaald wordt, namelijk als *res extensa*, uitgebreidheid. Ook bij Hakfoort lijkt het te gaan om identificatie, 'mathematisch' noemt hij Descartes' ontologie en methodologie. Ondanks het verhelderende onderscheid in drie kenmerken is de uitkomst nog niet geheel bevredigend. Immers, als het om identificatie zou gaan, dan was er helemaal geen geest losgemaakt van de wiskunde; dan was eenvoudigweg de wiskunde zelf uitgebreid. Het toegevoegde woord mathematisering zou bovendien volstrekt overbodig zijn. Bij nader inzien is het 'more geometrico' als manier van doen herkenbaar die ook buiten de wiskunde voorkomt. De mathematische formulering is veeleer resultaat van de wiskundige behandeling dan deze behandeling zelf.

De cruciale identificatie ligt zowel volgens Dijksterhuis als volgens Hakfoort op ontologisch vlak. Hier ligt ook de mogelijkheid tot nuancering. *Res extensa*, uitgebreidheid, is immers een aspect van de werkelijkheid en dus hooguit grondstof voor wiskundige beschouwingen, niet het mathematisch object zelf. Het onderscheid tussen werkelijkheidsaspect en wiskundig object, waar immers de mathematische abstractie tussen zit, komt hieronder systematisch aan de orde naar aanleiding van de visie van Husserl. Het historisch materiaal dat met het begrip mathematisering geïnterpreteerd is, is natuurlijk met Dijkster-

13 [Dijksterhuis 1950 p.548] Over Descartes, pp. 444 ff.; op p. 548 schrijft hij 'Weldra dringt het streven naar mathematisering ook op dynamisch gebied door: Descartes overdrijft het waar hij physica en geometrie eenvoudig wil identificeren, maar [...]'

14 [Hakfoort 1988 p.4] 'De fundamentele spanning in Newtons natuurwetenschap' /C. Hakfoort. In: *Wijsgerig perspectief op maatschappij en wetenschap* 29-1 (1988/89), pp.2-7.

huis en Hakfoort bepaald niet uitgeput. Een verrassende aanvulling biedt het werk van de techniekhistoricus Mauersberger.

Mauersberger bespreekt schijnbaar oppervlakkig aan mathematisering herinnerende facetten van de relatie tussen wiskunde en techniek in de zestiende en zeventiende eeuw. Hij komt tot een vijftal kenmerken die niet primair verwijzen naar zichtbare wiskundige inbreng, maar juist naar die manier van voorstellen van het object: * elementarisering van technische bouwsels en processen; * het denken in plaatjes als typische ingenieursvorm van synthese, waarin de wiskunde non-verbaal en non-calculatief doorwerkt; * opkomst van de praktische mechanica (werktuigkunde) en praktische geometrie (landmeten, perspectief e.d.) op basis van uiterst elementaire meetkundige inzichten; * het technisch tekenen als taal van de ingenieur; * structurering van de technische kennis door steeds beknopter, en uiteindelijk symbolische, uitbeelding, en door het aanbrengen van systeem en classificatie in technische uitdrukkingen¹⁵. Het aardige van deze kenmerken is, dat ze de mechanisch-technische overzichtsboeken van Leonardo en van Leupold en het mechanisch alfabet van Polhem in beeld brengen. Deze hebben intuïtief alles te maken met mathematisering, maar in de discussie erover ontbreken ze dikwijls. Stevin verschijnt nu ineens naast Descartes; Leibniz is met zijn bijdrage aan de natuurkunde én aan het classificeren zeer prominent aanwezig. Mathematisering volgens Mauersberger verwijst dus naar een structureren (uiteenleggen en samenbrengen) van het kengebied én van de kennis.

Mathematisering 4: systematisch

Husserl, die de natuur zelf bij Galilei tot een mathematische variëteit gemaakt ziet worden, is de enige die zich systematisch heeft gebogen over de inhoud van het begrip mathematisering. Hij signaleert dat er iets aan de hand is, namelijk dat kwaliteiten zich niet zomaar laten mathematiseren. De mathematisering is in dat geval indirect; de kwaliteiten rijden als het ware mee met de mathematisering van het wel onmiddellijk mathematiseerbare: mee-mathematisering. Zo kan men toch zinvol spreken over, zeg, gradaties van roodheid en daarvoor een maat ontwikkelen.

15 [Mauersberger 1988] 'Technik im Umfeld der Naturerkenntnis von Galilei bis Newton' /Klaus Mauersberger. In: *Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte* 7 (1988) (= *Naturwissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert* Berlin, 1988) pp. 179-212.

[Mauersberger 1989] 'Descartes' Einfluss auf das technische Denken und die Herausbildung der Technikwissenschaften' /K. Mauersberger. In: *Descartes und das Problem der wissenschaftlichen Methode* /H.-M. Gerlach und R. Meyer (Hrsg.). Halle (Saale): Martin Luther Universität Halle-Wittenberg (*Wissenschaftliche Beiträge* 7 (1989) A112), 1989 pp. 137-144.

[Mauersberger 1992] 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technik im 17./18. Jahrhundert' /K. Mauersberger (voordracht GAMM-Tagung, Leipzig, 25. März 1992, ongepubliceerd).

Waarom indirecte mathematisering? Wat is het en waarom onderscheidt hij het van directe? Over het resultaat van mathematisering is Husserl althans duidelijk: het objectgebied wordt opgevat als een variëteit, dat wil zeggen een mathematische ruimte met een maat daarop gedefinieerd. Men treft nu een dergelijke structuur aan in, of legt die op aan, het objectgebied. Het eerste geval zou dan volgens Husserl overeenstemmen met zuivere wiskunde, het tweede met toegepaste. 'De natuur opgevat als mathematisch universum', moet men bij Husserl dan ook heel letterlijk nemen.

Volgens Husserl is nu het tijdruimtelijke en het causale in de werkelijkheid zo gegeven dat een idealisering mogelijk is, die het objectgebied overvoert in een wiskundig domein. Men schudt eenvoudig wat vaagheid en imperfectie af. Onder welk gezichtspunt geïdealiseerd wordt, vertelt hij er pas bij wanneer het gaat om *indirecte* mathematisering: geïdealiseerd naar verbinding met uiterlijkheid (*Gestalt*, vorm, uiterlijke gedaante). *Gestalt* is bij Husserl het tegendeel van *Fülle* (innerlijkheid, volheid). *Fülle* laat zich mee-mathematiseren voorzover het verbonden, aangetrouwd, kan worden aan *Gestalt*, uiterlijkheid. *Gestalt* speelt hier de rol van Descartes' *res extensa*, uitgebreidheid. Tijd, ruimte en causaliteit zijn dus bij Husserl geprivilegieerde aspecten van de werkelijkheid die geen bijzondere abstractie behoeven, maar rechtstreeks geïdealiseerd kunnen worden tot wiskunde¹⁶.

Maar dan zou mathematische abstractie in het geheel geen eigen karakter hebben, slechts een eigen object! Op dit punt is mijn interpretatie anders dan die van Husserl: er zijn geen voor de wiskundige abstractie geprivilegieerde objecten. De eisen die Husserl stelt aan indirecte mathematisering moeten aan mathematisering steeds gesteld worden. In het bijzonder de drie genoemde werkelijkheidsaspecten, tijd, ruimte en oorzakelijkheid, zijn niet op voorhand 'met de wiskunde getrouwd' of 'aangelegd op het wiskundig denken'. Ook daar moet een mathematisering voltrokken worden. Mijn bepaling van mathematisering, ten slotte, leid ik af uit de visie van Fleischhacker op mathematische abstractie. Mathematische abstractie is in diens werk¹⁷ zowel onderscheiden van Husserls idealisering, als van formele abstractie.

16 [Husserl 1977 p.32;36]

17 [Fleischhacker 1982] *Over de grenzen van de kwantiteit* /L.E. Fleischhacker (diss UvA). Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1982.

[Fleischhacker 1992] 'Mathematical Abstraction, Idealisation and Intelligibility in Science' L.E. Fleischhacker. In: *Intelligibility in Science* /Craig Dilworth (ed.). Amsterdam/Atlanta: Rodopi (*Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 26), 1992; pp.243-263.

[Fleischhacker 1993] 'Het mathematisch ideaal' /L.E. Fleischhacker. In: *De uil van Minerva* 9-3 (1993), pp.165-180.

[Fleischhacker 1994] *Beyond Structure. The Power and Limitations of Mathematical Thought in Common Sense, Science and Philosophy* /Louk Eduard Fleischhacker. Frankfurt a/M etc: Peter Lang (European University Studies XXI/449), 1994.

In de ogen van Husserl zouden tijd, ruimte en oorzakelijk verband niets dan uiterlijkheid zijn. Het zouden slechts structurele aspecten van de werkelijkheid zijn, die de menselijke beleving slechts indelen en niet tot de inhoud ervan behoren. De wijsbegeerte en de literatuur van deze eeuw bieden, en boden ook voor Husserl, voldoende aanwijzingen voor het tegendeel. Tijd is niet slechts indeling van ons leven. We beleven de tijd ook, kunnen ons bijvoorbeeld vervelen. Proust en Heidegger laten ieder op hun eigen wijze zien dat tijd meer is dan een facet van de buitenkant. Oorzakelijkheid verloor reeds bij Brouwer de mogelijk bijzondere positie ten opzichte van de wiskunde¹⁸. Waar het Brouwer om te doen was in het ‘wiskundig bekijken’ van het leven was precies het terugvoeren van causaliteit op de tijdsintuïtie, zodat hij nog maar één geprivilegieerd aspect van de werkelijkheid zou overhouden: de tijd. Wat ruimte betreft, laat de niet-eenduidigheid van de geometrie van de geleefde wereld duidelijk zien dat de geleefde ruimte niet zonder meer overgaat in de mathematische. Hoewel Husserl inderdaad precies deze meerduidigheid weet te ondervangen met de notie van mathematische variëteit – een begrip dat zelfs zijn bestaan dankt aan reflectie op de alternatieve meetkundes –, is er geen grond meer om het ruimtelijke een onmiddellijk mathematisch karakter toe te kennen.

Er was alle aanleiding om van die bevoorrechte werkelijkheidsaspecten af te stappen. Descartes had de hele wereld buiten het zingevend subject tot *res extensa* verklaard en Husserl perkte het bereik van deze *res* aanzienlijk in, maar liet de constructie intact: de werkelijkheid als leverancier van wiskundige objecten. Immers, niet alleen is de uitgebreidheid of de *Gestalt* maar een aspect van de werkelijkheid, de weg van dit aspect naar de wiskunde vraagt een specifiek wiskundige abstractie en niet een algemene idealisering. Vanaf Descartes’ positie is het dus niet één maar twee stappen terug naar een houdbare positie, Husserl zette er daarvan maar één.

De filosoof Fleischhacker karakteriseert het object van de wiskunde als structuur: een gebied met objecten waartussen zekere betrekkingen zijn gedefinieerd. Niet anders dan Husserl in diens tijd met variëteit geeft Fleischhacker hier de meest algemene duiding van het object van wiskunde die voorhanden is. Op dit punt is men tot op zekere hoogte afhankelijk van de stand van de wiskunde. Anders dan Husserl stelt hij niet dat er een object van wiskunde in de werkelijkheid is, maar dat de werkelijkheid een aanknopingspunt biedt voor mathematische abstractie. Mathematische abstractie neemt een object naar zijn uitwendige structureerbaarheid. Structureerbaar wil zeggen dat men er een onderverdeling en verband in kan herkennen. Met uitwendig structureerbaar is bedoeld dat structuur telkens zo wordt opgevat, dat de betrekkingen op het gebied niet als immanente relaties verschijnen (dit is de *Gestalt*- of *res exten-*

18 [Brouwer 1907 pp.81,83]

sa-kant). Deze bepaalde abstractie vat de potentieel aanwezige structuur in het oog en voltooit die denkbeeldig (hier keert iets van Husserls idealiseren terug). Uitwendige structureerbaarheid lijkt tegenstrijdig: structureerbaar is een object volgens een verband dat eigen is aan het object zelf (ook wanneer men het eraan oplegt, moet men volhouden dat het object ontvankelijk is voor die verdeling of dat verband); uitwendig structureerbaar wil juist zeggen dat men afziet van iedere immanentie, afziet van het mogelijke feit dat die structuur op de een of andere wijze eigen is aan het object. In de praktijk is de paradox nog veel sterker. Het motief om een object zo te bekijken is immers steeds, dat men meent een wezenlijk, dus per se immanent, facet ervan te pakken te hebben. Om iets van een object weer te geven wat men er wezenlijk aan acht, bijvoorbeeld aangrijpingspunten om het te sturen, beschrijft men het volgens een structuur alsof deze geheel losstond van het object.

Mathematiseren is nu, naar mijn begrip, het verabsoluteren van het gezichtspunt van waaruit mathematische abstractie vertrekt, het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid. Men neemt, nog zonder de mathematische abstractie te voltrekken, de positie in dat de overige aspecten van het betreffende object niet ter zake doen. Met name de vraag of in de verkregen beschrijving van het object een wezenlijk of een bijkomstig verband is weergegeven, kan niet meer gesteld worden. Concreet: we maken schema's waarvan we wel aannemen dat ze een aspect van de werkelijkheid goed weergeven (de zaak was werkelijk structureerbaar), maar de redenen waarom de verbanden zus liggen en niet zo, kunnen in het schema niet tot uitdrukking komen. Het grote voordeel hiervan is de denkvrijheid: niets, althans niets dan de herinnering aan de herkomst, let ons om in het eenmaal gevonden schema een pijl andersom te tekenen of anderszins binnen het structurele te variëren. Niet de beperkte voorraad aan wetenschappelijke structuren weerhoudt de fysici ervan nieuwe theorieën, zoals eertijds de quantummechanica of de relativiteitstheorie, te ontwikkelen, maar het idee dat de bestaande theorieën een wezensinzicht in de natuur bieden, en dat nieuwe theorieën dat ook zullen moeten doen. Dit *begeleidende idee* kan niet in de mathematische fysica vastgelegd worden.

Ten opzichte van Dijksterhuis en de anderen kies ik voor een nuancering van het begrip mathematisering. Niet het opvatten van de natuur als mathematisch universum, niet de gelijkstelling van een objectgebied aan het mathematisch object is het kenmerk van mathematisering, maar het beschouwen van een objectgebied slechts in de vorm waarin het zich zou lenen voor mathematische abstractie, slechts als drager van mogelijke daarvan los te maken structuur.

Concreter – de voorbeelden komen in hoofdstuk vijf terug: Goudriaan bestudeerde in de jaren twintig van deze eeuw de bedrijfsorganisatie, maakte plaatjes van de goederenstromen in een bedrijf en kon daarin zowel direct verbeteringen aanwijzen als algemene patronen van logistiek. Pas later kwamen de operations research en de bedrijfskunde. Tinbergen zocht in de late jaren twin-

tig een theorie van de conjunctuurgolven, liet zich overzichten van statistische gegevens van prijs en volume van productie in de scheepsbouwsector aanreiken en herkende daarin, doordat het materiaal adequaat voorgesteld, gemathematiseerd, was, algemene patronen van vertraginggolven. Pas uit de uitwerking van deze manier van doen kwam een begin van econometrie voort, de mathematisering ging vooraf. Van Wijngaarden stelde in de jaren veertig rekenschema's op, aanvankelijk in de vorm van rekenbladen. In tweede instantie werden zulke schema's zelf onderwerp van studie. Het ging, in tweede instantie, over de structuren van die schema's onafhankelijk van de berekeningen die erdoor beschreven (en onder het regime ervan uitgevoerd) werden. Die mathematiseringsstap was het begin van de kunst van het programmeren. Bij Nicola Oresme ving de mathematisering van de mechanica aan en Galilei's prestatie was niet het vinden van een formule, hij vond de correcte valwetten immers nog niet, maar het rigoreus doorzetten van deze werkelijkheidsbenadering. De natuur werd gemathematiseerd, zegt men¹⁹, maar het ligt een stap ingewikkelder: het natuurbegrip van de moderne tijd was het resultaat van de galileïsche werkelijkheidsbenadering. Wat betreft mathematisering was er naar mijn mening geen enkele tegenstelling tussen Bacon en Descartes. De spanning tussen hun beider accentuering²⁰ is een touwtrekken geweest binnen de sfeer van de gemathematiseerde werkelijkheidsbeschouwing.

De relatie tussen het wetenschappelijk gekende en de werkelijkheid werd op zeker moment zelf weer gemathematiseerd, werd 'benadering' genoemd. Zo kon het idee van approximatie ontstaan, met als wiskundige uitwerkingen het numeriek rekenwerk enerzijds en de mathematisch-statistische foutenrekening anderzijds. De beide laatste voorbeelden komen in dit boek nog uitgebreid aan bod als cruciale domeinen waarop de conceptuele stappen van mathematisering en van wiskundig modelleren werden gezet, door Van Wijngaarden en Timman in het numerieke, door Van Dantzig in het mathematisch-statistische domein.

Mathematisering 5: expliciet gemaakt tot wiskundig modelleren

Dat mathematisering het kenmerk zou zijn van de moderne westerse wetenschap sinds Galilei of Oresme, is de twintigste-eeuwse interpretatie door de

19 [Shea 1983] *Nature Mathematized. Historical and Philosophical Case Studies in Classical Modern Natural Philosophy (Papers deriving from the third international conference on the history and philosophy of science, Montreal Canada, Volume I)* /William R. Shea (ed.). Dordrecht etc.: Reidel (*The University of Western Ontario Series in the Philosophy of Science* 20), 1983.

20 [Kuhn 1977] *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* /Thomas S. Kuhn. Chicago: The University of Chicago Press, 1977. Nederlandse editie [Kuhn 1979] *De noodzakelijke spanning. Opstellen over traditie en vernieuwing in de wetenschap* /Thomas S. Kuhn. Meppel: Boom, 1979. (vert. Ilonka de Lange; selectie uit [Kuhn 1977]). Zie in het bijzonder 'Wiskundige versus experimentele tradities in de ontwikkeling van de natuurwetenschap', pp.49-94.

hierboven genoemde historici. Het is waar dat Galilei en zijn voorgangers zich afvroegen of het mogelijk en geoorloofd was de natuur in mathematische termen te beschrijven. Het is nog iets anders om het doorzetten van die handelwijze te benoemen met het begrip mathematisering. Dat is een, overigens adequaat, begripen achteraf en dat begrip voegt iets toe aan de handelwijze.

De wiskundigen die zich de opdracht stelden te mathematiseren naar het voorbeeld van Newtons handelwijze in de mechanica, verging het precies eender. Ook zij voegden de interpretatie en het begrip toe en deden daarmee juist niet meer wat er telkens al gedaan was. Zij waren niet meer in de positie van Condorcet of Quetelet, die respectievelijk in de achttiende en negentiende eeuw naar direct voorbeeld van Newton een *mathématique sociale* en een *physique sociale* ontwierpen. De twintigste-eeuwers voegden er om te beginnen de reflexieve gedachte aan toe dat de crux van het voorbeeld lag in dat gebruik van wiskunde, dat mathematisering genoemd werd. Ze gingen nog een stap verder en noemden deze manier van doen de algemene werkwijze van moderne wetenschap. Deze algemene werkwijze ten slotte, noemden deze wiskundigen wiskundig modelleren. Zij meenden niets anders te doen dan het vanzelfsprekende. Dat was ook zo, maar zij voegden aan wat sinds Galilei gebruikelijk was de articulatie toe en eenmaal uitgesproken sprak het niet meer vanzelf. Het mathematiseren werd expliciet gemaakt. Wiskundig modelleren is tot procedure geworden mathematisering.

Deze manier van doen was min of meer vanzelfsprekend geweest en werd nu expliciet gemaakt. Naar het nieuwe begrip was gezocht en toen het er was, werd het verrassend snel geaccepteerd. Het wiskundig modelleren werd op zijn beurt een vanzelfsprekendheid in onze cultuur. In de jaren veertig en vijftig kan men de kwestie van mathematisering als het ware even boven de oppervlakte zien verschijnen, voordat zij weer wegzakt naar het niveau van de vanzelfsprekendheden. De geschiedenis van de wiskunde-beoefening rond 1950 biedt zo een unieke blik op de maatschappelijke functie van het vak.

Geschiedschrijving op zoek naar mathematisering

De oprichters van het Mathematisch Centrum in Amsterdam waren vervuld van vernieuwing. Het initiatief van Van der Corput, Koksma, Van Dantzig en Schouten was er een in de stortvloed van plannen en appels die bij de bevrijding hun weg vonden van de zolderkamers naar de drukkerijen. Het was in die zin een typisch oorlogsproduct. Het hunne was enigszins uitzonderlijk, doordat het zich inhoudelijk beperkte tot Nederland en tot het eigen vak. Zoals de meeste vernieuwingsinitiatieven verwees het naar de economische en culturele crisis van de jaren dertig. Dit gegeven en het lange-termijnkarakter van het hoofdthema mathematisering maken dat in dit boek de continuïteit meer nadruk krijgt dan een breuk of een nieuw begin van 1945.

De bewustwording, de breuk met vanzelfsprekendheden, is eerder in de late jaren dertig terug te vinden dan na de oorlog. Van der Corput werkte mee aan zomercursussen en hield zijn pleidooi voor erkenning van de waarde van het toepassen in 1939 in Groningen. Van Dantzig doceerde nog in Delft toen hij in 1940 voor het eerst zijn gedachten liet horen over het inrichten van een rekenzaal met rekenmachines en het opzetten van statistisch advieswerk. Vooral aan het laatste zou hij zelf zijn energie wijden.

Hoe klaar de visies ook waren, de uitwerking was moeizaam. Voor het Mathematisch Centrum was van meet af aan een Rekenafdeling voorzien. Dat het rekenwerk belangrijk was, besepte men. Wat het eigenlijk zou moeten inhouden, was minder duidelijk. Zo kostte het Van Dantzig en Van der Corput in 1946 aanvankelijk moeite om iemand als Van Wijngaarden te vinden. Onbekendheid met Delft was de reden niet. Schouten en Van Dantzig hadden er gedoceerd en kenden Burgers en Biezeno goed. Biezeno, Van Wijngaardens promotor, was bestuurslid van het Mathematisch Centrum. De dieper liggende reden was dat Van Wijngaarden en anderen uit de omgeving van Biezeno zich nauwelijks bewust waren van het bijzondere van hun vaardigheid. De rekenvaardigheid sprak vanzelf voor wie dergelijk geavanceerd onderzoek deed. De wiskundigen wisten niet precies wat ze zochten, Van Wijngaarden wist niet hoe gezocht hij was. Een en ander moest nog expliciet gemaakt worden. Een relatieve buitenstaander, de Delftse natuurkunde-hoogleraar Kronig, die een persoonlijke vriend van Van der Corput was, bracht hen samen.

Dat de wiskundigen vernieuwingsgezind waren, zoals een belangrijk deel van de omringende samenleving, verbond hen met de samenleving. Ze waren vernieuwingsgezind in hun vak en ten aanzien van de positie van hun vak in de samenleving. Tot op dit aspect waren de verbanden tussen de wiskundebeoefening en de maatschappij rond 1950 niet ongewoon. De vernieuwing van de positie van de wiskunde in de samenleving leverde evenwel iets wezenlijk nieuws op. De heroriëntatie leverde een nieuwe manier van gebruiken van wiskunde op. De uitkomst was enerzijds een nieuwe stijl van wiskundebeoefening, één die gemakkelijker doordrong in de cultuur, anderzijds een onder invloed daarvan veranderende cultuur. Dit cultuurhistorisch fenomeen is in beeld te brengen door speciaal te letten op verschijningsvormen van mathematisering als het schematiseren, het structureren en het 'more geometrico'. De wiskundigen speelden in op een maatschappelijke ontwikkeling. Ze namen toepassingsgerichte initiatieven en haalden daarmee iets in huis dat zich normaal gesproken buiten de wiskunde afspeelt. Ze pakten het mathematiseren op en kneedden er een algemene procedure uit.

Passage

Het wiskundig modelleren werd een vanzelfsprekendheid in de naoorlogse jaren, zowel de term als de ermee aangeduide handelwijze. Dat een begrip ge-

meengoed wordt en afzinkt in het domein van vanzelfsprekende verworvenheden van een cultuur is niets bijzonders. Het wonderlijke in dit geval was dat in het wiskundig modelleren een manier van doen expliciet was gemaakt, die voorheen nu juist als vanzelfsprekend was aanvaard. In de jaren veertig en vijftig kunnen we iets dat overigens zo gewoon was in onze cultuur, dat er geen woorden aan gegeven werden, als het ware even betrappen. Er is ons een blik gegund in de keuken van deze beschaving. Het maakt beschouwing mogelijk van binnenuit.

Dit boek kan gelezen worden als het verhaal van een passage, van de overgang van de ene vanzelfsprekendheid naar de andere. Naar hun inhoud, het inzetten van de wiskundige denkwijze als iets heel gewoons, stemden beide vanzelfsprekendheden overeen. Toch verschilden ze radicaal van karakter, de ongereflecteerde gewoonte tegenover het verworven gemeengoed.

Een geschiedschrijving zoals hier beproefd wordt, met bijzondere aandacht voor mathematisering, kan deze passage in beeld brengen. Ik wil dus niet een geschiedenis 'onder het gezichtspunt van mathematisering', want die zou slechts het verschijnsel mathematisering adequaat belichten en het overige vertekenen. Onder het gezichtspunt van mathematisering zou men zich bovendien geen raad weten met het expliciet worden van deze handelwijze en zou men zich verstrikken in het voorkomen van het begrip in de bronnen. In het navolgende wordt binnen het beschouwen van werkelijkheidsbenaderingen een bijzondere gevoeligheid ontwikkeld voor die ene benadering. Het uitgangspunt is dat het hier één bepaalde houding betreft, naast andere. Het tekent onze cultuur dat deze zich zo wijd verbreidde, maar men mag hieruit niet afleiden dat er geen discussie of strijd was. Het is niet altijd eenvoudig zulke discussies in beeld te brengen, omdat onze cultuur tegen 'wetenschappelijkheid' en 'rationaliteit' geen tegenargumenten duldde. Dikwijls zegt dan het ongeduld van de propagandisten meer dan de kleine sporen van luddisme of ander protest.

De reden om een geschiedschrijving van mathematisering, een verschijnsel dat zich zoals gezegd buiten de wiskunde afspeelt, te centreren rond het werk van de wiskundigen is gelegen in deze passage, in dat even expliciet worden van het mathematiseren tot procedure. De wiskunde-beoefening speelt altijd een rol in de verbreiding van de wiskundige denkwijze. In deze passage echter speelden de wiskundigen een hoofdrol. Zij articuleerden de aan zichzelf gestelde opgave. De verbreiding verkreeg een expliciete pendant in de vorm van de methode van het wiskundig modelleren. Zo verwierf de wiskunde ook expliciet een invloed op de cultuur.

Niet alleen speelden deze wiskundigen even de hoofdrol op het terrein van mathematisering, door dat te doen herdefinieerden zij tevens het domein van de wiskunde-beoefening. Het vak werd veel ruimer opgevat door een heropname van praktijkgerichtheid. Dit boek belicht de veranderingen in de naoorlogse wiskunde-beoefening. Het waren deels de consequenties van die passage en

die herdefinitie. Het Mathematisch Centrum en de Wiskundig Ingenieursopleiding waren belangrijke nieuwe instellingen voor de wiskunde in Nederland. Ze staan hier centraal, omdat ze uitdrukking gaven aan die nieuwe rol van de wiskunde en de nieuwe opvattingen over het vak.

De structuur van het boek

Het eerste, middelste en laatste hoofdstuk, 1, 5, en 9, vormen het algemeen historische kader. Ze belichten cultuur en mentaliteit van de Nederlandse samenleving in de periode van wederopbouw. Hoofdstuk 5 mag beschouwd worden als een exercitie in het onderkennen van verschijningsvormen van mathematisering. Binnen die omlijsting bieden hoofdstuk 2 en 8 een tweede raamwerk, het onmisbare verhaal van de ontwikkeling in de wiskunde-beoefening. Hoofdstuk 2 is een conceptuele geschiedenis van honderdvijftig jaar toegepaste wiskunde, culminerend in het wiskundig modelleren. Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van de veranderingen op dit terrein. In die twee kaders is de eigenlijke kern ingebed: de toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse wiskunde-beoefening, hoofdstuk 3 en 4, 6 en 7. Daar kan men zien hoe het streven naar mathematisering hoorde bij veranderende opvattingen over de wiskunde-beoefening, hoe deze vaste vorm kregen in nieuwe instellingen en zo tot vanzelfsprekendheden werden.



Een

Van politiek naar beleid

Cijfers en zorg

De opbouw van de welvaartsstaat, met zijn toenemende structurering, zou bij terugblik een beeld doen verwachten van groeiende coherentie van de samenleving. De zuilen werden gepolijst en de overheid vertoonde zich nadrukkelijk. Op de burger en de contemporaine commentator, die in de naoorlogse jaren veeleer manifestenschrijver was, kwamen echter facetten van die opbouw over als een fragmentering en individualisering. In de jaren veertig sprak men overigens van *wederopbouw*. In plaats van samenhang in de maatschappij was het verveling die men waarnam bij de jeugd op straat en beschreven zag in het werk van de schrijver¹; massacultuur en vertechnisering was wat de cultuursocioloog signaleerde. De medeburger was ‘massamens’ geworden, een materialistisch individu zonder cultureel besef. De groeiende overheidstaak, de tendens tot centralisatie, het steeds verder doordringen van overheidsbemoeienis, het steeds bewuster leiden van bedrijven, de bloei van onderwijsvormen en de uitbarsting van maatschappelijk werk, zoveel structuur – zoveel zorg in het bijzonder – had de Nederlandse samenleving nog niet gekend, en toch meenden haar spraakmakende burgers beelden van vereenzaming, vervreemding, vertechnisering waar te nemen, toch koesterden zij een angst voor verwildering.

Niet dat er zozeer verwildering was, maar in de bestrijding ervan eiste ieder zijn deel op. Zo schreef A.J.C. Rüter het uitblijven ervan mede op het conto van het beschavingswerk van de vakbeweging². Nog in 1947, toen toch de heftigste bevrijdingsbezorgdheid was weggeëbd en de overheid zich opmaakte voor een industrialisatie zonder ‘vervlakking’, moest het Eindhovense arbeidsbureau langs de omweg van de statistiek ontdekken dat het de nachtploeg was van Philips die overdag buiten kon spelen.

Jaren van berekening

'Het gewestelijk arbeidsbureau aldaar registreerde alle mannelijke personen van 14 tot en met 24 jaar; vrijwillig meldden zich 98% van de betrokkenen aan. Zodoende kreeg men gegevens van 13.293 jongens. De veronderstelling dat een groot deel van deze jongens zich aan geregelde arbeid zou onttrekken, is niet juist gebleken. Het straatbeeld wordt blijkbaar op dit punt in hoge mate beïnvloed door het ploegenstelsel.³

Men maakte zich zorgen, verbond daar consequenties aan en maakte een staat op, jeugdregistratie. En de jeugd liet zich registreren. De combinatie van pessimisme en kwantificatie was het karakteristieke, misschien wel het enige niet-ongewone, van deze gebeurtenis.

Aanzienlijk subtieler kwantificaties lagen ten grondslag aan de pas geïntroduceerde markt- en opinie-onderzoeken van de Nederlandse Stichting voor Statistiek en het Nederlands Instituut voor de Publieke Opinie. Niet dat er zozeer een publieke opinie was, maar daar waren deze instituten dus voor⁴. In dit geval lag de somberheid niet in de onderzoeksmotieven, maar in de antwoorden van de burgers.

Zowel de bezorgde als de optimistische professionals bedienden zich van moderne kwantificerende benaderingen en maakten zich onmisbaar. Hun

- 1 [Weijers 1991] *Terug naar het behouden huis. Romanschrijvers en wetenschappers in de jaren vijftig* / Ido Weijers. Amsterdam: SUA, 1991.
- 2 [Rüter 1946 p.212] 'De Nederlandse trekken der Nederlandse arbeidersbeweging' / A.J.C. Rüter. In: *Nederland tussen de Natiën (2 dln)* / J.S. Bartstra en W. Banning (red.). Amsterdam: Ploegsma, 1946-48. Dl. I pp.184-212.
- 3 'Wat voert de mannelijke jeugd uit'. In: *Tijdschrift voor Maatschappelijk Werk* 2-22 (1948), p.356.
- 4 Er bestond al langer een 'openbare mening' als randvoorwaarde, in meer dan een opzicht, voor de politiek. Blom signaleert zelfs een verwijzing in 1830 naar 'de publieke geest' [Blom 1982 p.247]. De 'publieke opinie' was een nieuw product, met als bijzondere kenmerken dat het eenduidig, waarneembaar en kwantificeerbaar zou zijn. Dit product is het resultaat van de in de jaren dertig in de Verenigde Staten ontwikkelde statistische steekproeftechnieken van de 'public opinions polls', die na de oorlog door beide genoemde instellingen in Nederland geïntroduceerd werden. Nog afgezien van de terugkoppeling die optreedt door publicatie van de uitkomsten en voor een nieuw sociaal fenomeen zorgt, is de verwarring van meetresultaat en oorspronkelijk verschijnsel wijdverbreid. Vergelijk:
[Blom 1981] 'Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945-1950)' / J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158] *Herrijzend Nederland. Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* / P.W. Klein en G.N van der Plaat (red.). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (= *BMGN* 96-2). Repr. in: [Blom 1989 pp.184-217].
[Blom 1982] 'Openbare mening in vele gedaanten. Enkele voorbeelden uit de geschiedenis van Nederland in de 19e en 20e eeuw' / J.C.H. Blom. *Massacommunicatie* 10-6 (december 1982), pp.243-249.
[Burg e.a. 1990] *NSS 1940-1990. 50 jaar Marktonderzoek* / A.R. van der Burg e.a. Den Haag: NSS, 1990.
[Zahn 1971] *Meningsvorming en maatschappelijke orde* / Ernest Zahn. Amsterdam: De Bussy, 1971.

werk, meenden ze, was de sleutel tot een betere samenleving, hetzij door meer verband, hetzij door verhoogde productiviteit.

Wiskundig denken

In de gedachtenvorming rond wederopbouw, herstel en vernieuwing speelde wiskunde op zichzelf genomen geen enkele rol⁵. Het geheel van wetenschap en techniek, waarin ze was opgenomen, daarentegen wel en dit trad in twee contrasterende gedaantes op. Het was de hoop voor een toekomstige winstgevende industrie en het was het toonbeeld van eenzijdig rationalisme, van de 'vertechnisering' die de beschaving te gronde zou richten. In de discussie over de wederopbouw van Rotterdam bijvoorbeeld kwamen de tegenstrijdige duidingen scherp naar voren. Reeds in de oorlogsjaren werd een reconstructie van de stad voorbereid volgens de nieuwste rationalistische stedenbouwkundige inzichten. Dat was te berekenend in de ogen van een groep rond ir. A. Bos, die na de oorlog met een alternatief plan kwam.

'Aanleiding tot deze studie is het tijdens de oorlog bij de samenstellers gegroeide besef, dat de mensheid betrokken is in een wereldcrisis, waarin een proces van algemene geestelijke ontworteling steeds sterker tot uitdrukking komt.'⁶

De bijdrage aan de noodzakelijk geachte vernieuwing was de presentatie van de wijkgedachte, de stad op schaal van het gezin, en ook deze zou moeten worden uitgewerkt met moderne methoden van sociaal-psychologisch en statistisch onderzoek. Een snelle en rationele wederopbouw was dus nodig, volgens de ene partij, ter bestrijding van de ontreddering; kwantitatief onderzoek was nodig volgens de andere partij om de eenzijdigheid van een dergelijke aanpak te bestrijden.

Geen van de planners was zo dubbelhartig in de waardering van staten, surveys en berekeningen als het hoofd van de Rijksdienst voor het Nationale Plan, F. Bakker Schut.

5 De rol van de wiskunde in de oorlogvoering en andere moderne techniek kan in de Nederlandse waarneming hooguit voorwerp van speculatie geweest zijn. Onder wiskundigen was er wel iets bekend. Freudenthal was een van de weinigen die het publiek informeerden [Freudenthal 1946] 'Rekenmachines winnen den oorlog' /Hans Freudenthal. In: *De Groene Amsterdammer*, 16 maart 1946.

6 [Bos 1946 p.7] *De stad der toekomst; de toekomst der stad. Een stedenbouwkundige en sociaal-culturele studie over de groeiende stadsgemeenschap* /door een studiegroep onder leiding van ir. A. Bos. Rotterdam: Voorhoeve, 1946.

Vgl. ook [Wagenaar 1992] *Welvaartsstad in wording. De wederopbouw van Rotterdam 1940-1952* /Cor Wagenaar (diss. RUG). Rotterdam: NAI, 1992.

[Bosman/Wagenaar 1995] *Een geruisloze doorbraak. De geschiedenis van architectuur en stedenbouw tijdens de bezetting en de wederopbouw van Nederland* /Koos Bosman en Cor Wagenaar (red.). Rotterdam: NAI, 1995.

‘Toch is de vormzijde veel belangrijker dan in onze cultuurloze tijd door het grote publiek wordt ingezien. [...] De schoonheid van stad en land is niet in cijfers om te rekenen en dat is in onze tijd met zijn arithnomanie een onvergeeflijke fout.’⁷

Het wiskundig denken in ruimere zin was op deze wijze stilzwijgend een essentiële factor in de denkwereld van de plannenmakers, zowel van de optimisten als van de pessimisten. Het zou overigens moeilijk zijn geweest een scheidslijn te trekken tussen pessimisten en optimisten. De dubbele duiding van wetenschap en techniek kwam bij velen voor. Allerlei voorstellen tot structurele veranderingen in de maatschappij waren gegrond op sombere analyses van de recente, vooroorlogse geschiedenis. Inhoudelijke verwijzing naar de oorlogservaring permitteerde men zich niet. Analyse en verbetering oriënteerde zich op de economische, en culturele en morele, crisis van de jaren dertig. Men verbood zichzelf eenvoudig om pessimist te zijn en maakte plannen.

Gemeenschappelijk aan al zulke vernieuwingsideeën was de oriëntatie op de jaren dertig. Gemeenschappelijk lot, voorzover de ideeën voorstellen tot planning inhielden, was dat ze niet zomaar aanvaard werden. Toch was de algehele invloed van de plannenmakerij aanzienlijk. Het effect was bovendien een sterk ver grote inbreng van het wiskundig denken.

De overheid was zeer nadrukkelijk aanwezig door de distributie, door het regeringsbrood, door de geldzuivering, door de oproep tot zuinigheid ter wille van deviezen. De regering droeg in eendrachtige samenwerking met de vertrouwde zuilen waarden als gemeenschapszin en verantwoordelijkheid uit. Konden al zulke optredens nog als tijdelijk opgevat worden, kon de poging om het personalisme te verheffen van een zolderkamerfilosofie tot een ideologie gerekend worden tot de naweeën van de oorlog, in de slag om industrialisatie was de overheid allerminst neutraal. Zo sprak in 1947 minister Gielen van OKW rechtstreeks de ambachtsscholen aan.

‘Juist in deze tijd, nu men allerwegen handen tekort komt, en de vraag meermalen gesteld is of ons volk wel ‘industrie minded’ is en de industrialisatie niet slechts een hersenschim is van onze economen, ligt er voor de verenigingen die nijverheidsscholen in stand houden, een belangrijke taak. Zij kunnen en moeten meehelpen ons volk in die richting op te voeden.’

Op dit terrein eiste de overheid, deels expliciet met ‘bevordering van de industriële mentaliteit van de Nederlandse bevolking’⁸, langs de zuilen heen haar deel

7 [Bakker Schut 1947 p.65] ‘Ruimtelijke Planning’ /F. Bakker Schut. In: *Prae-adviezen voor het Congres over Maatschappelijke Planning (te houden op 11 oktober 1947 te Amsterdam)* Instituut voor Sociaal Onderzoek van het Nederlandse Volk (ISONOVO). Haarlem: Bohn (= overdruk *De Economist* 1947 7-8), 1947, pp.52-72.

8 [Gielen 1947 p.7] ‘Openingsrede van de Minister van Onderwijs’ /J.J. Gielen. In: *Verslag van het congres van het Nederlands Verbond van Directies en leerkrachten bij het N.O., gehouden op 29, 30 en 31 oktober 1947 te Utrecht.*

op in een disciplinerend van de samenleving. De door de regering van de Verenigde Staten gewenste ruchtbaarheid, die aan het Marshallplan werd gegeven, sloot hier naadloos op aan.

De groeiende overheidsbemoediging was het meest politiek besproken en het meest voelbaar op het vlak van sociale wetgeving en de inrichting van de economie. Was dit laatste in de jaren dertig het domein van handelspolitiek, in 1946 was het het object van economisch beleid. Op andere terreinen, zoals landbouw, ruimtelijke ordening en wederopbouw, speelden zich vergelijkbare veranderingen af. Rechtstreekse overheidsbemoediging met wetenschap en techniek was er wel degelijk, maar deze speelde zich in vergelijking met de gebeurtenissen op bovengenoemde terreinen in de politieke en publicitaire luwte af.

Publicitair was er nogal een verschil in lawaai, inhoudelijk sloten de veranderingen nauw op elkaar aan. Industrialisatie was een prominent onderdeel van de inhoud van het economisch beleid; de ontwikkeling in wetenschap en techniek was een belangrijke component in de inhoud van de industrialisatie.

Minister Van den Brink legde uit dat industrialisatie niet zomaar een stimulans betrof van de nijverheid, maar

‘[...] dat op den duur niet te veel op de bestaande industriële tradities mag worden voortgebouwd en dat de weg van productie van hooggekwalificeerde artikelen zal worden ingeslagen. Dat ons land op dit terrein in staat is successen te boeken, bewijzen voorbeelden als de ontwikkeling van bepaalde onderdelen der elektrotechnische industrie. Ongetwijfeld zal het inslaan van deze richting bijzonder grote inspanningen van ons volk eisen. Ten opzichte van het buitenland zal een achterstand in scholing van arbeiders moeten worden ingehaald, terwijl ook wetenschappelijk onderzoek zal moeten worden uitgebreid.’

Ook hier ontbrak de bezorgdheid niet. De minister gaf te kennen, dat hij

‘[...] hoezeer doordrongen van de noodzakelijkheid van een krachtige uitbreiding van onze industrie in het belang van werkgelegenheid en welvaartspeil, er zich terdege van bewust is, dat deze industrialisatie uit sociaal en zedelijk oogpunt gezien ook niet te verwaarlozen nadelen met zich kan brengen. [...], dat naarmate het industrialiseringsproces zich verder voortzet een neiging tot vervlakking valt te bespeuren, die [...] bestreden moet worden door in het onderwijs meer plaats in te ruimen voor karaktervormende werkzaamheden.’

[Eerste tien 1962 p.27] *De eerste tien jaren van het Ministerie van Maatschappelijk Werk 1952-1962*. 's-Gravenhage, 1962.

Beide geciteerd naar: [Liagre Böhl e.a. 1981 p.295;269] *Nederland industrialiseert! Politieke en ideologie-se strijd rondom het naoorlogse industrialisatiebeleid 1945-1955* / Herman de Liagre Böhl, Jan Nekkers en Laurens Slot (red.). Nijmegen: SUN, 1981.

- 9 [Industrialisatienota 1949 p.17;37-38] *[Eerste] Nota in zake de industrialisatie in Nederland (Bijlage IV van de Memorie van Toelichting op het Xde Hoofdstuk (Economische Zaken) van de Rijksbegroting voor het dienstjaar 1950)*. 's-Gravenhage, 1949.

1.1 Planmatigheid: pessimisme en techniek

De verbinding van bezorgdheid en kwantificatie wortelde in een vooroorlogs streven naar planning, dat evenzeer pessimistisch getoonzet was. Voor planning waren er drie hoofdmotieven, het modernistische, het politieke en het culturele motief. Deze kwamen natuurlijk zelden alleen voor.

Het modernistische motief, de opvatting dat hier de logische volgende stap lag in de ontplooiing van de menselijke beschaving, kon men op twee plaatsen in vrij zuivere vorm aantreffen, enerzijds in de sfeer van bedrijfsorganisatie en efficiency, in Nederland gesymboliseerd door de efficiency-beurzen en het NIVE, Nederlands Instituut Voor Efficiency, anderzijds in kringen van architecten en stedenbouwers. De verabsolutering van dit motief in het technocratisch denken van de Amerikaanse socioloog Thorstein Veblen en diens navolgers in de Verenigde Staten groeide in Nederland nooit uit tot een brede beweging. De gedachte dat de technisch deskundige de ideale leidinggevende zou zijn, kwam wel in verschillende vormen naar voren, bijvoorbeeld bij Bongger, bij Van Cleeff en bij verschillende ingenieurs¹⁰.

De verabsolutering van het politieke motief was te herkennen in het socialisme en in de sociaal-democratische stroming. In het socialisme behelsde het veeleer plannen, in de stijl van het ingenieursontwerp, dan planning. De communistische vijfjarenplannen in de Sovjet-Unie figureerden wel als schrikbeeld in handen van bestrijders van de plangedachte, ze speelden een geringe rol in de conceptuele ontwikkeling van planning. Het politieke motief tot planning, minder gericht op herverdeling van macht en middelen dan op voorkomen van werkloosheid, hoorde primair tot het sociaal-democratisch gedachtengoed. Het verscheen zelden zonder een cultuurkritische aanhef.

De Duitse socioloog Karl Mannheim¹¹ was degene die de helderste verbinding legde tussen een kritische beschouwing van de cultuur en de aansporing tot planmatigheid: technisch kunnen en morele ontwikkeling zouden uit verhouding zijn geraakt; met plannend denken was het mogelijk de liberale massa-maatschappij te boven te komen. Planning stond voor Mannheim in dienst van evenwichtige ontplooiing van de menselijke capaciteiten, en wel de capaciteiten van allen. Hij was de stevigste steunpilaar in het debat met die liberalen

10 [Copijn 1933] *Leiding. De technische leider als leider van mensen in het bedrijf*/ir. H.L. Copijn. Den Haag: Servire, 1933.

[Bongger 1934] *Problemen der democratie. Een sociologische en psychologische studie* /W.A. Bongger. Groningen: Noordhoff, 1934.

[Cleeff 1939] *Sociaal-economische ordening. Een ideologisch-sociologische beschouwing van religieus standpunt* /Ed. van Cleeff (met een voorwoord van J. Tinbergen). Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1939.

11 [Mannheim 1935] *Mensch und Gesellschaft im Zeitalter des Umbaus* /Karl Mannheim. Leiden: Sijthoff, 1935. Vertaling: [Mannheim 1940] *Man and Society in the Age of Reconstruction* /Karl Mannheim. London: Kegan Paul, 1940.



Folder over de Marshallhulp van de Persdienst van het ministerie van Economische Zaken uit 1949

die volhielden dat het voornaamste argument tegen planning was, dat er niets voor was. Voorstanders van planning hadden over het algemeen hun Mannheim gelezen of waren beïnvloed door de termen als ‘massa-maatschappij’ en de analyse van scheefgegroeide cultuur die compensatie behoefde. Anderen haalden hun pessimisme bij Benda, Huizinga, Ortega y Gasset, Spengler, of De Rougemont, maar nergens ontbrak het cultuurkritische motief¹². Tegelijk met het signaleren van een ernstige onevenwichtigheid in de cultuur schoven de

12 Over de nuance van cultuurkritiek en cultuurpessimisme [Aerts 1996] ‘Prometheus en Pandora. Een inleiding tot cultuurkritiek en cultuurpessimisme’ /Remieg Aerts. In: [Aerts/Berkel 1996 p.10-66] *De pijn van Prometheus* /Remieg Aerts en Klaas van Berkel (red.). Groningen: Historische Uitgeverij, 1996.

meeste van deze auteurs een elite naar voren die de gemeenschap naar cultureel evenwicht zou moeten voeren. Bij Mannheim waren dit onmiskenbaar de planners. Anders dan tegenwoordig werd planning in het algemeen niet als techniek gezien, maar als een politieke activiteit met een sociaal-wetenschappelijke pendant. Behorend tot het sociale domein kon het dus onderdeel zijn van die zo gewenste compensatie van ver ontwikkelde 'technische' of 'rationele' domeinen van de cultuur.

Jan Tinbergen, zelf het meest gemotiveerd door de verspilling van menselijk talent die het gevolg was van werkloosheid, was de helderste pleitbezorger van planning. Voor Tinbergen was planning wel degelijk techniek, een machinerie, en de econometrie een ingenieurswetenschap. Daarmee was planning in zijn ogen neutraal – de schijnbare neutraliteit van zijn aanpak is precies een van de zaken die in dit boek aan de orde worden gesteld –. Hij bracht de zaak in economische termen en had niet zozeer een plan, als wel een idee van wat planning kon inhouden. Tinbergen was in staat rekenend zicht te bieden op de effecten van deze of gene ingreep in een markt. Hoe sterk de zaak hiermee ook stond, in de jaren dertig was er niet de politieke ruimte om planning door te voeren.

Afscheid van het 'laissez-faire'

Het kwam in de jaren dertig niet tot planning. Wel zette de evolutie in van 'palliatiieven' naar een gestructureerd optreden van de overheid.

Het loslaten van de 'gouden standaard' in september 1936 kwam volgens alle omstanders veel te laat. Het was een besluit met geringe betekenis voor de industrie, maar met een hoge symboolwaarde¹³. Omdat de wederinvoering van de gouden standaard elf jaar eerder het sluitstuk was geweest van een streven van de regering zichzelf evenzeer buitenspel te zetten als voor 1914¹⁴, en omdat het loslaten zo laat gebeurde in een tijd waarin het doen van voorstellen tot actieve maatschappelijke ordening een nationale sport was geworden¹⁵ – althans onder de intellectueel-politieke elite –, juist daarom kon dit besluit een symbool worden voor het dynamiseren van de rol van de overheid. Dynamiseren van het geldbeheer hield werkelijk een andere monetaire opvatting in. Het

- 13 [Brugmans 1960 p.537,545] *Paardenkracht en Mensenmacht. Sociaal-Economische Geschiedenis van Nederland 1795-1940* /I.J. Brugmans. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1960, 1983. [Griffiths 1987 p.187] *The Netherlands and the Gold Standard, 1931-1936. A Study in Policy Formation* [Richard T. Griffiths (ed.). Amsterdam: NEHA, 1987. [Vries 1979 p.140] 'Het economisch leven in Nederland 1918-1940' /Joh. de Vries. In: *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* (15 dln.) /D.P Blok e.a. (red.) Haarlem: Fibula-Van Dishoeck, 1977-1982, Dl 14 (1979) pp.102-145.
- 14 [Keesing 1947 p.146] *De conjuncturele ontwikkeling van Nederland en de evolutie van de economische overheidspolitiek 1918-1939* /F.A.G. Keesing. Utrecht/Antwerpen: Het Spectrum, 1947, 1952. Reprint: Nijmegen: SUN, 1978.
- 15 [Kossmann 1986 II p.234] *De Lage Landen 1780-1980. Twee eeuwen Nederland en België* (2 dln) /E.H. Kossmann. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1986.

stond symbool voor een niet langer statische, niet langer onthoudende economische politiek. Het handelen van de regering verschoof via 'actieve economische politiek' naar 'economisch beleid'. 'Economisch beleid' was ook de term die Schermerhorn bezigde bij de presentatie van de regeringsvoornemens in 1945. Hij zag voor de overheid niet slechts een toeziende, eventueel stimulerende of regulerende, rol, maar een sturende taak weggelegd.

Ten aanzien van de arbeidsomstandigheden en vestigingsvergunningen¹⁶ had de overheid al veel langer regels gesteld. Vanaf het begin van de jaren dertig was de regering tussenbeide gekomen ter bestrijding van de werkloosheid en ter bescherming van de binnenlandse markt.

'[...] de Regering [had] sedert het voorjaar van 1931 het liberale principe in zoverre losgelaten dat zij zich bereid betoonde hulp te bieden waar dit op grond van de omstandigheden geboden scheen. Afgezien echter van deze Samaritaanse gezindheid, bestond er geen enkel beginsel dat aan de overheidspolitiek stelselmatigheid verleende.'¹⁷

De voornaamste fout, in de ogen van Keesing, was een politieke, namelijk een te conservatieve mentaliteit gezien de omstandigheden. Weliswaar voerde de regering sinds 1933 een meer systematische politiek, maar het ontbrak haar aan techniek. Brugmans beschouwde de verandering als fundamenteel, maar onderschreef het oordeel dat het ontbrak aan stelselmatige invulling.

'Aldus werd de heroriëntering van de economische politiek zelve weder tot een structuurverandering van de eerste grootte.

Een nieuwe economische politiek was dus ontstaan, die veelal als "économie dirigée" wordt aangeduid. Ongelukkigerwijs ontbraken de kennis en de ervaring, die benodigd waren om het dirigeren waarlijk doeltreffend te doen zijn. Tot verder dan palliatieven kwamen de overheden als regel niet.'¹⁸

'Lapmiddelen' was geen ongebruikelijk verwijt ten aanzien van de vooroorlogse politiek. In Brugmans' woordkeus bij terugblik resoneerde de oproep waarmee Marshall op 5 juni 1947 zijn hulpplan lanceerde: Europa had, wilde het niet in ernstig economisch, sociaal en politiek verval raken, een flinke dosis extra hulp nodig. Daartoe was 'cure, rather than a mere palliative'¹⁹ geboden.

16 [Ommen 1946] *De vrijheid van beroep en bedrijf* /W.K.J.J. van Ommen Kloeke. 's-Gravenhage: Nijhoff, 1946.

17 [Keesing 1947 p.157]

18 [Brugmans 1960 p.552]

De aanzet tot industriepolitiek vanaf midden jaren dertig, die in de interpretaties van Brugmans en Keesing een geringe betekenis heeft, komt in de volgende § ter sprake.

19 Rede van *Secretary of State* George Marshall bij de ontvangst van een eredoctoraat van de Harvard University. Geciteerd naar [Bogaarts 1989 p.1098] *Onder Lieftincks bewind (Parlementaire Geschiedenis van Nederland na 1945, Deel II: De periode van het Kabinet-Beel, 3 juli 1946 - 7 augustus 1948, Band B)*/M.D. Bogaarts (diss. KUN). 's-Gravenhage: Sdu, 1989.

Techniek en consensus

Intussen had midden jaren dertig de SDAP een techniek ontwikkeld waarop eventueel een economisch beleid gefundeerd zou kunnen worden. In 1934 stelde de partij een wetenschappelijk bureau in om op een andere wijze dan de Belgische planisten en anders dan de Russische vijfjarenplanners invulling te geven aan een wetenschappelijk socialisme. In 1935 presenteerde ze samen met het NVV het Plan van de Arbeid, dat al blonk van constructieve opstelling. In 1936 maakte Jan Tinbergen met de 'mathematische machinerie' van zijn model van de Nederlandse volkshuishouding²⁰ het idee van een beleidsinstrument in zekere zin waar. In 1937 zette de partij deze trend door met een gematigd beginselprogramma. Dit maakte de SDAP tot een passabel regeringspartner, met name voor de RKSP die een overheidsingrijpen op corporatistische grondslag voorstond. In 1939 was het zover: twee sociaal-democraten werden opgenomen in het kabinet-De Geer. Na de oorlog zette deze ontwikkelingslijn zich door. Er kwam een Centraal Planbureau ter ondersteuning van een stelselmatig economisch beleid, beleid dat in de plaats trad van de politiek van voorheen.

Zo was de uitkomst van het orderingsdebat uit de jaren dertig²¹, dat in 1945-1947 nog eens opgevoerd werd, een buitengewoon stevige consensus. De overheid had wel een actieve rol te spelen in het aangeven van marges en contouren, ze zou zich niet in detail voorschrijvend in te laten hebben met de productie. De overheid, in het bijzonder de minister van Economische Zaken, was vanaf dat moment medeverantwoordelijk voor het totaalbeeld van de Nederlandse economie, maar niet meer dan dat. Zowel voorstellen voor een centralistische economische planning als ideeën in corporatistische richting waren gedoemd te mislukken. De uiting die aan de consensus werd gegeven, was een luidruchtig afscheid van de 'laissez-faire'-gedachte. Die liberale doctrine was in de negentiende eeuw een emancipatorische leidraad voor politiek handelen geweest, nooit direct politieke praktijk. In het theoretische debat onder economen had de gedachte nog een rol gespeeld, totdat Keynes in de jaren twintig het laatste licht doofde. De een mocht eind jaren dertig de deur achter het laissez-faire-denken met een klap dichtsmijten, de ander mocht respectvol een verdord idee gedenken, verder dan dat gezamenlijk afscheid kwam men niet. De poging om daar bovenop een synthese te bereiken tussen soci-

20 [Tinbergen 1936] 'Prae-advies Tinbergen', in: *Kan hier te lande, al dan niet na Overheidsingrijpen, een verbetering van de binnenlandsche conjunctuur intreden, ook zonder verbetering van onze exportpositie? Welke leering kan ten aanzien van dit vraagstuk worden getrokken uit de ervaringen van andere landen?* Prae-adviezen voor de Vereeniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek /H.A. Kaag, S. Posthuma, J. Tinbergen, H.M.H.A. van der Valk. 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1936. Vgl. ook §2.3 en hoofdstuk 5 in dit boek.

21 [Dullaart 1984] *Regeling of vrijheid. Nederlands economisch denken tussen de wereldoorlogen* /M.J.H. Dullaart (diss. EUR). Rotterdam: [bij de auteur], 1984.

aal-democratisch en katholiek corporatisme berustte op een illusie. Achter bedrijfsschap en bedrijfsorganisatie zaten echt uiteenlopende intenties en de uiteindelijk wet op de Publiekrechtelijke Bedrijfsorganisatie van 1950 leverde dan ook geen levensvatbare constructies op.

De Tilburgse econoom Cobbenhagen was dé voorman van het katholiek corporatistisch gedachtengoed. In de eerste naoorlogse diesrede van zijn Hogeschool, op 21 november 1945, bevestigde hij van zijn kant de resulterende consensus.

‘Terwijl wel nauwelijks iemand gevonden zal worden, die elke overheidsleiding en elke maatregel afwijst, en velen bereid zijn te erkennen dat de Overheid een wezenlijk positieve taak in het moderne economisch bestel heeft en niet langer kan volstaan met de overwegend negatieve van een reeds geruime tijd achter ons liggend verleden, zijn – en terecht – de meningen zeer verschillend over de aard en de uitbreidbaarheid dier positieve leiding en beïnvloeding en de daaruit resulterende maatregelen.’²²

Cobbenhagen legde in zijn rede uit dat de ondernemer zich wel in het enkele geval, maar niet in het algemeen kon laten leiden door niet-economische motieven, zonder op te houden ondernemer te zijn. Ondernemen uit bijvoorbeeld algemeen belang ging dus niet. Over het motief van het algemeen belang had de overheid te waken, de particuliere motieven begrenzend, remmend, samenbindend, maar deze niet vervangend: ‘het veronderstelt zelfs hun bestaan en werking als primaire, onmisbare drijfkrachten’²³. Precies tot zover was Cobbenhagen bereid mee te gaan. Aan een feestje om de consensus te vieren had hij weinig behoefte. De uitnodiging van het ISONEVO om het Congres over Maatschappelijke Planning in oktober 1947, voor te zitten sloeg hij af.

Op dit congres, nu onder voorzitterschap van Tinbergen, stond – alle retoriek ten spijt – niet meer ter discussie of de overheid een rol te vervullen had. Men was, ten bewijze van de bereikte consensus, in staat om de vragen te scheiden: de vraag of de overheid moest ingrijpen te scheiden van de vraag naar planning. Die laatste vraag werd weer onderverdeeld naar conjuncturele en structurele planning.

Wat er in 1946 gebeurde was dus niet het einde van het laissez-faire, maar het luidruchtig gezamenlijk, zij het in diverse toonaarden, afscheid van dit denkbeeld. Het resultaat voor de politiek was geen feitelijke planning, maar een rationalisatie van het politieke proces, een rationalisatie die in Nederland de vorm kreeg van het Centraal Planbureau, CPB. Dit bureau was anders dan de naam suggereert een adviesorgaan, het hoefde niets voor te schrijven. Het was Centraal Plan-bureau gedoopt omdat het jaarlijks een Centraal Economisch

22 [Cobbenhagen 1945 p.11] *Over de grondslagen en motieven van het economisch handelen* /M.H.J. Cobbenhagen (rede 18-de dies KEH, 21 november 1945). Tilburg: Bergmans, 1945.

23 [Cobbenhagen 1945 p.28]

Plan zou hebben voor te bereiden, maar de feitelijke taakstelling was het geven van een prognose. Men sprak wel eufemistisch van 'indicatieve planning'. Griffiths suggereert, mijns inziens terecht, dat het CPB dankzij de adviserende positie kon uitgroeien tot een succesvol en gezaghebbend orgaan.²⁴

De, voor sommige sociaal-democraten teleurstellende, strekking van de consensus die zich al in de jaren dertig aftekende, was dat planning precies acceptabel was als techniek, voorzover het instrument was voor de politiek. Dit was wat Tinbergen bereikt had: een techniek ontdaan van ideologische lading. Zo werd het geïnstitutionaliseerd in het Centraal Planbureau. Dercksen trekt in zijn analyse dezelfde conclusie: precies als techniek, als instrument voor beleid, was het CPB acceptabel²⁵. Naarmate de planning instrumenteler van karakter was, werd ze ook wiskundiger en werd ze tegelijk gemakkelijker aanvaard.

Overigens was het in het idioom van de jaren veertig niet gewoon of zelfs maar gemakkelijk om planning te beschouwen als een techniek, ook al sprak Tinbergen wel van 'de ingenieurswetenschap der econometrie'. Planning had immers enerzijds een sterke politieke connotatie, anderzijds werd het gerekend tot de sociale kant van de wetenschappen, tot het techniek-compenserende cluster.

De rationalisatie van het politieke proces werd met een groot woord wel 'geleide economie' genoemd. Brugmans vond er aanleiding in om te spreken van 'het nieuwe kapitalisme', Cobbenhagen constateerde 'dat via de overheidsleiding een nieuw [. . .] motief in het economisch leven actief en positief invloed gaat uitoefenen, het motief van het algemeen belang', in feite had zich niet meer en niet minder voltrokken dan de overgang van politiek naar beleid. Het was een overgang die het wiskundig denken aanzienlijk aan belang deed winnen.

Beleid

De term beleid werd vanaf 1945 algemeen gebezigd voor 'economisch beleid', in afwijking van de vroegere aanduiding 'economische politiek'. De aanduiding was geen toevallige. Ze stemde overeen met die bijzondere invulling van politiek waarin de regering zich bewust bemoeide met de inhoud van het betreffende domein, dus meer wilde dan het scheppen van voorwaarden. Nog een derde aanduiding kwam voor: actieve politiek, zoals in Van der Leeuws 'actieve cultuurpolitiek'. De betekenis van de drie termen laat zich gemakkelijk aflezen uit de historische voorbeelden. 'Een politiek' was de algemene noemer voor regeringsoptreden op een gegeven terrein. Het was tevens de aanduiding voor een

24 [Griffiths 1980] 'The Netherlands Central Planning Bureau' /R.T. Griffiths. In: *The Economy and Politics of the Netherlands since 1945* /R.T. Griffiths (ed.). Den Haag: Martinus Nijhoff, 1980, pp.135-161.

25 [Dercksen 1986 p.21] *Industrialisatiepolitiek rondom de jaren vijftig. Een sociologisch-economische beleidsstudie* /W.J. Dercksen (diss. RL). Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1986.

neutraal of ongespecificeerd optreden. In het licht van de latere nadere aanduidingen ging het speciaal terughoudend optreden betekenen. De regering voerde een handelspolitiek, een buitenlandse politiek, een industriepolitiek. Het binden van bedrijfsvestiging en arbeidsomstandigheden aan regels was een voorbeeld van het aangeven van voorwaarden en grenzen, typisch een politiek. Het ad hoc reageren op omstandigheden, zoals werkverschaffing in crisistijd, was een politiek. De industriepolitiek zoals die vanaf 1935 werd gevoerd, de naoorlogse cultuurpolitiek en wetenschapspolitiek waren voorbeelden van actief en gericht ingrijpen door een departement. Men sprak in deze gevallen wel van actieve politiek. Hier waren ministers aan de slag die in een zeer bepaalde richting hun terrein wilden stimuleren, niet alleen voorwaarden scheppen, maar een route aangeven, waarbinnen overigens de inhoud van de activiteit overgelaten werd aan burgers en hun organisaties. Op het gebied van cultuur- of wetenschapspolitiek weerspiegelde deze stimulerende houding ook de visie op het terrein: met de inhoudelijke beoordeling en prioriteitsstelling had de overheid zich niet in te laten, al was het maar omdat dat volgens de toen heersende opvatting niet eens mogelijk was – rond 1960 was deze visie veranderd en ontplooidde de overheid een wetenschaps*beleid*. In 1945 nam de regering zich wel op economisch terrein voor om beleid te voeren, een stelsel van globale en gedetailleerde ingrepen gericht op een tevoren geformuleerde uitkomst. Wie beleid voert zal er niet voor terugschrikken onderweg bij te sturen. De consequentie van beleid is dat de overheid zich niet eenmalig, maar in principe voortdurend op het niveau van de burgers en organisaties begeeft en handelend optreedt. Zodra er een Sociaal Economische Raad was en een Centrale Economische Commissie, was de regering meer dan scheidsrechter tussen de sociale partners. Daar trad ze op als wagenmenner, maakte ze beleid. Het maken van vijfjarenplannen zou zeker een voorbeeld van beleid zijn geweest, het institutionaliseren van planning in het (adviserende) CPB maakte het beleid een structureel gegeven. De industrialisatie*nota's*, vanaf 1949, met hun duidelijke richting en doelstelling en hun gedetailleerde uitvloeisels, deden de industriepolitiek overgaan in een industrialisatie*beleid*. Algemeen gesteld: beleid is een rationalisatie van het voeren van politiek. Het gebeurt bewust; er is een expliciete doelstelling en de overheid treedt handelend in het domein op. Beleid immers staat niet voor de wijsheid van de toeschouwer of scheidsrechter, maar voor de bezonnenheid van de handelende persoon. In dit geval was het niet een persoon, maar een overheid die 'bezonnen handelde'. Over het algemeen kan men in de geschiedenis de overgang naar beleid, afgezien van het gebruik van de term, herkennen aan het stellen van doelen, het instellen van bezinningsinstrumenten, zoals plan- en adviesbureaus, en het gedetailleerd ingrijpen.

Het voeren van beleid verbreidde zich in de loop van de volgende decennia over de departementen. Ten aanzien van wetenschap bijvoorbeeld vond de rationa-

lisatie van politiek naar beleid rond 1960 plaats²⁷. Op enkele terreinen, zoals landbouw en volkshuisvesting, werd rond 1945 al voluit beleid gemaakt.

Omgeven door aanzienlijk minder controversen hadden de opeenvolgende regeringen sinds begin jaren dertig een actieve landbouwpolitiek gevoerd, met afzetgaranties, minimumprijzen, oppervlaktebeperking, importheffing en exporttoeslag. Een landbouwordeningwet werd tevergeefs voorbereid in 1937 in een poging de landbouwcrisispolitiek af te lossen. Gedurende de oorlog mocht de agrarische sector zich zowel in planologische aandacht, Rijksdienst voor het Nationaal Plan, als in economische aandacht, Nationaal Welvaartsplan, verheugen. In het kabinet-Schermerhorn volgde landbouwminister Mansholt echter niet de suggestie om als uitvloeisel daarvan een Commissie voor de Agrarische Plannen in te stellen. Hij koos voor een Afdeling Agrarische Plannen binnen het eigen departement. Strikt genomen heeft deze afdeling alleen een bijdrage kunnen leveren aan het opstellen van het Zesjarenplan voor de Landbouw, dat ook al niet levensvatbaar bleek²⁸. Hoewel het Zesjarenplan niet uitgevoerd werd, had het wel een zekere doorwerking in het beleid, onder meer doordat de moderniseringstendens de mechanisering in land- en tuinbouw op de agenda plaatste.

Op geen gebied is de overheid na 1945 zo 'rationeel' en rationaliserend te werk gegaan als op dat van volkshuisvesting. En het moet gezegd, op dit terrein waar wederopbouw letterlijk genomen mag worden, is het beleid alleen al in kwantitatief opzicht op een regelrechte ramp uitgelopen. Hier, waar men dankzij overheidsregulering samenhang in activiteiten mocht verwachten en heeft verwacht, hier werd woningnood een structureel gegeven. Waar de overheid meende de woningbouw te reguleren en te rationaliseren, met name door standaardisatie, daar plande ze in feite het woningtekort voor jaren. In NIPO-enquêtes gaven de ondervraagden steevast te kennen dat ze het opheffen van de woningnood als meest dringende opgave voor de regering beschouwden. Zeker, 'Krachtige voortzetting van de wederopbouw [...] aan de hand van een *wetenschappelijk opgezet* herstelplan...' nam de regering zich in 1948 voor. Tegelijk was minister In 't Veld voorzichtig uit angst voor ineenstorting van het bouwbedrijf, zodra de woningnood zou zijn opgeheven²⁹. De minister van Eco-

27 [Brookman 1979] *The Making of a Science Policy. A Historical Study of the Institutional and Conceptual Background to Dutch Science Policy in a West-European Perspective* /Frits Henry Brookman (diss. VU). Amsterdam: Academische Pers, 1979.

[Kersten 1996] *Een organisatie van en voor onderzoekers. De Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) 1947-1988* /Albert E. Kersten. Assen: Van Gorcum, 1996.

28 [Brink 1990 p.42] *Structuur in beweging. Het landbouwstructuurbeleid in Nederland 1945-1985* /A. van den Brink (diss. LUW). Wageningen: Pudoc (*Wageningse Economische Studies*), 1990.

nomische Zaken, J. van den Brink, volgde in de eerste industrialisatienota van september 1949 dezelfde lijn.

‘De toeneming van de bouwproductie is beperkt om te voorkomen, dat na het inhalen van de achterstand de behoefte aan bouwproductie op een veel lager niveau zou komen te liggen en grote, blijvende werkloosheid zou ontstaan. Zij is evenwel groot genoeg om te voorzien in de eisen, welke de industrialisatie stelt.’³⁰

Zo hield de overheid, rationeler dan redelijk, de investeringen in de bouwsector bewust lager dan mogelijk was geweest.

Wat in het oog springt is de wijze van beleidmaken, in het bijzonder de planmatigheid. Het is moeilijk de discrepantie over het hoofd te zien tussen enerzijds de zelfgenoegzame houding van de bewindslieden en beleidsmakers, de buitengewoon zelfbewuste vakliteratuur en propaganda van de volkshuisvesters, in tijdschriften als *Bouw* en *The Way Ahead* en bijdragen in *Statistica* en *Sigma*, en anderzijds de weerbarstige praktijk van het bouwen van woningen.

De hele sfeer van bouw, stedebouw, ruimtelijke ordening en wederopbouw was één groot feest van planmatigheid. De Rijksdienst voor het Nationaal Plan, de latere Rijksplanologische Dienst, RPD, bestond al vanaf 1942 en weerspiegelde ondanks het Duitse accent in het Basisbesluit van mei 1941 een volstrekte continuïteit in de opkomst van de planologie in Nederland³¹, met een toenevende centralisatie en een geleidelijke erkenning van een sociologisch planbegrip, dat het zwaartepunt legt bij het sturen van een ontwikkeling, naast het architectonisch idee van het plan als ontwerp voor een eindproduct. Op nevenliggend terrein kwamen van 1943 tot 1946 het Bureau Documentatie Bouwwezen, de Stichting Ratiobouw, de Stichting Bouw en het Bouwcentrum tot stand³², die alle na de bevrijding naar Rotterdam verhuisden, waar toch al zo-

29 Volgens [Ramakers 1992 p.114] ‘Wederopbouw en volkshuisvesting: misplaatst optimisme’ /J.J.M. Ramakers. In: *Parlementaire geschiedenis van Nederland na 1945. Deel III: Het kabinet Drees-Van Schaik (1948-1951), Band B Anticommunisme, rechtsherstel en infrastructuurle opbouw* /P.F. Maas (red.). Nijmegen: Gerard Noodt Instituut, 1992, pp.111-227. Regeerprogram 1948, *cursivering GA*, geciteerd naar [Ramakers 1992 p.112].

30 [Industrialisatienota 1949 p.45]

31 [Micheels 1977] ‘15 mei 1941; de oprichting van de Rijksdienst voor het Nationale Plan’ /Sabine Micheels. *Verkenningen in planning theorie en onderwijs* 19, TH Delft, Afdeling Bouwkunde. Delft: VSSD, 1977.

[Ruijter 1987] *Voor volkshuisvesting en stedebouw. Voorgeschiedenis, oprichting en programma van het Nederlands Instituut voor Volkshuisvesting en Stedebouw, 1850-1940* /P. de Ruijter. Utrecht: Matrijs, 1987.

[Valk 1990] *Het levenswerk van Th.K. van Lohuizen 1890-1956. De eenheid van het stedebouwkundige werk* /Arnold van der Valk. Delft: Delftse Universitaire Pers, 1990.

[Faludi/Valk 1994] *Rule and Order. Dutch Planning Doctrine in the Twentieth Century* /Andreas Faludi and Arnold van der Valk. Dordrecht: Kluwer, 1994.

32 [Collette 1989] ‘Bouwen met wiskunde’ /P.M.J.L.P. Collette. In: [Alberts e.a. 1989 pp.17-34] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos en J.Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.

Jaren van berekening

veel wederopbouwplannen gemaakt werden³³. De Rijksdienst en al die andere initiatieven werden rond de bevrijding nog eens opzij gedrukt door de Wederopbouwdienst binnen het eigen ministerie voor Wederopbouw en Volkshuisvesting³⁴. Dit was het departement, met achtereenvolgens Neher en In 't Veld als minister, waar de overheid het meest stringent leiding gaf. Rationalisatie was er zowel in het voeren van beleid – waar het leek alsof er in tegenstelling tot het economisch gebied een overmaat aan beleidstechnieken voorhanden was –, als in de werkwijzen die binnen dit domein naar voren geschoven werden.

In het hier gehanteerde dirigisme week dit ministerie af van de andere. Planning in meer algemene zin was er elders ook. Op de verschillende beleidsterreinen werden uiteenlopende ontkenningen van laissez-faire in praktijk gebracht. Dit terrein toonde een uitschieter naar de kant van overheidsingrijpen in dirigistische zin; het mag gelden als de uitzondering die de regel bevestigt. Wat zich in de regel in de naoorlogse jaren verbreidde, was een rationalisering van politiek tot een milde vorm van planmatigheid, die zich ook hier liet herkennen aan de noemer beleid.

33 [Wagenaar 1992] *Welvaartsstad in wording. De wederopbouw van Rotterdam 1940-1952* /Cor Wagenaar (diss. RUG). Rotterdam: NAI, 1992.

34 [Ruijter 1975 p.25] 'De Rijksplanologische Dienst; Instelling en ontwikkeling' /Peter de Ruijter. *Verkenningen in planning theorie en onderwijs* 5, THDelft, Afdeling Bouwkunde. Delft: VSSD, 1975.

1.2 Industrialisatie, Marshall en rationalisatie

In *De weg naar de vrijheid* en het *Welvaartsplan* bogen de PvdA in 1951 en het NVV in 1952 de sociaal-democratische plantraditie om in de richting van beleid. In deze plannen nam de kwestie van productiviteit een prominente plaats in. Rapporteur voor dit thema in het *Welvaartsplan* was F.C.M. Hegener; *De weg* vermeldt geen deelauteur. Beide rapporten leunden voor het thema productiviteit opvallend op het studierapport dat P.H. Bosboom en A.M. Groot opstelden naar aanleiding van hun reis naar de Verenigde Staten voor de Contactgroep Opvoering Productiviteit: *Organisatie en leiding van kleine en grote bedrijven in de Verenigde Staten*. Het duo constateerde dat er voor organisatieadviseurs wel iets maar niet erg veel nieuws te leren viel in Amerika, maar dat de verbreiding van dergelijke kennis daar veel ruimer was dan hier. Niettemin brachten deze beroepscompliceerders een devies mee naar huis 'DOE ALLES EENVOUDIGER'³⁵.

Aan de ene kant was het een Amerikaanse geschiedenis: men ging naar de Verenigde Staten om een niet geheel onbekende les te halen – de cultuur van de *tour d'Amérique* was op haar hoogtepunt. De Stichting Contactgroep Opvoering Productiviteit (1950) was begonnen in 1948 onder de naam Werkgroep Technical Assistance in het kader van de Marshallhulp. Stimuleren van industrialisatie en propaganda voor rationalisatie waren niet zomaar vooraanstaande elementen in de hulp, ze vormden de eigenlijke ideologische kern ervan. Ook zonder hulp en Economic Cooperation Act waren ze reeds als propaganda over Europa uitgestrooid als hoofdbestanddeel van *the American system* en *the American way of life*: van films over het leven van de familie Gilbreth tot 'voorlichting' over de Amerikaanse arbeidsverhoudingen, waarin dankzij technische progressie de tegenstelling tussen arbeid en kapitaal zou ontbreken. Het waren pleidooien voor een andere maatschappelijke structuur, gegrond in wezenlijk andere arbeidsverhoudingen; pleidooien die nog voorafgingen aan de meer concrete vorm die ze in de Marshallhulp zouden aannemen.

Aan de andere kant was het een Nederlands verhaal: Bosboom en Groot waren organisatieadviseurs, bestuurslid en directeur van het Instituut voor Onderzoek en Voorlichting in Amsterdam en stonden in een eigen Nederlandse traditie van efficiency-streven. Groot was lang bij de spoorwegen actief geweest op dit terrein en publiceerde een reeks van boeken over administratieve

35 [Weg 1951 p.160] *De weg naar de vrijheid. Een socialistisch perspectief*/Rapport van de Plancommissie van de Partij van de Arbeid. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1951.
[Welvaartsplan 1952 p.75] *Welvaartsplan van het Nederlands Verbond van Vakverenigingen*. Amsterdam: NVV, 1952.
[Organisatie 1951 p.87] *Organisatie en leiding van kleine en grote bedrijven in de Verenigde Staten. Studierapport* /geen auteursvermelding [P.H. Bosboom en A.M. Groot]. s.l. [’s-Gravenhage]: Contact-groep Opvoering Productiviteit, s.a. [1951].

organisatie. De reizigers en de mensen van de COP behoorden tot een subcultuur die na de Tweede Wereldoorlog haar vleugels uitsloeg. De spanning tussen eigen ontwikkeling en receptie van Amerikaanse verworvenheden – ‘Amerikanisme, het domineren van het stoffelijke boven het geestelijke, van het economische boven het culturele’, stond voor de naoorlogse planners aan de negatieve kant van de cultuurdiagnose³⁶ – is een studie op zichzelf waard en zal op diverse plaatsen in dit boek zichtbaar zijn, maar niet afzonderlijk aan de orde gesteld worden. De Nederlandse traditie van streven naar rationalisering en efficiency stoelde, waarschijnlijk weinig anders dan de Amerikaanse, op de overtuiging dat de tegenstelling tussen de productiefactoren arbeid en kapitaal overstegen zou moeten worden. Het pleidooi daartoe kende twee parallelle argumentaties, namelijk de pessimistische, dikwijls religieus getoonzette diagnose dat het menselijk bestaan toch niet volledig in een materiële tegenstelling gevangen behoorde te zijn, en de optimistische, wetenschappelijk geïnspireerde verwachting dat het economisch mogelijk was die tegenstelling achter zich te laten. Beide gedachtenlijnen kwamen in combinatie voor, bij een en dezelfde auteur of, zoals het religieus en het wetenschappelijk socialisme binnen de sociaal-democratie, als polen binnen één gedachtengoed.

In de industriepolitiek, zowel in het voeren van beleid als in de inhoud van dit beleid, was vanaf de jaren dertig een sterke continuïteit zichtbaar. Net als ten aanzien van de landbouw had op het vlak van industriepolitiek de overheid haar onthouding al vroeg in de jaren dertig opgegeven. Ook hier werden niet alleen maatregelen genomen, maar structuren geschapen, zoals de Economisch-Technologische Instituten, ETI's, het Centraal Instituut voor de Industrialisatie, het CIVI, dat in 1937 het CETI uit 1935 afloste, en de Maatschappij voor Industrie-financiering, de Mavif in 1936. Vanuit het Departement van Handel, voerde het Bureau Industrialisatie via intermediair CIVI een offensieve industriepolitiek. In opdracht van de Commissie tot onderzoek van de blijvende werkloosheid, een commissie van de Hooge Raad van Arbeid, ontwierp dit bureau in 1938 plannen voor ‘een van overheidswege geleide industrialisatiepolitiek’. De resulterende *Nota inzake de industrialisatie* beschouwt De Hen als ‘een nog niet gekwantificeerde voorloper’ van de naoorlogse industrialisatienota's: hier werd de stap gezet ‘van ordening naar een embryonale planning’³⁷. De continuïteit bleek hier uit een nog explicieter en bewuster voortzetting in

36 [Bakker Schut 1947 p.63] De kreet ‘Amerikanisme’ kwam in de planningsdiscussie dus zo voor en was overigens niet nieuw, vgl. [Mourik 1926] ‘Amerikanisme’ /M.C. van Mourik Broekman. In: *De Smidse. Maandblad voor moderne religie en humanistische cultuur* I-I (1926), pp.17-22.

37 [Hen 1980 p.238] *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland. De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* /P.E. de Hen (diss. KHT). Amsterdam: De Arbeiderspers, 1980.

het naoorlogse industrialisatie-offensief, met de acht nota's inzake de industrialisatie van Nederland, verschenen van 1949 tot 1963.

De eerste *Nota in zake de industrialisatie in Nederland* van 1949 fundeerde zijn voornemens nog mede op een maatschappelijke bezorgdheid. In de latere was dit een marginale overweging en waren sectoren en regio's die niet zonder meer mee konden komen, 'probleemgebieden' geworden.

Binnen het domein van de industriepolitiek stelde minister Van den Brink zich de opgave van een industrialisatiebeleid³⁸. Dit markeerde de overgang van stimuleringspolitiek naar beleid. De inhoud van de verandering was het begin van sturing in de richting van industrialisatie. Industrialisatie betekende ditmaal, meer dan de vestiging van industriële ondernemingen, het sterker op industriële leest schoeien van de voortbrenging. Herkenbaar trefwoord voor dit brede en diffuse streven was 'productiviteit'; opvoering van de productiviteit werd na de oorlog de kristallisatiekern van het industrialisatiebeleid.

Het was een andere organisatie van de productie die tot hogere productiviteit zou moeten leiden. De maatregelen, naast toeleggen op hoogwaardiger producten, varieerden van logistieke aanpassingen in het productieproces tot type-beperkende afspraken in een bedrijfstak, van prestatieloon tot intensiever gebruik van de kapitaalgoederen door ploegendienst.

De industrialisatiepolitiek lokte investeringen uit in hoogwaardige productie en deze was technisch geavanceerd en daarmee onveranderlijk van een hoog wiskunde-gehalte. Bij projecten in de scheeps- en vliegtuigbouw was zelfs rechtstreeks het Mathematisch Centrum betrokken voor het rekenwerk.

Minstens even interessant ten aanzien van de rol van de wiskunde was dat deel van het productiviteitsbeleid dat gericht was op concrete rationalisaties ter verhoging van efficiency en logistiek binnen bedrijven en productieprocessen. In het algemeen ging het hier om direct gebruik van nieuwe ontwikkelingen in de mathematische en industriële statistiek. Aan de kant van de industriële statistiek was het trefwoord wonderlijk genoeg *kwaliteit* – ik kom hierop uitgebreid terug in hoofdstuk 5. Reeds in 1945 motiveerden de statistici de oprichting van de Vereniging voor Statistiek, behalve met een cultuurpessimistische passage, met een verwijzing naar de noodzaak de industriële productiviteit te verhogen. Statistici claimden, net als reclamedeskundigen, organisatie-adviseurs en andere deskundigen hun rol in verbetering van de organisatie van de productie. Kennelijk waren ook aan deze zijde van de industrialisatie, net als aan de kant van de maatschappelijke zorg, begeleidende deskundigen nodig om de hogere productiviteit te bereiken. Eerste voorzitter van de Vereniging voor Statistiek, en degeen die de link legde met productiviteit, was Jan van Ettinger, de man die ook directeur was van het Bureau Documentatie Bouwwezen, en later van het Bouwcentrum en voorzitter van de Stichting Ratiobouw.

38 [Industrialisatienota 1949 p.3]

De bijdrage van de overheid was in eerste instantie het propageren van de productiviteitsgedachte. De afstand tot het hierboven aangestipte werkterrein was overigens niet groot. L. Neher, de eerste minister van Wederopbouw en Volkshuisvesting, was lid van de Commissie van Advies van de genoemde Vereniging voor Statistiek. De aandacht voor productiviteit kreeg vanaf 1948 nog eens extra de nadruk door de *Technical Assistance* in het kader van de Marshallhulp. In tweede instantie richtte de overheid voor diverse bedrijfstakken Productiviteitscentra in, een functie die voor de bouw al vervuld was door Bouwcentrum en Ratiobouw. De productie ontwikkelde zich, en dit werd door de overheid gestimuleerd, in de richting van een gelaagde productie. Overal kwamen deskundigen bij. De overheid schiep op vergelijkbare wijze begeleidende instellingen, zoals de productiviteitscentra.

De COP, de stichting Contactgroep Opvoering Productiviteit, kwam in 1950 voort uit die Technical Assistance en ontplooidde een scala van activiteiten, waaronder het auspiciën over bijna 200 studiereizen. Het ministerie van Economische Zaken liet een drietal productiviteitsnota's verschijnen ten bewijze dat het een aandachtspunt van beleid was³⁹.

De Marshallhulp creëerde een zogenaamde tegenwaarderekening. De ontvangers van hulp in Nederland moesten wel voor de goederen betalen, maar in guldens, en dit geld moest natuurlijk 'verstandig' uitgegeven worden. Initiatieven als de COP maar ook directe investeringen, zoals de ultramoderne plaatwalserij Breedband en delen van het Deltaplan, werden op deze wijze gesteund.

Het Deltaplan, zo present in de Nederlandse herinnering, was tot voor kort opvallend afwezig in de geschiedschrijving. De watersnoodramp van 1 februari 1953 moet de ingenieurs van Rijkswaterstaat verschrikkelijk goed zijn uitgekomen. Zij hadden hun drie- en vijfelandenplan klaarliggen en hier was het bewijs van de urgentie. De regering reageerde alsof ze nattigheid voelde. Op 21 februari installeerde minister Algera van Verkeer en Waterstaat de Deltacommissie. De commissie had maatregelen te ontwerpen om het land te beschermen tegen hoge vloed en verzilting, maar de uitkomst stond deels, voor Haringvliet, Grevelingen en Oosterschelde, op voorhand vast: 'Uit de aard van de zaak kan er alleen van afdamming van de drie zojuist besproken zeearmen sprake zijn'⁴⁰. De commissie stelde het Deltaplan op. In tegenstelling tot de, door een zekere morele bedruktheid begeleide, wederopbouw was hier het ontwerp en de ontplooiing van technische hoogstandjes en de herinrichting van de Zeeuwse landbouwgrond volkomen onbekommerd. Slechts het geld van de Marshallhulp verbond beide nog. Van de tegenwaarderekening vond een deel een gelukkige besteding bij de Deltacommissie. Dit was de achtergrond van de

39 [Dercksen 1986 p.155ff]

40 [Deltacommissie 1960 I p.17] *Rapport Deltacommissie. Eindverslag en Interimadviezen van de Deltacommissie*. 's-Gravenhage: Staatsdrukkerij- en uitgeversbedrijf, 1960.

suppletoire begroting voor de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum in verband met onderzoek in opdracht van deze Deltacommissie. Het bedrag van f 88.000,- was niet zo groot, maar vanuit het Mathematisch Centrum gezien was de budgetverruiming met ruim 50% nog in datzelfde jaar 1953 wel verbijsterend.

1.3 De positie van wetenschap en techniek

De waardering voor wetenschap en techniek was ambivalent, vrees en hoop. De beide atoombommen op Japan boden de vrees een vast herkenningsteken voor de volgende decennia. De bezorgdheid was echter al eerder, in de jaren dertig, naar voren gekomen.

Naar het voorbeeld van de onderzoeksfondsen die vanaf het begin van de twintigste eeuw in verschillende landen bestonden en naar aanleiding van de Eerste Wereldoorlog was de Nederlandse overheid eind jaren twintig bereid de technische ontwikkeling te stimuleren. In 1930 werd de betreffende wet aangenomen en in 1932 de Centrale Organisatie TNO, Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek, ingericht⁴¹. In 1945 ervoeren de betrokkenen deze situatie in twee opzichten als onbevredigend. De organisatie was te rommelig en ze werd dan ook gereorganiseerd. Het domein van de techniek was bovendien te beperkt gebleken. Een nieuw initiatief, vond men, zou ook de wetenschap erbij moeten betrekken. De uiteindelijke uitkomst ervan was ZWO, de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek⁴², een organisatie die internationaal een reeks van parallellen kende. Over dat initiatief, en dan natuurlijk speciaal het deel dat betrekking had op de wiskunde, gaat hoofdstuk 3.

In de jaren dertig was de maatschappelijke bewustwording, waaraan het initiatief uitdrukking gaf, reeds waarneembaar. Wat er kort voor en in de oorlog gebeurde, was een voorbereiding tot de vorming van een wetenschapsorganisatie en tot meer dan dat. Banning, Burgers, Kramers, Kruyt, Tinbergen en andere vooraanstaande wetenschapsbeoefenaren en dominees maakten zich enerzijds zorgen om de culturele en sociale rol van de wetenschap, anderzijds om het tekortschieten van wetenschap in moreel opzicht. In voordrachten en in tijdschriften, met name in *Het Kouter*, thematiseerden zij de maatschappelijke rol van wetenschap. Sjoerd Hofstra schreef er een boek over⁴³. A.D. Fokker

41 [Theunissen/Lunteren 1994] *Zuivere wetenschap en praktisch nut. Visies op de maatschappelijke betekenis van wetenschappelijk onderzoek rond 1900* /B. Theunissen en F. van Lunteren (red.). Rotterdam: Erasmus Publishing (= *Gewina* 17-4), 1994.

[Heijmans 1994] *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940* /H.G. Heijmans (diss. UU). Rotterdam: Erasmus Publishing, 1994.

[Blom e.a. 1995] *Academische vrijheid I* /J.C.H. Blom, A.J. Kox en T.J. Veen (red.). Amsterdam: Vossiuspers AUP, 1995.

[Kasteel 1957] 'Ontstaan en groei van TNO' /Th.J. van Kasteel. In: [Kwarteeuw 1957 pp.1-39] *Een kwarteeuw TNO, 1932-1957. Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957* /geen auteursvermelding. Den Haag: Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek, 1957.

42 [Kersten 1996]

43 In *Het Kouter* schreven over dit onderwerp: W. Banning, J.M. Burgers, A.D. Fokker, S.J. Hofstra, H.A. Kramers, H.R. Kruyt, J.H. Oort, L.S. Ornstein, J. Tinbergen.

haalde hen naar Teyler's in Haarlem om te spreken over 'De betekenis en de rol der wetenschap in de maatschappij'⁴⁴. Het was bepaald niet alleen een Nederlandse discussie. Inspiratie hadden deze mensen ook internationaal gevonden, onder meer in de conferentie *Science at the Crossroads* in Londen, 1931⁴⁵. In vervolg op heftige, vooral Engelse, debatten had de *International Council for Scientific Unions* in 1937 een *Committee for Science and its Social Relations* ingesteld en in deze commissie was J.M. Burgers vanuit de KNAW bijzonder actief. Dezelfde Burgers wilde met een aantal gelijkgezinden in 1940 een 'Nederlandse stichting tot bevordering der studie van het verband tussen wetenschap en maatschappij' oprichten⁴⁶; het kwam er niet meer van. Wel kwam na de Tweede Wereldoorlog het blad *Maatschappij en wetenschap* tot stand; het zou met *Atoom* opgaan in *Wetenschap en Samenleving*⁴⁷.

Debat en bezinning leidden direct tot de wens de wetenschapsbeoefening zelf beter te organiseren – en beter te legitimeren door meer tegemoet te komen aan de morele, en eventueel de materiële noden van samenleving. Als goede planners besloot men vervolgens tot een *survey*, een overzicht van natuurwetenschappelijk en van geesteswetenschappelijk onderzoek in Nederland opgesteld in de oorlogsjaren en uitgebracht in 1942 en 1948⁴⁸. De Werkgemeenschap

[Hofstra 1937] *De sociale aspecten van kennis en wetenschap* /Sj. Hofstra. Amsterdam: Scheltema en Holkema, 1937.

44 [Betekenis 1940] *De betekenis en de rol der wetenschap in de maatschappij. Zaterdagmiddagvoordrachten in Teyler's Stichting te Haarlem op 18 en 25 November, 2 December 1939* /H.R. Kruyt, A.H. Blaauw, H.W. Julius, J. Tinbergen, J.H. van der Hoop en A.D. Fokker. 's-Gravenhage: Nijhoff, 1940.

45 [Science 1933] *Science at the Cross Roads. Papers Presented at the International Congress of the History of Science and Technology, held in London 1931, by the Delegates of the U.S.S.R.* /B. Hessen e.a.. London: Kniga, 1933¹; repr. ed. London: Frank Cass, 1972².

46 J.M. Burgers, J. Clay, R. de Josselin de Jong, H.R. Kruyt, J. Tinbergen en J. Visser. Vgl. [Alkemade 1995] 'Biography' /- [Fons Alkemade]. In: *Selected Papers of J.M. Burgers* /F.T.M. Nieuwstadt and J.A. Steketee (eds.). Dordrecht etc.: Kluwer Academic Publishers, 1995, pp.I-CIX.

47 [Molenaar 1994] 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten'. *De geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers 1946-1980* /Leo Molenaar (Diss. UvA). Rijswijk: Elmar, 1994.

48 [Natuurwetenschappelijk 1942] *Natuurwetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1937-1942 verricht is op het gebied der natuurwetenschappen, der medische en technische wetenschappen* /Werkgemeenschap van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland. Amsterdam: Noord-Hollandsche uitg., 1942.

[Geesteswetenschappelijk 1948] *Geesteswetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1933-1943 verricht is op het gebied der godgeleerdheid, der rechtswetenschappen, der taal- en letterkunde, der geschiedenis, der filosofie, psychologie en paedagogiek en der sociale wetenschappen* /Werkgemeenschap van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland (red.). Amsterdam: Noord-Hollandsche uitg., 1948.

voor Wetenschappelijke Organisaties in Nederland lijkt speciaal voor dit doel in het leven te zijn geroepen. De initiatieven, die na de oorlog via vijf jaar commissiewerk en politiek debat zouden uitmonden in ZWO, de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek, kregen zo een empirische basis.

De fase van beleid ten aanzien van wetenschap en techniek trad later, in de jaren zestig, in. In 1945 werd gesproken van wetenschapspolitiek, waarmee men wel een uitdrukkelijk stimulerende rol van de overheid op het oog had, 'op een schaal, zoals tot dusverre nog niet is geschied', aldus Schermerhorn, maar geen sturende. Binnen de wetenschappelijke wereld zelf ging men op dat moment al een stap verder en maakte een begin met 'organization and management of research'. Het Mathematisch Centrum wilde de *systematische* beoefening van zuivere en toegepaste wiskunde bevorderen. De wiskundigen zagen hun vak als cultuurfactor en als productiefactor. Aan de ene kant hadden zij met het cultuurgoed wiskunde bij te dragen aan culturele opbloei, aan de andere kant kon wiskunde een rol spelen in de opbouw van welvaart.

Wetenschap in het algemeen was wel in die zin voorwerp van beleid, dat minister Van der Leeuw van OKW in het kabinet-Schermerhorn, niet de minste onder de cultuurpessimisten, benadrukte dat in de nieuwe plannen de geesteswetenschappen niet verwaarloosd zouden mogen worden. De wetenschapsbeoefenaren die zich inzetten voor de opbouw van de betreffende instituten en organisatie vonden hun optimistisch voorbeeld in het boek van Vannevar Bush, *Science. The Endless Frontier*⁴⁹. Wetenschapsbeoefenaren ontplooiden in de naoorlogse jaren een maatschappelijk bewustzijn en wetenschap werd een politiek zichtbaar verschijnsel.

Doorbraak

Banning en de andere oprichters van de Nederlandse Volksbeweging hadden wel gelijk dat er een doorbraak op til was. Terecht vermoedden zij dat deze met het plandenken van doen had en dat de doorbraak het niveau van de politieke partijen te boven ging. Hun ambitie om desalniettemin op het partijpolitieke vlak te oogsten berustte dan ook op een misverstand.

Wat zich in de naoorlogse jaren voltrok, was veeleer een omslag in denken over politiek dan een doorbraak. Een milde vorm van planmatigheid was algemeen als redelijk aanvaard. Daarmee was de voedingsbodem gelegd voor het ontwikkelen van beleid, voor het rationaliseren van politiek tot beleid, op een groeiend aantal domeinen – en niet alleen in de politieke sfeer, maar bijvoorbeeld ook in die van de bedrijfsvoering. Het congres over Maatschappelijke

49 Van dit boek circuleerde onder de MC-oprichters een fotokopie (!) [Bush 1945] *Science. The Endless Frontier* /Vannevar Bush. Washington: U.S. Government Printing Office, 1945.

Planning dat het ISONEVO in 1947 organiseerde was niet zomaar een feestje voor de planners; het was een afscheid van de matadores die hun beperkte gelijk hadden gekregen.

De omslag werd concreet zichtbaar in nieuwe maatschappelijke structuren. Niet alleen verschoven de accenten in de arbeidsverhoudingen en kwamen er nieuwe posities voor allerlei deskundigen die het productieproces begeleidden, maar er ontstonden ook nieuwe instellingen en besluitvormingsstructuren. Deze nieuwe structuren begeleidden aanvankelijk als satellieten de oude en vertrouwde, maar zouden geleidelijk meer op de voorgrond treden en de ban van de oude doorbreken.

Onder de drie genoemde aspecten van de wederopbouw speelde het wiskundig denken een rol en wel een rol die verbonden was met de vorming van nieuwe structuren. Het wiskundig denken was herkenbaar op de achtergrond van de algemeen aanvaarde neiging tot kwantificatie en planmatigheid, die zorgde voor belangrijke nieuwe instellingen en structuren. De techniek van het ontwerpen van beleid had een kwantificerend karakter. Waar het rationaliseringsstreven concreter vormen aannam, onder meer binnen de voortgezette industrialisatie, werd ook de rol van de wiskunde tastbaarder. Ook de beoefening van de wiskunde zelf, als onderdeel van wetenschap en techniek, nam nieuwe vormen aan in nieuwe instellingen. Op alledrie deze domeinen voltrok zich een omslag die zeker niet onmiddellijk bijdroeg aan een politieke doorbraak, maar wel in de loop van de volgende jaren de bestaande maatschappelijke structuren op deelterreinen zou doorbreken. Het zal in de volgende hoofdstukken duidelijk worden dat er een relatie was tussen die omslagen en de maatschappelijke rol van het wiskundig denken.

We verlaten nu, zoals aangekondigd, de situatieschets van de Nederlandse samenleving om één zo'n omslag in het bijzonder te belichten, die in de wiskunde-beoefening. Hoofdstuk 3 en 4 beschrijven de nieuwe instellingen en structuren die uitdrukking gaven aan deze omslag. Daaraan voorafgaand plaatst hoofdstuk 2 de veranderingen in het kader van de geschiedenis van de wiskunde en haar toepassingen. De leidende vraag is in welke zin het wiskundig modelleren nu zo'n doorbraak was binnen de wiskunde-beoefening.



Twée

Anderhalve eeuw toegepaste wiskunde

Precies anderhalve eeuw lang stond de term ‘toegepaste wiskunde’ voor wat het woord betekende. Van het begin van de negentiende tot het midden van de twintigste eeuw lagen het werkkterrein en de werkwijze min of meer vast. Het ging in deze tijd om toegepaste analyse, het zoeken van oplossingen en oplossmethoden van differentiaal- en integraalvergelijkingen. Er was een zuivere wiskunde, gedomineerd door de analyse, en daar hoorde de toegepaste analyse als toegepaste pendant bij. Dit betekende allermintst dat de betreffende mathematische inzichten van pas kwamen in werkelijk praktische situaties, maar naar de maatstaf van de wiskunde was er dus letterlijk een toegepaste wiskunde.

De overgangen aan het begin en aan het einde van de periode waren betrekkelijk scherp. Voordien kwam de term weinig voor; nadien had hij zijn eenduidigheid verloren. De naamgeving voor het beperkte gebied is gebleven; men spreekt tegenwoordig wel van ‘klassieke’ toegepaste wiskunde. Het feitelijk toepassen heeft zich sinds de jaren vijftig uitgebreid en verlegd. Belangrijker nog is dat, met de introductie van het wiskundig modelleren, het toepassen wezenlijk van karakter veranderde.

Ook voor 1800 werd er gebruik gemaakt van wiskunde, getuige uitdrukkingen als ‘geometrica practica’ en ‘gemengde wiskunde’¹, maar er was niet die tegenstelling van een toegepaste tot een zuivere wiskunde. In de anderhalve eeuw van 1800 tot 1950 was de ‘toegepaste wiskunde’ zeker niet het enige onderdeel van het vak dat toepassing vond. Zo kende in het tellen de statistiek, in het tekenen de beschrijvende meetkunde, in het rekenen de numerieke kant van de analyse zijn nuttige ontplooiing. In omvang van gebruik zullen deze drie de toegepaste analyse gemakkelijk overtroffen hebben, toch bepaalde dit laatste gebied het

beeld van de toegepaste wiskunde. Het vormde de hoofdstroom van die wiskunde die een rol speelde bij de opbouw van de moderne natuurwetenschap en ontleende daaraan een uitzonderlijke status. Voor een deel is het uit deze status te begrijpen dat bij toegepaste wiskunde aan die andere ‘nuttige’ gebieden meestal niet gedacht werd², maar er was meer. Kennelijk werd met toepassen van wiskunde ook een bijzondere werkwijze bedoeld, de werkwijze die bij uitstek werd gevolgd binnen de innige verstrengeling van analyse en natuurkunde.

Rond 1800 maakte de wiskunde zich los uit de eenheid met de natuurwetenschap. Dit hield onder meer een bezinning in op de betrekking van het wiskundig denken tot de empirie, dus ook een bezinning op het toepassen. De toepassingsverhouding werd op nieuwe wijze gesteld en het was deze gestalte van de verhouding wiskunde-toepassing die tot het midden van de twintigste eeuw het beeld bleef bepalen, vervolgens gerelativeerd en opnieuw doordacht werd. We zouden deze gestalte, met een woord van Kuhn, het ‘paradigma’ van de toegepaste analyse kunnen noemen.

Dit paradigma was allerm minst statisch. De relativering ervan rond 1950 kwam niet onaangekondigd. In de loop van anderhalve eeuw was er nogal wat veranderd in de toegepaste wiskunde, met name onder invloed van gebeurtenissen in het toepassingsgebied van de natuurkunde. De thermodynamica, de relativiteitstheorie en de quantummechanica deden een beroep op andere onderdelen van de wiskunde. Andere, nieuwe toepassingsgebieden deden dat evenzeer. Ook aan de kant van de wiskunde was het beeld niet volkomen eenduidig. Hier had de toegepaste analyse er nooit werkelijk het alleenrecht op gehad nuttig aangewend te worden. De doorbraak, de relativering, voltrok zich evenwel in korte tijd. In de jaren veertig werd de eenduidige betekenis van het begrip ‘toegepaste wiskunde’ verlaten. Wiskundigen werden zich steeds scherper bewust, dat de toepasbaarheid niet gekoppeld was aan een speciaal onderdeel van het vak. Zo was in 1953 de speurtocht naar een meer passende terminologie inzet van de AMS-NRC *Conference on Training in Applied Mathematics* in de VS.

- 1 [Mulder 1990] ‘Pure, Mixed and Applied Mathematics. The Changing Perception of Mathematics Through History’ /H.M. Mulder. In: *Nieuw Archief voor Wiskunde* (4) 8-1 (maart 1990), pp.27-41. Mulder signaleert de introductie van de term ‘toegepaste wiskunde’ rond 1700, aanvankelijk synoniem met ‘gemengde’ wiskunde, i.e. gemengd met principes betreffende de natuur of de techniek. Er wordt onderscheid gemaakt, geen scheiding. Voor *arithmetica practica* en *geometrica practica* zie: [Alberts 1994a] *Wiskunde en praktijk in historisch perspectief*/G. Alberts. Amsterdam: CWI (CWI-Syllabus 37), 1994.
- 2 Afgezien is hier van het dubieuze gebruik in sommige encyclopedieën en bibliografieën rond 1900 om het kopje ‘toegepaste wiskunde’ als vergaarbak te nemen voor alles wat niet onder analyse of algebra viel, van filosofie en geschiedenis tot statistiek en astronomie.

‘Het is onmogelijk onderscheid te maken tussen “zuivere” en “toegepaste” wiskunde op grond van de bestudeerde onderwerpen; dat zou maar onzin opleveren. Toegepaste wiskunde is een kwestie van motivatie, van houding en niet van aanleg. De alternatieve suggestie van een onderscheid tussen “kloosterwiskunde” en “seculiere” wiskunde laat de uiteindelijke eenheid van de wiskunde goed uitkomen.’³

Joachim Weyl, de wiskundige bij de National Research Council die de conferentie bijeenriep, nam met deze woorden niet alleen afstand van onderscheid binnen wiskunde op grond van objectgebieden, maar gaf stilzwijgend ook de consequentie aan. Wiskunde is niet primair een verzameling uitspraken, maar een vak dat beoefend wordt. Richard Courant gebruikte twee jaar later bijna dezelfde woorden.

‘In de wiskunde moeten we (en dit is mijn persoonlijke overtuiging, waar niets me van af zal brengen, hoe vaak er ook iets tegen ingebracht wordt) de muur die het zuivere en het toegepaste werk beroepsmatig verdeeld houdt, neerhalen en alleen nog verschil maken tussen goede en slechte wiskunde, en misschien tussen introverte en naar buiten gerichte wiskundigen.’⁴

‘Toepassingsgerichte wiskunde’ was de meest algemene term, die de discussies in de jaren vijftig opleverden. En gezien de bijbehorende accentverschuiving van gedachten-inhoud naar het *bedrijven* van het vak, ging het om *toepassingsgerichte wiskunde-beoefening*. Omdat dit woordgebruik juist de jaren vijftig typeert, is het overgenomen in de ondertitel van dit boek.

De aldus geschetste ontwikkelingslijn van praktische meetkunde voor 1800 tot toepassingsgerichte wiskunde-beoefening sinds 1950 vormt de inhoud van dit hoofdstuk.

De toepassingsgerichte wiskunde-beoefening omvatte een breed scala van stijlen en technieken. Binnen deze diversiteit vormden het in korte tijd geaccepteerde begrip wiskundig model en de praktijk van het wiskundig modelleren het verbindend element.

Het *wiskundig modelleren* kwam aldus naar voren als relativering van toegepaste wiskunde. Dit modelleren laat zich beter begrijpen door het ook tegen een andere achtergrond te plaatsen, namelijk die van mathematisering. Mathematisering is, zoals uiteengezet in het ‘Perspectief’, niet het toepassen zelf, maar

3 [Proceedings 1954 p.6] *Proceedings of a Conference on Training in Applied Mathematics* (held at Columbia University, New York City, 22, 23, 24 oktober 1953; sponsored by the American Mathematical Society and the National Research Council). Washington: NRC, 1954.

4 [Courant 1969 p.154] ‘Gauss and the Present Situation of the Exact Sciences’ /Richard Courant (vertaling van lezing gehouden in Göttingen, 19-2-1955, ter gelegenheid van de honderste sterfdag van Gauss). In: [Saaty/Weyl 1969] *The Spirit and the Uses of the Mathematical Sciences* /Thomas L. Saaty and F. Joachim Weyl (eds.). New York: McGraw-Hill, 1969.



*'Condorcet stervende in zijne gevangenis, op den 28sten van Lentemaand 1794'. Condorcets einde was symbolisch voor het spaaklopen van de ideologie van mathematisering in de Revolutie. Zijn postuum verschenen *Mathématique sociale* was een opmaat voor de voortzetting van de luidruchtige ideologie van de Verlichting in het negentiende-eeuwse mathematiseringsimperialisme.*

maakt, als het complement ervan, het toepassen van wiskunde mogelijk. Op zeer uiteenlopende gebieden gaf de negentiende eeuw een mathematisering te zien, van politieke rekenkunde⁵ en demografie tot bedrijfswetenschap en chemische technologie. Steeds explicieter werd deze benaderingswijze herkend als een methode, uiteindelijk als een, bijna technisch, te hanteren procedure. De resultante van deze ontwikkeling was het wiskundig modelleren.

5 Zie bijvoorbeeld [Stamhuis 1989] *'Cijfers en Aequaties' en 'Kennis der Staatskrachten'. Statistiek in Nederland in de negentiende eeuw* (Ida H. Stamhuis (diss. VU). Amsterdam: Rodopi, 1989.

2.1 Emancipatie van de wiskunde

Hoezeer ook de wiskunde-beoefening rond 1800 in het teken van nuttigheid stond, in dezelfde revolutietijd profileerde de wiskunde zich als een zelfstandige en zelfgenoegzame wetenschap, zuivere wiskunde.

Ten opzichte van het rationalisme van de natuurfilosofie ontdeed ze zich van een metafysische hypotheek. Was de niet-euclidische meetkunde een eeuw eerder bij Sacchieri een onderdeel van een filosofische onderneming, van een poging de noodzakelijkheid van de euclidische postulaten te tonen, voor Lobachevsky en voor Bolyai was ze wiskunde, ook al liet de receptie als zodanig nog op zich wachten⁶.

Ten opzichte van de Verlichting ontrok de wiskunde zich aan het nuttigheidsdenken door reflectie op haar eigen begrippen en bewijsgronden. De poging die de Verlichting was om de rationaliteit van het rationalisme op deze aarde te doen neerdalen, met name ten behoeve van de burgerij, stimuleerde de wiskunde-beoefening en inspireerde tot mathematisering. Haar ongeduldige en in naam anti-speculatieve effectbejag had een aantal praktische toepassingen van wiskunde dichterbij gebracht. Toepassingen in de scheepsbouw reikten verder dan het theoretische bouwwerk van de mechanica; die in het samenstellen van sterrekundige almanakken voor de scheepvaart verder dan de astronomie. De Verlichting had bovenal op een scala van gebieden van menselijk doen de potentiële toepasbaarheid van wiskunde aangewezen. Op het terrein van techniek, van inrichting en bestuur van de samenleving, van economie, van organisatie van de productie had het werk van Condorcet, Adam Smith⁷ en anderen laten zien dat de zaken zich als structuren lieten beschrijven, c.q. ontwer-

- 6 Gerolamo Saccheri (1667-1733) publiceerde in 1733; Karl Friedrich Gauss (1777-1855) correspondeerde erover, maar zag af van publicatie; Nikolai I. Lobachevsky (1793-1856) schreef erover in 1829 en Johann Bolyai (1802-1860) in 1832. De inaugurale rede van G. Bernhard Riemann (1826-1866) in 1854 wordt beschouwd als het moment van algemene acceptatie. Het verhaal van de niet-euclidische meetkunde wordt weergegeven in vrijwel alle overzichten over de geschiedenis van de wiskunde, bijvoorbeeld gedetailleerd en in zijn ideeënhistorische context in: [Kline 1980 p.69 ff.] *Mathematics. The Loss of Certainty* /Morris Kline. Oxford etc.: Oxford UP, 1980.
- 7 Het artikel 'Mathématique sociale' van Jean Maritat Marquis de Condorcet (1743-1794) werd postuum gepubliceerd in 1795. [Granger 1956] *La mathématique sociale du Marquis de Condorcet* /Gilles-Gaston Granger. Paris: PUF, 1956.
[Smith 1776] *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* /Adam Smith, London: Strahan and Cadell, 1776 (Repr. in 2 vols. edited by R.H. Campbell, A.S. Skinner, W.B. Todd. Oxford: Clarendon Press, 1976).
Naast Smith' ideeën over politieke economie zijn die over arbeids-deling invloed-rijk geweest, ook op het maken van wiskundige berekeningen bij Prony en Babbage. [Grattan-Guinness 1990a] 'Work for the Hairdressers. The Production of De Prony's Logarithmic and Trigonometric Tables' /Ivor Grattan-Guinness. In: *Annals of the History of Computing* 12 (1990), pp. 177-185.

pen, en volgens die beschrijving beheersbaar zouden zijn. Daar waren de aanzetten tot mathematisering gegeven. Mathematisering was evenzeer het uitgangspunt van de empiristen onder de verlichtingsdenkers, als van de meer theoretische rationalisten; de empirische gegevens waarop zij zich wilden oriënteren, waren gemathematiseerde gegevens.

Het speculatieve denken had niet werkelijk afgedaan. In de *Encyclopédie*, een van de symbolen van Verlichting, poogden Diderot en de zijnen alle kennis in één systeem samen te brengen⁸. Daarnaast nam het speculatieve denken een nieuwe, aardse gestalte aan: de utopie werd van de gedroomde stad uit de vroegmoderne tijd tot een ontwerp voor een stad en voor een samenleving. De speculaties hadden niet langer betrekking op een volmaakte, zij het ideële wereld, maar op een bereikbare betere wereld, een ideale wereld.

Empirisme noch Verlichting trokken de kern van de metafysica van de moderne natuurwetenschap in twijfel, de aanname dat de dingen zich afdoende zouden laten kennen aan hun structurele aspecten. Integendeel, ten eerste hevelde men deze aanname over naar andere terreinen, naar de hele werkelijkheid; ten tweede trok men de consequentie uit wat besloten lag in het experimentele karakter van de natuurwetenschap sinds Galilei, namelijk dat de zo gekende dingen zich ook zouden laten beheersen. Dit betekende dat de 'idéologues'⁹ van de Franse Verlichting en de vroege Revolutie er – ongeacht de politieke strekking van hun ideologieën en utopieën – een ideologie van mathematisering op nahielden en een utopie van technisch uit te buiten mathematisering. En tegen deze achtergrond was het mathematiseringsimperialisme van een aantal wiskundigen, met name dat van Condorcet gevolgd door dat van Laplace in zijn *Essai philosophique*¹⁰, niet

8 [Encyclopédie 1751] *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* /D. Diderot (red). (28 vols) 1751-1765.

Hegels radicaal speculatieve reactie tegen het verlichtingsdenken is in dit verband te zien als een reactie tegen de ondoordachte willekeur van het samenbrengen in een systeem. Zijn *Logik* is een poging om al datgene wat voor de menselijke geest verschijnt te doordenken als voor de geest noodzakelijk samenhangend. Zijn systeem hoeft men in tegenstelling tot dat van de encyclopedisten, niet per se als een mathematisering op te vatten, mits men zich laat overtuigen dat de noodzakelijkheid van de samenhang op ieder punt een immanente noodzakelijkheid is. [Hegel 1812] *Wissenschaft der Logik* (2 Tle)/G.W.F. Hegel. Hamburg: Felix Meiner, 1975 (oorspr. Berlin, 1812). [Hegel 1817] *Encyklopädie der philosophischen Wissenschaften* (3 Tle)/G.W.F. Hegel. Frankfurt: Suhrkamp 1970 (oorspr. Berlin, 1817)

9 Vergelijk [Schubring 1981 p.122] 'The Conception of Pure Mathematics as an Instrument in the Professionalization of Mathematics'/Gert Schubring. In: [Social 1981 pp.111-134] *Social History of Nineteenth Century Mathematics* /Herbert Mehrtens, Henk Bos and Ivo Schneider (eds.). Boston etc: Birkhäuser, 1981.

10 Pierre Simon Laplace 1749-1827 was vooraanstaand wiskundige, in analyse en hemelmechanica, en grondlegger van de waarschijnlijkheidsrekening. [Laplace 1792] *Traité de mécanique céleste* /P.S. Laplace. Paris, 1792-1805 [suppl. 1823]. [Laplace 1812] *Théorie analytique des probabilités* /Pierre Simon Laplace. Paris, 1812.

zo verwonderlijk. Het was evenwel niet dit denken dat terugkeerde in de toegepaste wiskunde. In haar emancipatie wendde de wiskunde, inclusief de toegepaste, zich juist af van mathematiseringstendensen.

2.1.a Zuivere wiskunde en toegepaste wiskunde

De wiskunde maakte zich los uit de natuurfilosofie, zoals de eenheid met de natuurwetenschappen toen werd opgevat, en het werd duidelijker wat wiskunde eigenlijk was. Dit was de emancipatie rond 1800¹¹. Hoofdfresultaat was de zuivere wiskunde, waarvoor Cauchy's *Cours d'analyse* uit 1821¹² lange tijd het toonbeeld was. Met diens werk zouden de strenge bewijsvoering, *rigor*, en de helderheid in begrippen en presentatie, die zich reeds bij Lagrange en Gauss aangekondigd hadden¹³, voorgoed hun stempel op de wiskunde gedrukt hebben – *zouden*: de stelligheid van de geschiedschrijving van de wiskunde op dit punt maant tot enige voorzichtigheid. Afgezien van de precieze invloed van Cauchy is wel duidelijk dat zich binnen de wiskunde een zelfreflectie voltrok uitmondend in een herbepaling van object en methode. Het zekerheidskarakter van wiskundige waarheden¹⁴ werd nader beschouwd. Niet alleen verdienen

[Laplace 1814] *Essai philosophique sur les probabilités* / Pierre Simon Laplace. Paris, 1814¹; 1825²; Paris: Gauthier-Villars, 1921.

- 11 De term 'emancipatie' komt van Struik '... zeker is dat de zich nieuw ontwikkelende wiskunde zich langzamerhand van de oude traditie emancipeerde, waarbij mechanica en astronomie als een soort einddoel in de ontwikkeling der exacte wetenschappen werden beschouwd'. [Struik 1990 p.191] *Geschiedenis van de wiskunde* / D.J. Struik. Utrecht-Antwerpen: Het Spectrum (Aula), 1990 (herziening en uitbreiding van ed. 1965). [Struik 1948 p.201] *A Concise History of Mathematics* / D.J. Struik. New York: Dover Publ., 1948. Het was Berghuys die het begrip 'emancipatie' verhief tot eerste karakterisering van de betreffende episode [Berghuys 1952 p.29] *Grondslagen van de aanschouwelijke meetkunde* / J.J.W. Berghuys (diss. UvA). Groningen-Djakarta: P. Noordhoff, 1952.
- 12 A.-L. Cauchy (1789-1857) beheerste voor een groot deel van zijn carrière het toneel van de Franse wiskunde. Zijn werk en daaruit voortvloeiend gezag en zijn machtspositie binnen die wereld hebben veel gedaan voor de acceptatie van de nieuwe stijl van wiskunde-beoefening.
[Cauchy 1821] *Cours d'analyse* / A.-L. Cauchy. Paris, 1821.
[Cauchy 1823] *Résumé des leçons données à l'Ecole Royale Polytechnique* / A.-L. Cauchy. Paris, 1823. Vergelijk ook:
[Epistemological 1981] *Epistemological and Social Problems of the Sciences in the Early Nineteenth Century* / H.-N. Jahnke and M. Orte (eds.). Dordrecht etc: Reidel, 1981.
[Social 1981]
- 13 J.L. Lagrange (1736-1813) komt hieronder nog uitgebreid ter sprake.
C.F. Gauss (1777-1855) zette met zijn in 1801 verschenen *Disquisitiones arithmeticae* de toon voor een oeuvre in uiterst moderne wiskunde. Op de inhoud ervan wordt tot vandaag toe teruggerepen; niet geheel zeker is de invloed van zijn stijl van werken in zijn eigen tijd. Cauchy's 'syllabus' daarentegen vond onmiddellijk navolging.
- 14 Aan de waarheid van de waarheden werd niet zozeer getwijfeld, maar aan de grond van hun zekerheid. Lakatos' grandioze reconstructies van achttiende- en negentiende-eeuwse ont-

resultaten een bewijs, vond men, de in de bewijsvoering gehanteerde argumenten en begrippen dienden ontdaan te worden van onzuivere elementen. Gauss symboliseerde dit aspect van emancipatie door tot driemaal toe een nieuw bewijs voor de hoofdstelling van de algebra te geven.

Wiskunde in het verlichtingsdenken: voorbij Bernals paradox

De geschiedschrijving van de wiskunde is eenstemmig in het signaleren van de ingrijpende verandering rond 1800: een wending naar strengheid, naar wiskunde omwille van zichzelf, naar wiskunde-beoefening als beroep, kortom naar zuivere wetenschap. Ze laat ons in de steek, ook de recente 'social history', waar het gaat om het begrijpen van de wending juist deze kant uit. Bernal, en met hem Schubring, karakteriseert het begin van de negentiende eeuw althans als een paradox.

'At the time when science should have been most obviously connected with the development of the machine age, arose the idea of pure science.'¹⁵

Hoe paradoxaal het is, hangt er natuurlijk maar van af welke connectie men had willen zien.

'De nieuwe onstuimige bloei van de wiskunde berustte niet zo zeer op de technische problemen die de industrie stelde,'¹⁶

zegt Struik onder verwijzing naar de relatief geringe bijdrage van Engeland, 'het hart van de industriële revolutie', aan de wiskunde.

Het is dan ook minder vruchtbaar het verband tussen wiskunde en industriële revolutie aan de oppervlakte te zoeken, in een eventueel toepassen van wiskunde. Het verband ligt in de achterliggende werkelijkheidsopvatting. Deze interpretatie grijpt terug op de rol van het wiskundig denken in het verlichtingsdenken en keert vervolgens terug naar de wiskunde en de doorwerking van de Verlichting in de beoefening van deze wetenschap.

wikkelingen in de wiskunde zijn al te rationeel, waar ze stilzwijgend uitgaan van een constructivistische visie op de wiskunde. Deze visie veronderstelt een relativering van wiskundige waarheid en dat is een twintigste-eeuwse verworvenheid; het past niet op de opvattingen en motieven van de mensen in die tijd.

Over Cauchy en het continuüm met name 'Appendix I' in:

[Lakatos 1976] *Proofs and Refutations. The Logic of Mathematical Discovery* /Imre Lakatos (ed. by John Worrall and Elie Zahar). Cambridge etc.: Cambridge UP, 1976.

[Lakatos 1978 Ch.3] *Mathematics, Science and Epistemology. Philosophical Papers Vol. 2* /Imre Lakatos (ed. by John Worrall and Gregory Currie). Cambridge etc.: Cambridge UP, 1978.

15 [Bernal 1963 p.29] *The Social Function of Science* /J.D. Bernal. Cambridge (Mass), 1963. Ook aangehaald in [Schubring 1981 p.111].

16 [Struik 1990 p.191]



Allegorische voorstelling van de triomferende intocht van de meetkunde in de mechanische ambachten, verbeeld door W. Ryff in zijn Perspectiva in 1547.

Dit denkbeeld werd door De Fontenelle en anderen in de Verlichting geëxtrapoleerd en gecanoniseerd.

In eerste instantie kende het verlichtingsdenken de wiskunde op een veel breder gebied, ja ten aanzien van het leven zelf, de centrale plaats toe, die ze in de natuurwetenschap al innam. Welke kennis en welke argumentatievorm immers deed zich universeler en onpersoonlijker voor, en was daardoor meer geschikt om traditie te vervangen als grond voor gezag en macht, dan die van de wiskunde? Of het nu primair de opkomende burgerij was die in het aanroepen van de Rede een argument vond om overgeleverde autoriteit in twijfel te trekken, of de aristocratie die een hernieuwde legitimatie van haar macht zocht, is voor het vervolg minder belangrijk. In ieder geval had de positie van de aristocratie iets van haar vanzelfsprekendheid verloren. Groeiende aantallen burgers bereikten het ambtelijk en militair kader en ook de wetenschapsbeoefening¹⁷.

17 Wat betreft de toegang tot de academische wiskunde-beoefening merkt Scharlau op dat carrières in het begin van de negentiende eeuw als van Gauss, afkomstig uit een provincie-stadje, van Steiner, een boerenzoon, en van Abel, zoon van een dominee op het Noorse platteland, honderd jaar eerder ondenkbaar zouden zijn geweest. [Scharlau 1981 p.335] 'The Origins of Pure Mathematics' /Winfried Scharlau. In: [Epistemological 1981 pp.331-347]



Nicolaas Struyck (1687-1769) verbreedde de geometrische geest door bijdragen aan de berekening van lijffrenten en de politieke rekenkunde.

Een van de elementen die toegang en gezag verschaften was kennis van wiskunde. De wiskunde werd niet langer alleen bestudeerd door mensen die het zich konden permitteren, rijken en geestelijken die zich min of meer naar believen in een onderwerp konden verdiepen, maar ook al oefenend verworven door grotere groepen die op grond van deze kunde iets anders wilden bereiken. Wiskunde werd een disciplinerings-element in de West-Europese beschaving. Men stelde het zichzelf als eis, als element van zelfrespect en om respect af te dwingen. Een zekere beheersing van het wiskundig denken werd gaandeweg op steeds meer terreinen een voorwaarde om volwaardig mee te doen. Van verworvenheid werd het een drempel in de toegang tot onderwijs en ambten. De nieuwe rol van de wiskunde werd het duidelijkst geïnstitutionaliseerd in Frankrijk in de militaire scholen en later in de propaedeuse van de Ecole Polytechnique. Het wiskunde-onderwijs is sindsdien alleen maar uitgebreid en voor meer en meer maatschappelijke posities als voorwaarde gesteld: het behoort tot de *stille* ideologie van deze beschaving.

De stille ideologie was wel ergens op gebaseerd. Tenslotte dankten de mechanica, de astronomie en de optica hun successen in de moderne tijd voor een flink deel aan de inbreng van het wiskundig denken. Weliswaar mondden deze successen niet zozeer uit in technische toepassingen, de gelijktijdige ontwikkeling van de techniek is niet wel denkbaar zonder de inspiratie van de natuurfilosofie. Juist in dit verband is de anekdote illustratief van Frederik de

Grote die Euler vroeg een fontein te ontwerpen voor zijn buiten Sanssouci¹⁸. Dat het ding, een hevelmechanisme, niet werkte en Frederik ingaf de wiskunde voor ijdelheid der ijdelheden uit te maken, is niet zo verwonderlijk – welke technisch ontwerp werkt er immers bij eerste uitvoering? Veelzeggend daarentegen is de verwachting van de opdrachtgever ten aanzien van het werk van de wiskundige en het vertrouwen van de wiskundige dat zijn tekening en berekening rechtstreeks tot tastbaar resultaat zouden leiden.

Intussen verschaften technische verworvenheden, die een enkele keer direct – zoals de almanakken –, veelal indirect gerelateerd waren aan het beoefenen van wiskunde, de bezitter ervan wel degelijk macht. Een mooi voorbeeld is het appel op overwegingen van waarschijnlijkheidsrekening bij de vaststelling van lijfrentepolissen, een techniek die werd aangewend voor de staatsfinanciering van de Republiek der Verenigde Nederlanden. Het werk van Johan de Witt, Nicolaas Struyck en Willem Kersseboom was een voorbode van het veelvuldig optreden van wiskundigen als overheidsadviseur in de negentiende eeuw.

Technisch vernuftig, bijzonder effectvol en zeer gewild waren de wetenschappelijke experimenten die in allerlei genootschappen voorgetoverd werden¹⁹. Ze verrieden dat er nog een andere gedachtengang gekoesterd werd, de *luidruchtige* ideologie van de Verlichting. Het idee van een eenzinnige rede die de hele werkelijkheid blootlegt aan het verstand, en die zich bedient van de wiskunde als kennisverwervend instrument, was niet voorbehouden aan de achttiende eeuw. Descartes verwoordde het in zijn *Regulae*²⁰, waarin hij ook zijn concept van een *mathesis universalis* ontvouwde. Dit idee, noch de voorstellen om bijzondere gebieden van de wereld of het leven met behulp van wiskunde of op de wijze van de wiskunde, ‘more geometrico’, te verkennen, waren specifiek voor de Verlichting. Wat het verlichtingsdenken eraan toevoegde, was de gedachte van onmiddellijke realisatie ervan. In de praktijk hield deze gedachte een dubbel streven in: ten eerste zulke kennis te verwerven, liefst gisteren nog, en ten tweede de wereld te herscheppen naar de verworven inzichten. De ‘philosophes’ ontwierpen zich een redelijke wereld, een staat, een mens, een leven, een mensenleven dat doorzichtig en hanteerbaar was. Het ideaal van de redelijkheid werd in deze wereld geprojecteerd. De utopie verschoof van ‘nergenshuizen’

18 [Briefwissel 1911 III p.1427] *Briefwissel Friedrich des Großen mit Voltaire* /R. Koser und H. Droysen (Hrsg.). Leipzig: Publikationen aus den K. preußischen Staatsarchiven 86, 1911.

19 [Mijnhardt 1987] *Tot nut van 't menschedom. Culturele genootschappen in Nederland, 1750-1815* /W.W. Mijnhardt. Amsterdam: Rodopi, 1987.

20 [Descartes 1701] *Regulae ad directionem ingenii* /René Descartes. In: *Oeuvres de Descartes* /Adam et Tannery (eds.). Paris: Cerf, 1908. Tome X pp.359-469. I.h.b. p.378. Oorspr. uitgeg. in: *Opuscula posthuma physica et mathematica*. Amsterdam, 1701. Geschreven rond 1628.

naar 'nieuwe uitleg'. Zo was een criterium gegeven voor de voortgang van het menselijk bestaan, voor vooruitgang, namelijk voortschrijdende beheersing.

De wiskunde nam in deze luidruchtige ideologie van de Verlichting wel een centrale plaats in, met het axiomatisch bouwwerk van de euclidische meetkunde als manifestatie van de rede en met de mechanica als toonbeeld van een redelijke werkelijkheid, van toepassen was echter geen sprake. Ten eerste was er geen *toepassen* van het één, rationele kennis, op een daarvan onderscheiden ander, de werkelijkheid. Een van de meest karakteristieke elementen van het verlichtingsdenken was nu juist dat de werkelijkheid zelf als helder en rationeel werd gedacht, en dat omgekeerd de redelijkheid werd gedacht als iets van de orde van de werkelijkheid. Een projectie zou men dat kunnen noemen, geen toepassing.

Toepassing van *wiskunde* waren de ontwerpen van de redelijke mens, de redelijke opvoeding of de redelijke regering al helemaal niet²¹. Toch werden al deze redelijke dingen gedacht als bestaand, althans bestaanbaar – dat wil zeggen van de orde van de werkelijkheid. De werkelijkheid werd opgevat als in principe van redelijkheid doortrokken en langs die weg kenbaar en beheersbaar. Deze redelijkheid was de redelijkheid van de wiskunde. Met andere woorden, de werkelijkheidsopvatting van de verlichtingsfilosofen was een gemathematiseerde werkelijkheidsopvatting. Wat bij Descartes een droom²² was, was bij de ander van de Verlichting, Bernard de Fontenelle, een ontwerp, een projectie.

'De geest van de geometrie zit niet zo vast aan de meetkunde dat hij er niet van zou kunnen worden losgemaakt en overgebracht op andere kengebieden. Een werk op het gebied van de ethiek, de politiek, de kritiek, wellicht zelfs op het terrein van de welsprekendheid wordt er onder gelijke omstandigheden mooier op, wanneer het van de hand van een wiskundige is. De orde, de helderheid, de beknoptheid en de nauwgezetheid die sinds enige tijd in de betere boeken waar te nemen zijn, konden wel eens hun oorsprong vinden in deze geest van de geometrie, die zich meer dan ooit verbreidt, en die op een of andere manier zelfs geleidelijk doordringt tot degenen die van de meetkunde geen weet hebben. Soms zet iemand de toon voor een tijdperk, een groot man; degene die we met het meeste recht de eer kunnen geven dat hij een nieuwe kunst van oordelen heeft ingevoerd, was een uitmuntend geometer.'²³

- 21 Het ontwerp van een redelijke natuur was dat in zekere zin wel, namelijk voorzover de wiskunde onderscheiden was van de natuurfilosofie: strikt genomen ook pas later in de tijd.
- 22 Over Descartes' droom: [Davis/Hersch 1986] *Descartes' Dream* /Philip J. Davis and Reuben Hersch. Harcourt Brace Jovanovich, 1986. (Ned. vert. Utrecht: Contact, 1987). Davis en Hersch missen overigens het onderscheid tussen toepassen van wiskunde en mathemativering.
- 23 'L'Esprit Geometrique n'est pas si attaché à la Geometrie qu'il n'en puisse être tiré, & transporté à d'autres connoissances. ...' N.B. 'Wiskunde' en 'wiskundig denken' zijn de gangbare Nederlandse uitdrukkingen nu. De vertaling wil uitdrukken dat het de meetkunde was die destijds het beeld van wiskunde bepaalde en de ideologische lading droeg. [Fontenelle 1702 p.14] *Histoire du renouvellement de l'académie royale des sciences en*

De Fontenelle deed meer dan het canoniseren van de opvattingen van Descartes. Hij gaf ook aan dat het veeleer de geest van de wiskunde was dan de wiskunde die zich verbreidde.

De paradox van Bernal lost zich dus op in de continuïteit van de geschiedenis. Wiskunde was en bleef een geloofsartikel, casu quo een artikel in de geloofsbriefen voor een carrière; het wiskundig denken speelde wel degelijk een rol in de ontwikkeling van de techniek en in de ideologie van de Verlichting, zij het op het vlak van werkelijkheidsopvatting, door mathematisering. Op dit vlak lag de voornaamste verbinding, zoals De Fontenelle aanwees, en deze bestond al langer. De connectie was veel te innig om 'obvious' te zijn.

2.1.b Doorwerking van de Verlichting in de wiskunde-beoefening:

Lagrange

Dat de achttiende eeuw de eeuw van de Rede mag heten, is omdat de Rede gedacht werd van deze werkelijkheid te zijn; ze hoefde slechts te voorschijn geroepen te worden, of, wat de samenleving betreft, slechts uitgeroepen te worden. De plaats van het wiskundig denken in die visie op redelijkheid maakt het engagement van de Franse wiskundigen begrijpelijk. Hun betrokkenheid beperkte zich niet tot het filosofische vlak. Zij lieten zich op hoog niveau met de politiek van de Revolutie en de daaropvolgende imperiale ondernemingen in en verwierven groot aanzien. Zo verdiende Carnot bij de Assemblée de eretitel 'l'organisateur de la victoire'²⁴.

Er was een continue overgang van het werk in de wiskunde en mechanica en astronomie naar het mechanicisme en, algemener, naar een wiskundig geïnspireerd rationalisme. Voltaire, Diderot, Lamettrie of d'Holbach gelden primair als filosofen. Hun werk laat zich bezwaarlijk los zien van dat van d'Alembert, Condorcet, Lagrange en Laplace die tegelijk wiskundige en filosoof waren. In de achttiende eeuw was de wiskunde niet wezenlijk onderscheiden van de mathematische wetenschappen, mechanica, astronomie en optica, en stond ze in open verbinding met een mathematiseringsimperialisme. Lagrange protesteerde. Hij poogde te breken met die open eenheid van natuurfilosofie. Hij was daarmee een sleutelfiguur in de overgang naar negentiende-eeuwse noties van zuivere wetenschap. Aan ontwikkeling van de opvattingen van Lagrange laat zich de doorwerking van de Verlichting op de wiskunde-beoefening dan ook goed illustreren.

M.DC.XCIX (1699) et les éloges historiques de tous les académiciens morts depuis ce Renouveau. Avec un discours préliminaire sur l'utilité des Mathématiques et de la Physique /B. de Fontenelle. Paris, 1702/Amsterdam: Chez Pierre de Coup, Marchand Libraire à côté de la Maison de ville, 1709.

24 Vgl. [Boyer 1939 p.257] *The Concepts of Calculus* /C.B. Boyer. s.l.: Hafner, 1949 (1939). [Grattan-Guinness 1990b] *Convolution in French Mathematics, 1800-1840* (3 Vols) /I. Grattan-Guinness. Basel: Birkhauser, 1990.

Joseph Louis Lagrange (1736-1813) werd op zeer jonge leeftijd, in 1755, hoogleraar in de wiskunde in zijn geboortestad Turijn. Frederik de Grote haalde hem in 1766 naar Berlijn als opvolger van Euler in de Academie. Na de dood van Frederik in 1786 vestigde Lagrange zich in Parijs. Het revolutionair elan inspireerde hem tot een tweede carrière als succesvol docent aan de Ecole Normale en de Ecole Polytechnique. De leerboeken die hij daarvoor schreef vervulden in zekere zin de opdrachten die hij eerder als Berlijns academicus in de vorm van prijsvragen van de Academie aan de wiskundige wereld had gesteld, de opdrachten namelijk een metafysica-vrije fundering van de mechanica te bieden.

De wiskunde stond in de tijd van Lagrange nogal onder druk 'van buiten', ten eerste onder druk van de verwachting een stevige fundering van de mechanica en de astronomie te bieden (*principia mathematica*), ten tweede onder druk van de aanspraak om de Rede te verankeren en te vrijwaren van theologische en metafysische elementen (*more geometrico*). De wiskunde zou met zijn principes en zijn voorbeeldige werkwijze een invulling kunnen geven aan de analyse. Zo werd het hanteren van wiskundige technieken, onder meer infinitesimaalrekening, een hoofdbetekenis van analyse. Dit rekenwerk was belast met de verwachting van een rationele ontrafeling en metafysica-vrije verklaring van de verschijnselen, te beginnen bij die van de natuur. Vooral Berkeley²⁵, echter, had de natuurfilosofen onbarmhartig herinnerd aan deze pretentie door hen voor de voeten te werpen dat de oneindig kleine grootheden waarmee vrijelijk gerekend werd, niet minder metafysisch waren dan mysterie en geloof.

De analyse in algemene zin van rationele werkelijkheidsverklaring zette zich voort in de analytische filosofie. Analyse in de specifieke zin van de toen gangbare techniek van ontbinding en beschrijving in termen van differentiaal- en integraalvergelijkingen werd onder de naam analyse²⁶ een regulier onderdeel van de wiskunde en is sindsdien hoofdbestanddeel van dit vak gebleven. Bij Lagrange scheidden zich de wegen. Aan de ene kant voltooidde hij in zijn *Mécanique analytique*²⁷ Newtons opzet van een volledig analytische behandeling van

25 [Berkeley 1734] *The analyst – or a discourse addressed to an infidel mathematician. Wherein it is examined whether the object, principles, and inferences of the modern analysis are more distinctly conceived, or more evidently deduced, than religious mysteries and points of faith. 'First cast the beam out of thine own eye; and then shalt thou see clearly to cast out the mote out of thy brother's eye'* / George Berkeley. 1734. In: *The Works of George Berkeley* (Vol I-IV) / A.C. Fraser (ed.). Oxford, 1901. Vol III.

De titel maakte al duidelijk dat Berkeley de newtonianen confronteerde met Descartes' beroep op 'idées claires et distinctes'.

26 In de Angelsaksische literatuur: calculus. Juist in de achttiende eeuw hadden de termen 'analyse' en 'calculus' niet dezelfde strekking. Analyse had de natuurfilosofische ondertoon, terwijl calculus sinds Leibniz stond voor de daaraan dienstbare wiskunde *sec*: de differentiaal- en integraalrekening. Vgl. bijv. [Boyer 1939] of [Edwards 1979] *The Historical Development of the Calculus* / C.H. Edwards. New York: Springer, 1979.

de mechanica. Hij stond met beide benen in de Verlichting. Aan de andere kant brak hij met het mathematiseringsimperialisme en ging hij filosofische discussies uit de weg: 'Je ne sais pas', moet zijn standaardreactie zijn geweest²⁸. Met deze nuchterheid plaatste Lagrange zich buiten het verlichtingsdenken.

Lagrange was er trots op de mechanica te presenteren in een boek zonder plaatjes, zonder beroep op aanschouwing of waarneming²⁹, dat wil zeggen, zonder beroep op meetkundige intuïtie of fysische empirie. Hij vermeed het bijvoorbeeld 'kracht' als basisbegrip in te voeren. Op zijn vanuit de wiskundige theorie opgebouwde weergave gaat de (theoretische) mechanica terug, zoals die tot voor kort aan vele universiteiten en hogescholen tot de wiskunde werd gerekend en door wiskundigen werd gedoceed.

Lagrange behandelde de mechanica en de calculus nog in elkaars verlengde, maar in zijn poging beide te zuiveren van onbetrouwbare elementen, te weten metafysica en waarneming, reduceerde hij ze tot wat naar latere begrippen, die mede uit zijn aanpak voortkwamen, puur wiskunde was. Dat zijn kritisch onderzoek zich uitstrekke tot de calculus, wellicht ook in reactie op Berkeley, lag in de lijn van de Verlichting en onderscheidde hem er tegelijk van. De eenheid van de natuurfilosofie en de bestrijding van de metafysica waren hem door de Verlichting aangereikt. Er was dan ook geen reden om voor de calculus halt te houden. Lagrange was hiermee wel radicaler dan de 'philosophes' voor wie de wiskunde, met name de meetkunde, een ankerplaats voor de Rede was. Een omkering van hun positie was dit nog niet, want wat hij onder de loep nam, was niet de wiskunde, het waren de wiskundige wetenschappen, de gemengde wiskunde. Pas het resultaat van zijn zuivering zou wiskunde zijn.

Schreef Lagrange nog in 1759 aan Euler dat hij de elementen van de differentiaal- en integraalrekening had uitgewerkt, ten behoeve van zijn studenten aan de militaire school van Turijn, en zelfs 'de ware metafysica van hun principes, voor zover dit mogelijk is' had ontvouwd, in 1772 had hij bewust en expliciet gebroken met dergelijke funderingspogingen. Toen stelde hij zich ten doel de behandeling van differentiaal- en integralen terug te voeren op algebra en deze zo 'onafhankelijk [te maken] van iedere metafysica en iedere theorie van oneindig

27 [Lagrange 1788] *Mécanique analytique* /J.L. Lagrange. 1788 (repr.ed. *Oeuvres de Lagrange* Vol XI).

[Boudri 1994] *Het mechanische van de mechanica. Het krachtbegrip tussen mechanica en metafysica van Newton tot Lagrange* /J. Christiaan Boudri (diss. UT). Delft: Eburon. 1994.

28 [Grabiner 1981] 'Changing Attitudes toward Mathematical Rigor. Lagrange and Analysis in the Eighteenth and Nineteenth Century' /Judith V. Grabiner. In: [Epistemological 1981 p.311-330].

29 Berghuys wijst erop dat er tussen waarneming en aanschouwing geen duidelijk onderscheid werd gemaakt, hetgeen er veel toe heeft bijgedragen de aanschouwelijkheid in de wiskunde in diskrediet te brengen. Pas bij Kant vinden we een 'reine Anschauung' als basis voor wiskundig inzicht. [Berghuys 1952 p.28]

kleine en verdwijnende grootheden.³⁰ Zulke grootheden waren precies het mikpunt geweest van Berkeleys kritiek: dat de calculus toch correcte resultaten opleverde, zou wel komen door ‘compensation of errors’.

Dat wat wel genoemd wordt de ‘algebraïsche reductie’ of ‘arithmetisering’ van Lagrange bestond erin dat hij niet langer Newtons fysisch geïnspireerde introductie van de *differentiaal* van een functie volgde, maar de *afgeleide* functie bij een functie *definieerde* met behulp van reeksontwikkelingen. De colleges voor de Ecole Polytechnique waren voor hem uiteindelijk de aanleiding om zich zijn programmatische uitspraken en oproepen zelf aan te trekken en de hele calculus met al zijn resultaten te herschrijven op deze nieuwe basis. In 1797 verscheen zijn *Théorie des fonctions analytiques*³¹. Lagrange had wel telkens uitdrukkelijk zijn eigen positie ingenomen, maar pas in het voorwoord van dit boek ging hij de discussie met andere opvattingen over de fundering van de calculus aan, nu kennelijk zeker van zijn zaak. In 1788 gebruikte hij bij zijn analytische behandeling van de mechanica nog de ‘ouderwetse’ infinitesimalen. In het voorwoord van de tweede druk van de *Mécanique analytique* merkte hij op dat de gebruikte calculus streng algebraïsch gefundeerd *kon* worden. Daarmee had hij in zijn eigen ogen het project van zuivering van de mathematische wetenschappen van metafysische elementen voltooid.

Het gaat er hier niet om te peilen hoe monumentaal en hoe feilbaar het werk van Lagrange is geweest. Het formaat van zijn *Mécanique analytique* en *Théorie des fonctions analytiques* staat buiten kijf. Voor de overweging van dit hoofdstuk is van belang dat hij in de traditie van de verlichtingsfilosofie stond en, één lijn daaruit radicaal doortrekkend, een gezuiverde analyse aanleverde waarop

30 [Lagrange 1759] brief aan Euler, 24 november 1759. In: *Oeuvres de Lagrange* Tome XIV, p.173.

[Lagrange 1772] ‘Sur une nouvelle espèce du calcul relatif à la différentiation et l’intégration des quantités variables’ /J.L. Lagrange. In: *Nouv. Mem. Berlin* 1772. p.185-221 (repr. ed. *Oeuvres de Lagrange* Tome III, p.439-476). Beide plaatsen geciteerd naar [Grabiner 1981 p.317,320].

De mededeling aan Euler toonde overigens al wat in zijn latere opstelling nog duidelijker werd, namelijk dat Lagrange afstand hield van de opvattingen over de ‘metafysica van de calculus’, zoals die sinds de debatten rond de introductie van de infinitesimaalrekening in Frankrijk (rond 1700) opgeld deden. Zie daaromtrent: [Mancosu 1989] ‘The Metaphysics of the Calculus. A Foundational Debate in the Paris Academy of Sciences, 1700-1706’ /Paolo Mancosu. In: *Historia Mathematica* 16 (1989), pp. 224-248. [Blay 1986] ‘Deux moments de la critique du calcul infinitésimal: Michel Rolle et George Berkeley’ /M. Blay. In: *Revue d’Histoire des Sciences* 39 (1986), pp. 223-253.

Christiaan Boudri laat mijn inziens op overtuigende wijze zien dat Lagranges opmerking aan Eulers adres ironisch bedoeld zal zijn geweest. Boudri legt nauwkeurig de vinger op de metafysische (in eigenlijk filosofische zin) veronderstellingen die Lagrange impliciet maakt [Boudri 1994 p.241 e.v.].

31 [Lagrange 1797] *Théorie des fonctions analytiques* /J.L. Lagrange. Paris, 1797 (repr. ed. *Oeuvres de Lagrange* Tome IX).

Cauchy, Bolzano en anderen konden voortbouwen om te komen tot een strenge en zuivere wiskunde.

Misschien was het filosofische belangstelling, misschien gewoon een strijd tegen vaagheid en onbetrouwbaarheid, misschien was het een verlicht streven de mathematische wetenschappen te vrijwaren van ieder ander gezag dan de rede; het inspireerde Lagrange in ieder geval tot het uitbannen van wat hij zag als elementen van waarneming of van metafysica. De zuiveringsactie op zich sloot aan bij de Verlichting, de consequentie ervan niet meer. In de luidruchtige ideologie van de Verlichting was Lagrange toch al nooit geïnteresseerd geweest, noch in het mathematiseringsimperialisme, noch in pogingen om meer terreinen onder de mathematische wetenschappen te laten ressorteren. Zijn aandacht was naar binnen gericht. Hij voltrok, en dat plaatste hem buiten de Verlichting, een reflectie op het vak. Praktisch gezien bewerkstelligde hij een synthese en een herschrijving van de mechanica en van de differentiaal- en integraalrekening. Deze reflectie op de mathematische wetenschappen resulteerde in een terugtrekken op datgene wat geen externe criteria behoeft, op een zuivere wetenschappelijkheid. De uitkomst van deze beweging ging nu gelden als de nieuwe karakterisering van wiskunde: zuivere wiskunde. Bij Lagrange, gevangen als hij was in de eenheid van de mathematische wetenschappen, had dit terugtrekken nog de vorm van een regelrecht reductionisme – als had hij een program van Descartes uit te voeren. Zijn opvolgers konden een gezuiverde analyse onderscheiden, een werkterrein dat naar hun inzicht zonder beroep op metafysica of empirie bestudeerd kon worden, en waarvan Lagrange had laten zien dat het bestond. Zij hadden een hernieuwde afbakening voor de wiskunde in handen. In deze zin bouwden negentiende-eeuwers als Cauchy, Bolzano en Weierstraß voort op Lagrange in hun creatie van de zuivere wiskunde.

Scheidslijn

De zuivere wiskunde ontstond binnen de eenheid van mathematische wetenschappen. Er was geen tegenstelling tot of afkeer van toepassingen, integendeel. De gezuiverde wiskunde stond nu op zichzelf, welonderscheiden van andere gebieden, zodat er vanaf dat moment pas sprake kon zijn van toepassing van het een op het ander.

Toegepaste wiskunde was primair toegepaste zuivere wiskunde en ontstond hand in hand met de zuivere wiskunde. Wat buitengesloten werd, was niet het toepassen, maar het mathematiseren. Het nieuwe van de zuivere wiskunde was het adagium dat ten bewijze van wiskundige beweringen een beroep op de waarneming of op metafysische inzichten werd afgewezen. Men slaagde erin een terrein af te bakenen van wiskundig toelaatbare argumentaties. Van deze consensus over de middelen verschaft Cauchy een toonbeeld. Dat er later is afgedongen op sommige van Cauchy's stellingen en zelfs op zijn bewijsvoeringen, doet aan de paradigma-status van zijn *Cours d'analyse* niets af. Hij liet zien:

zó bewijst men in de wiskunde. Met enige overdrijving spreekt men van de tweede geboorte van de wiskunde. De eerste had zich getoond bij de Grieken in het axiomatisch bouwwerk van de euclidische meetkunde.

Het object van de wiskunde lag intussen niet meer vast. Descartes had met zijn *mathesis universalis* al gemorreld aan de status van getal en figuur als laatste object van wiskundig denken. Nu het zijn natuurfilosofische binding met de empirie had verloren, raakte het wiskundig object in de loop van de negentiende eeuw op drift; of anders gezegd, het ontplooidde zich in een ongekende rijkdom van variaties.

De naar binnen gerichte reflectie op de mathematische wetenschappen, waarvoor onder anderen Lagrange de richting had aangegeven, zou later door Abel, Bolzano en, tegen het midden van de negentiende eeuw, vooral door de Duitse wiskundigen omgezet worden in mathematische reflecties op het object van wiskunde; in wiskundige zelfreflectie zou men kunnen zeggen. Dit leverde de spreiding en gelaagdheid op die in de twintigste eeuw zo karakteristiek zou worden voor het werkterrein van de zuivere wiskunde. Het was wel zo dat de zuivere wiskunde zich op deze manier gaandeweg zou verwijderen van de toegepaste; een wezenlijke tegenstelling was deze afstand niet. In wisselwerking verbonden traden beide in de vroege negentiende eeuw toe tot het domein van de zuivere wetenschap.

Het toepassen van wiskunde stond nog in het teken van het galileïsche idee dat het boek van de natuur is geschreven in de taal der wiskunde. Wiskunde kon zonder meer als waarheidbrenger te hulp geroepen worden. Was de goede, geschikte wiskunde erbij gehaald, dan bestond aan de waarheid van de aldus geformuleerde kennis geen twijfel³². Toepassen was het nadoen van bepaalde als wiskundig correct ingeziene werkwijzen op fysische objecten, alsof het wiskundige objecten waren. Het toepassen kon dan ook sterk eenzijdig vanuit de wiskunde bekeken worden.

‘Toegepaste wiskunde’ was het werkterrein van toepassen binnen de mathematische wetenschappen. Daar kon men zich permitteren de objecten te behandelen alsof het mathematische objecten waren; daarheen kon men de in de wiskunde gevonden samenhangen en overgangen transponeren, zelfs zonder de wiskundige onderbouwing ervan te imiteren. Het onderscheid tussen toegepaste wiskunde enerzijds en mechanica en mathematische fysica anderzijds was niet altijd even scherp. Terwijl het object van wiskunde voorwerp was geworden van steeds verdergaande reflectie, begon het eigenlijke object van de fysica en de andere mathematische wetenschappen te lijden onder een zekere verdoezeling³³.

32 Het besef was wel aanwezig dat het een benaderen van de werkelijkheid betrof. De astronomie kende al iets van foutenberekening. C.F. Gauss gaf een strenge formulering van de methode der kleinste kwadraten.

De opkomst van zuivere en toegepaste wiskunde, hier nagegaan aan de hand van het voorbeeld van Lagrange, ging gelijk op met een stringentere greep van het wiskundig denken op de toepassingsgebieden, de mathematische wetenschappen³⁴. Na de mathematisering, die bij Galilei zijn beslag had gekregen, werd er nu bijna helemaal wiskunde van gemaakt, met een lelijk woord: 'mathematificatie'. Daar kwam de echte scheidslijn te liggen: tussen de wetenschappen die zich voegden naar de stringente mathematische behandeling en de overige kengebieden. De natuurkunde, mechanica, optica en de sterrekunde vielen binnen de mathematische wetenschappen, de overige, in het algemeen de studie van het levende, erbuiten: de biologie, de farmacie, de medische wetenschap en de politieke en economische wetenschap. De politieke rekenkunde, de farmacie, delen van biologie en medische wetenschap, de opkomende chemie behoorden wel tot het brede veld van kennis waar mathematisering bezig was zich te voltrekken. Ze waren voorwerp van het verlichte mathematiserings-imperialisme, maar de open verbinding met de mathematische wetenschappen was verbroken. De voortzetting van de praktische wiskundes in de ingenieurswetenschappen nam een bijzondere plaats in, omdat hier als eerste de zuivere wiskunde een nieuwe, propaedeutische rol speelde: de stille ideologie voortgezet op nieuwe basis. In hoofdstuk zes wordt deze geschiedenis verder uitgewerkt.

Waar Diderot en d'Alembert nog samen aan de *Encyclopédie* werkten, daar bleken de latere Laplace, Comte, Malthus, Quetelet en Say een andere traditie te vestigen dan Cauchy, Fourier en Gauss.

Een blik op Laplaces *Essai philosophique* geeft al snel enig idee waarom hij, die grote invloed had gehad in de Ecole Polytechnique en zeer gewaardeerd werd om zijn *Mécanique celeste*, zich buiten de nieuwe kring van wiskundigen rond Cauchy plaatste.

'Bijna al onze kennis is slechts waarschijnlijk; en bij de paar dingen die we met zekerheid kunnen weten, bij de mathematische wetenschappen zelf, berusten de voornaamste middelen om de waarheid te bereiken, inductie en analogie, op waarschijnlijkheid, [...]' Terwijl:

'Alle gebeurtenissen, zelfs die die door hun nietigheid niet schijnen te malen om de grote natuurwetten, zijn een even noodzakelijk gevolg van deze wetten als de omwentelingen om de Zon.'³⁵

33 Vgl. [Boudri 1994]. Het protest tegen de verdoezeling, c.q. het vasthouden aan het primaat van het fysisch inzicht, heeft geleid tot vernieuwing in de rol van de wiskunde; vgl. ook hieronder §2.3.a.

34 De term 'mathematische wetenschappen' bleef zeker in Frankrijk in zwang. In Duitsland leken de aanduidingen, 'reine' en 'angewandte Mathematik' te overheersen, hoewel ook daar vanaf 1900 de *Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften – mit Einschluß ihrer Anwendungen* verscheen.

35 [Laplace 1814 p.5; 6]

Het stugge determinisme, dat hier werd verwoord, zal al geen gemeengoed meer zijn geweest; de zuiver en toegepast wiskundigen waren vooral niet meer geïnteresseerd in ‘alle’ kennis, ze hadden zich juist teruggetrokken op eigen terrein. Laplace daarentegen spiegelde zijn lezers een intelligentie voor die op zeker moment alle krachten zou kennen die de natuur bezielen en de onderlinge posities van alle wezens waaruit de natuur is samengesteld. Als die intelligentie uitgebreid genoeg was, stelde hij, om al die gegevens aan de *Analyse* te onderwerpen, dan zou deze in een en dezelfde formule alle bewegingen vatten: toekomst en verleden tegenwoordig hebben.

‘De menselijke geest biedt in de volmaaktheid die hij aan de astronomie heeft weten te geven, een vage aftekening van die intelligentie.’ [...]

‘Deze gerichtheid [om de menselijke geest dichter bij die intelligentie te brengen] is eigen aan de menselijke soort en verheft hem boven de dieren; vooruitgang op dit vlak maakt het verschil uit tussen de ene natie en de andere, tussen de ene periode en de andere, geeft ze hun ware luister.’³⁶

In vergelijking hiermee gaf hij de introductie bij de toepassingen van waarschijnlijkheidsrekening op ‘politieke en morele’ kwesties een opvallend ingehouden toon. Terwijl het toch een van zijn hoofddoelen van het *Essai philosophique* en de *Théorie analytique des probabilités*³⁷ was om deze gebieden te betrekken bij de mathematische wetenschappen, formuleerde hij niet meer dan een appèl.

‘Laten we op de politieke en morele wetenschappen de methode gebaseerd op waarneming en berekening toepassen, de methode die ons in de natuurwetenschappen zulke goede diensten heeft bewezen. Laten we vooral geen nutteloze en dikwijls gevaarlijke weerstand bieden aan de onvermijdelijke gevolgen van de “*progrès des lumières*”; [...]³⁸

De tegenstelling tussen Laplace en Cauchy³⁹ kan model staan voor de scheiding der wegen van enerzijds het mathematiseringsstreven – een streven dat in het verlichtingsdenken imperialistische vormen had aangenomen – en anderzijds de zuivere en toegepaste wiskunde-beoefening. Pas in het midden van de twintigste eeuw zouden beide tradities weer samenkomen.

36 [Laplace 1814 p.7; 8]

37 [Laplace 1814] resp. [Laplace 1812]

38 [Laplace 1814 p.132-133] Laplace liet er overigens onmiddellijk een politiek statement op volgen, een waarschuwing tegen bruuske verandering van instituties en gewoontes.

39 [Schneider 1987] ‘Laplace and thereafter. The Status of Probability Calculus in the Nineteenth Century’ /Ivo Schneider. In: [Krüger e.a. 1987 pp.191-214] *The Probabilistic Revolution*, Vol. I, *Ideas in History* /Lorenz Krüger, Lorraine J. Daston and Michael Heidelberger (eds.). Cambridge (Mass.): MIT Press, 1987.

2.1.c Onderzoek

Forschung, research of onderzoek was de stijl van wetenschapsbeoefening die in de eerste helft van de negentiende eeuw opkwam. Uiterlijke kenmerken waren enigszins vergelijkbaar met tendensen tot professionalisering in diezelfde tijd: het ontstaan van een minder of meer gesloten beroepsgroep, met specifieke opleidingen, met beroepsverenigingen, met vaktijdschriften. Lintsen heeft dit uitgebreid beschreven voor de opkomst van de Nederlandse waterstaatingenieurs, Homburg voor de Duitse 'Chemiker'⁴⁰. Het gaat in deze paragraaf meer om de inhoudelijke kenmerken, in het bijzonder de verandering in het perspectief van waaruit wetenschap werd beoefend⁴¹.

De Verlichting was een tijdperk geweest van academies en genootschappen – in de Republiek natuurlijk genootschappen: het Wiskundig Genootschap 'Een onvermoeide arbeid komt alles te boven' (1778) en het genootschap Felix Meritis (1787) zijn alleen al om de naam mooie voorbeelden⁴². Het was een zaak van oprechte liefhebbers, dienend tot vermaak en nuttige lering. In vergelijking hiermee waren het in de negentiende eeuw de professionals die toesloegen. In de loop van de eeuw ontstonden instituten met vakbibliotheken, spe-

40 [Lintsen 1980] *Ingenieurs in Nederland in de negentiende eeuw. Een streven naar erkenning en macht* /Harry Lintsen. 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1980.

[Homburg 1993] *Van beroep 'Chemiker'. De opkomst van de industriële chemicus en het polytech-nische onderwijs in Duitsland (1790-1850)* /Ernst Homburg (diss. KUN). Delft: Delftse Universitaire Pers, 1993.

41 Homburg behandelt dit voor de chemie kort in zijn hoofdstuk 8 [Homburg 1993 p.253 e.v.]. Voor de wiskunde geeft Schubring het meest indringende beeld:

[Schubring 1981] 'The Conception of Pure Mathematics as an Instrument in the Professionalization of Mathematics' /Gert Schubring. In: [Social 1981 pp.111-134].

[Schubring 1991a] *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs im 19. Jahrhundert* /G. Schubring, Weinheim: Deutscher Studienverlag, 1991².

[Schubring 1991b] *'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt. Universitätsreform und Disziplinenbildung im Preußen als Modell für die Wissenschaftspolitik im Europa des 19. Jahrhunderts* /G. Schubring (Hrsg.), Stuttgart: Steiner, 1991.

[Schubring 1991c] 'Spezialschulmodell versus Universitätsmodell. Die Institutionalisierung von Forschung' /G. Schubring in [Schubring 1991b pp.276-326].

42 [Mijnhardt 1987]

[Haafden 1923] *Het Wiskundig Genootschap. Zijn oudste geschiedenis, zijn werkzaamheden en zijn beteekenis voor het verzekeringswezen* /M. van Haafden. Groningen: Noordhoff, 1923.

[Heijden e.a. 1987] *Felix Meritis 1787-1987* /Chris van der Heijden e.a. Amsterdam: Uniepers, 1987.

[Snelders 1983] 'Het Departement Natuurkunde van de Maatschappij van Verdiensten Felix Meritis in het eerste kwart van zijn bestaan' /H.A.M. Snelders. In: *Documentatieblad Werkgroep Achttiende Eeuw XV* (1983), pp. 197-214.

[Mijnhardt/Wichers 1984] *Om het algemeen volksgeluk. Twee eeuwen particulier initiatief, 1784-1984* /W.W. Mijnhardt & A.J. Wichers [Gedenkboek van de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen]. Edam: Maatschappij tot Nut van 't Algemeen, 1984.

cial kabinetten en zelfs laboratoria. Vaktijdschriften verdrongen de berichten van de academies en de verslagen van de genootschappen van de eerste plaats. Er verschenen catalogi van bibliotheken, bibliografieën van vakgebieden en referaatijdschriften⁴³. Het oudst bekende referaatijdschrift is het *Chemisches Zentralblatt*, dat in 1830 voor het eerst werd uitgegeven onder de titel *Pharmaceutisches Centralblatt*⁴⁴.

Het verlichte vooruitgangsgeloof had zijn hoop mede gevestigd op deze moderne, gemathematiseerde wetenschap. Omgekeerd gold nu ook een vooruitgangsidee ten aanzien van de wetenschap zelf. Ieder nieuw resultaat werd gezien als een toevoeging aan het geheel van kennis. De gestage uitbreiding en onophoudelijke herziening maakte dat men niet meer naar 'de wetenschap' kon vragen, maar telkens opnieuw de 'stand der wetenschap' moest vaststellen. Het state-of-the-art-artikel was de twintigste-eeuwse consequentie. De wiskundigen beproefden in de loop van de negentiende eeuw nog de omvattende bibliografie. De DMV, Deutsche Mathematiker Vereinigung, schiep echter vanaf haar oprichting in 1890 een nieuwe traditie met de publicatie van overzichtsartikelen over deelgebieden van de wiskunde in haar *Jahresberichte*⁴⁵.

De verandering in de wiskunde stond niet op zichzelf. De wetenschapsopvatting maakte als geheel een ingrijpende verandering door rond 1800. Een 'totale Umorientierung' noemt Diemer het.

'Was tot dan toe de wetenschap in zekere zin "van boven" opgehangen en bestond haar wezenlijke fundering in het terugvoeren tot en afleiden uit absolute axioma's etc., nu ligt het fundament beneden. Daarmee wordt alles wat tot dusver genomen werd als secundair en uiterlijk voor de "eigenlijke wetenschap", primair en fundeerd; heel de rest is intussen alleen nog maar "bovenbouw".'⁴⁶

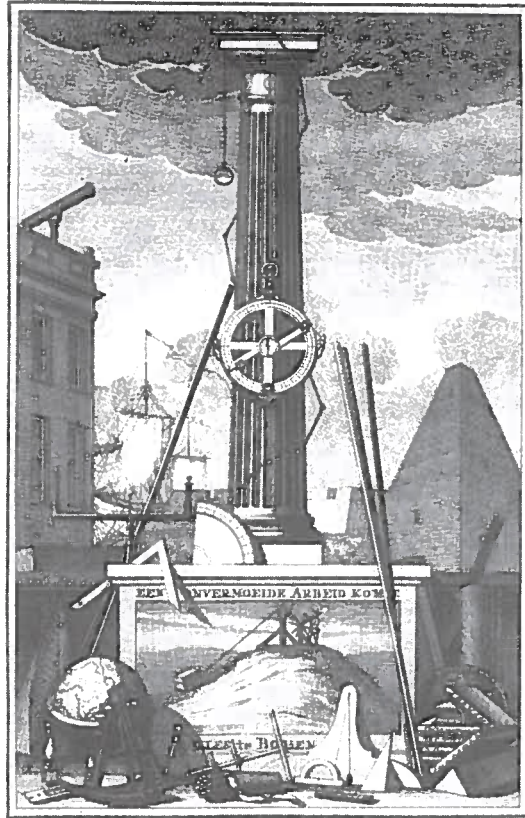
De opkomst van het positivisme, met zijn poging tot reductie op het feitelijke, met zijn verwachting dat de regelmatigheden zich rechtstreeks uit de feiten zouden laten aflezen, was één van de tendensen, naast andere. Het waarheidsbegrip verschoof van evidentie naar een, te verifiëren, zekerheid. Dit impliceerde een afbraak van de metafysische instanties. Kennis van axioma's of principes had in

43 [Schneiders 1982] *De bibliotheek- en documentatiebeweging 1880-1914. Bibliografische ondernemingen rond 1900* / Paul Schneiders (dissertatie UvA). Hilversum: bij de auteur, 1982.

44 [Pflücke 1929] 'Das Chemische Zentralblatt beginnt seinen 100. Jahrgang' / M. Pflücke. In: *Chemisches Zentralblatt* 100 (1929), p.1-2.

45 [Tobies 1987] 'Zu Veränderungen im deutschen mathematischen Zeitschriftenwesen um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert (Teil II)' / Renate Tobies. In: *NTM-Schriften. Gesch. Naturwiss., Technik, Med.* 24 (1987), pp.31-49.

46 [Diemer 1968 p.38] 'Die Begründung des Wissenschaftscharakters der Wissenschaft im 19. Jahrhundert – die Wissenschaftstheorie zwischen klassischer und moderner Wissenschaftskonzeption' / Alwin Diemer. In: *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert I/A*. Diemer (Hrsg.), (Studien zur Wissenschaftstheorie Band 1). Meisenheim am Glan: Verlag Anton Hain, 1968, pp.3-62.



De zinspreuk van het Wiskundig Genootschap was een voorbeeldige afspiegeling van het verlichtingsdenken. De ets vertoont alle mogelijke mathematische instrumenten; rond de zuil zijn een ketting om afstanden te meten en andere landmetersinstrumenten gedrapeerd.

de oude, scholastische opvatting gelegen buiten de afzonderlijke wetenschappen, die een *scientia ex principiis* waren en dus geen *scientia principiorum*. In de moderne tijd won de opvatting veld dat deze principes mathematisch van aard zouden zijn; bij Galilei was deze opvatting impliciet, bij Newton expliciet. De kennis van de principes werd nu wel direct in het verlengde van de wetenschappen gezocht. Niet alleen speculatie, ook experiment kon toegang geven tot kennis van de principes. De aspiratie echter om een omvattende kennis te vinden, een wereldformule, was overeind gebleven van Descartes via Leibniz tot Hegel en Laplace. Het was die aspiratie die in de negentiende eeuw door Comte en de zijnen metafysisch en onbescheiden werd gevonden. De omwenteling bestond erin dat men in plaats van te zoeken naar betrekkelijke, want menselijke en dus gebrekkige kennis van het absolute, nu streefde naar absolute kennis van het betrekkelijke, dat wil zeggen onbetwistbaar, maar met betrekking tot details. Men was nu gehouden om zonder die grote aspiraties te zoeken naar controleerbare kennis, die niet anders dan kennis van deelgebieden van de werkelijkheid kon zijn. In beide gevallen was het beroep op het wiskundig denken groot, de uitwerking was verschillend. De mathematische structuur van de werkelijkheid te

zoeken was bepaald een andere onderneming dan mathematische formuleringen te gebruiken voor kennis van deelgebieden.

Het karakter van de absoluutheidsaanspraak van wetenschap veranderde. Kennis had een 'absoluut' karakter gehad in de zin dat het een mathematische versie van 'wezensinzicht' verwoordde, zo deel was van de kennis van het absolute en op grond daarvan universeel. In de negentiende eeuw ging 'absoluut' betekenen dat een uitspraak altijd en overal geldig moest zijn: een aards, zo men wil 'semantisch', criterium.

De positivistische vooronderstelling geen vooronderstellingen te maken, funderde op haar beurt een notie van vrijheid van wetenschap. Dit maakt het begrijpelijk dat vakgebieden zich verzelfstandigden en een eigen specifieke methodologie en reflectie ontwikkelden. Daarmee, ten slotte, kwam het zwaartepunt van het criterium van wetenschappelijkheid op de vraagstelling te liggen in plaats van op het resultaat.

Er voltrok zich een reflectie op de wetenschap die erin resulteerde dat kennis meer dan voorheen *gesteld* werd, gesteld als weergave van een, van die kennis onderscheiden werkelijkheid. Wetenschap werd onderzoek leidend tot uitspraken over de werkelijkheid. De kern van de nieuwe wetenschapsopvatting was dat er tussen object en kennis impliciet⁴⁷ een subject werd geschoven: de waarnemer en weergever. Was de geleerde, die de voorafgaande periode symboliseerde, een kennisdrager; zijn plaats werd ingenomen door de onderzoeker die zich niet zozeer door parate kennis als wel door een 'wetenschappelijke' houding als waarnemer en weergever onderscheidde.

Wiskundig onderzoek

De wiskunde-beoefening volgde in deze ontwikkeling. Voor de rol van het wiskundig denken reikten bovendien de consequenties veel verder dan voor de wetenschap in het algemeen, omdat niet alleen in de wiskunde-beoefening zelf het onderzoek ingang vond, maar met de introductie van onderzoek in de wetenschapsbeoefening ook de rol van het wiskundig denken veranderde. Een eerste stimulans voor het wiskundig onderzoek was juist het hoger onderwijs. Met name dat aan de Ecole Polytechnique leverde niet zomaar een reeks leerboeken op; het dwong de wiskundigen delen van hun vak als geheel te overzien en zich te bezinnen op de wijze van presenteren. Het perspectief van praktisch nut dat in de napoleontische tijd al vervaagd was, verzonk er na 1815 in de horizon. Monge werd zonder staatseer begraven. Het wiskunde-onderwijs aan de Grandes Ecoles was teruggebracht tot een propaedeuse zonder verbinding met de

47 Impliciet: de rol van waarnemer en weergever was in deze negentiende-eeuwse visie nog volkomen eenduidig, namelijk het correct weergeven van de feiten. Incorrectheid was de enig denkbare overtreding en kwam te staan op uitsluiting uit het boek van wetenschappelijke resultaten. Pas in een reflectie van later datum op het waarnemen en op het weergeven als zodanig werd deze rol expliciet.

overige lessen. Bovendien bemoeide de generatie van Cauchy zich niet meer met staatszaken. Dankzij de leerstoelen in het hoger onderwijs was er nu een circuit van professionals die zich geheel aan het vak konden wijden.

Dit was één stap in de richting, maar de stijl van werken die onderzoek zou gaan heten ontstond, net als het begrip 'Forschung' zelf, pas eigenlijk in diezelfde na-napoleontische periode in Duitsland⁴⁸. Daar had Von Humboldts streven om de universele en alzijdig beschaafde geleerde te herstellen inderdaad praktische consequenties, consequenties die juist iets nieuws teweegbrachten. De eenheid van *Forschung und Lehre* werd gepredikt, omdat ze niet bestond. De universitaire leerstoelen kregen uitdrukkelijk een onderzoeks- naast een onderwijscomponent en zelfs de *Gymnasiallehrer* werden geprest door middel van publicaties blijkt te geven van hun actieve deelname aan de wetenschap. Aan het te bestuderen thema werden weinig beperkingen opgelegd: het moest blijken van eruditie, niet zozeer van nuttigheid. Het voorbeeld van de filologie gold als een navolgenswaardige werkwijze en inderdaad werden de klassieken van de wiskunde kritisch herlezen. Maar, zoals te verwachten, leverde de interpretatie van wat die 'eigenlijk' gezegd zouden hebben, nieuwe wiskunde op. Behalve bij Cauchy en Gauss lag wellicht bij dit voorbeeld van de filologie een bron van de stijl van werken van het zuiver wiskundig onderzoek, met zijn in autonomie gestelde, aan de wiskunde zelf ontleende, opdracht en met zijn reflexieve, herinterpreterende tendens die telkens nieuwe begrippen opleverde. Het was de dubbele autonomie van deze stijl, namelijk vrij gekozen thematiek en zelfreflexieve inhoud, die zich verzette tegen iedere inbreuk of richtinggeving van buiten. In later tijd kon in de voortzetting van deze stijl iets als toepassingsgerichtheid licht geassocieerd worden met vuile handen, met afbreuk aan de academische vrijheid.

Het stellend karakter, het doen van uitspraken, trad in de wiskunde sterker dan in enige andere wetenschap naar voren, zij het nog niet in de expliciete vorm van de latere constructivistische opvatting van wiskunde. De relativisering van wiskundige waarheid trad duidelijk voor het voetlicht bij Riemann die in zijn *Habilitationsvortrag* van 1854 niet meer sprak van de axioma's, maar *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*.

De conceptuele ontwikkeling naar een nieuwe stijl van wetenschapsbeoefening maakte de wiskunde gelijktijdig met de andere wetenschappen door. De meer uiterlijke kenmerken van onderzoek, die in deze discipline de gestalte aannamen van de vorming van kabinetten, instituten en bibliotheken, vertoonden de wiskunde pas tegen het eind van de negentiende eeuw. Toen ontstonden ook de modellenverzamelingen, de leeskamers, de nationale beroepsverenigingen en de internationale vaktijdschriften; ze waren aan het begin van de

48 [Schubring 1991c; 1981]

eeuw voorafgegaan door de bibliografieën in boekvorm en Crelle's *Journal für die reine und angewandte Mathematik*.

Wiskunde in het onderzoek

In onderzoek in het algemeen verschoof de inbreng van de wiskunde naar de buitenkant. Dat wil zeggen, de bestaande wiskunde of het daartoe ontwikkeld wiskundig instrumentarium diende meer en meer als een uitdrukkingmiddel voor wetenschap. De onderzoeker gebruikte de stenografie van de wiskundige formulering. En dat was het type toepassing dat anderhalve eeuw toegepaste wiskunde kenmerkte. Het was de taak van de toegepast wiskundige de geschikte wiskundige samenhang te formuleren en te bewijzen, opdat de onderzoeker er de in zijn wetenschap gevonden samenhang in zou kunnen uitdrukken. Karakteristiek onderscheid met de vroegere wetenschapsbeoefening was het verzwijgen van de ontologische aanname: wat de onderzoeker in feite stilzwijgend deed, of voorgaf te kunnen doen, was het imiterend uitvoeren op zijn objectgebied van de wiskundige samenhang die in de formule was uitgedrukt. Karakteristiek onderscheid was ook het groeiend besef van het niet samenvallen van wetenschappelijke uitspraak en werkelijkheid. Men *benaderde* de werkelijkheid in plaats van haar zonder meer weer te geven. Uitdrukkelijk gebeurde dit in het numeriek rekenwerk en in de eerste aanzetten tot foutenberekening. Hier kwam expliciet naar voren dat de wiskunde als meetinstrument functioneerde.

In de voorafgaande natuurfilosofie daarentegen had de wiskundige denkwijze juist de kern gevormd in het streven naar waarheid. In de *mathesis universalis* van Descartes, of in de *sciences mathématiques* van de *philosophes* moest een axiomatisch geraamte naar het voorbeeld van de meetkunde juist de weg openen naar de structuur van wezensinzichten. Deze wetenschap werd geacht universele uitspraken te doen, universeel in de zin van wezensinzichten. Dergelijke uitspraken lieten zich niet toepassen in de zin die daaraan na 1800 werd gegeven, hooguit herhalen voor het individuele geval.

Singuliere uitspraken waren voorheen niet tot de wetenschap in strikte zin gerekend. De *sciences mathématiques* zouden algemene uitspraken doen. Hun vorm van toepassing was toespitsing op speciale omstandigheden en werd na 1800 wel tot wetenschap, dat wil zeggen tot onderzoek, verheven.

Newtons *Principia* en Lagranges *Mécanique analytique* speelden een dubbelrol. Terwijl de titel al duidelijk maakte dat Newton erop uit was wezensinzicht te verschaffen, terwijl hij de euclidisch-deductieve wijze van presentatie zo ver mogelijk volgde, waren naar zijn inzicht de principes, en daarmee het wezenlijke, zelf wiskundig van aard. De grootste invloed van zijn werk ging evenwel uit van de wiskundige uitdrukkingmiddelen, in het bijzonder de fluxierekening. Dezelfde combinatie – het wezenlijke willen verwoorden, het wezenlijke identificeren met het wiskundige en de stoot geven tot het ontwikkelen van wiskundige formuleringen – toonde zich nog scherper bij Lagrange. Dankzij beider werk konden de negentiende-eeuwse toepassers voorbijgaan

aan de vraag naar zoiets als het wezen van de dingen en zich concentreren op de formules.

Het jaartal 1800 is telkens aangehaald als omslagpunt, als globaal houvast voor het aanduiden van de veranderingen in wetenschapopvatting die zich aankondigden in de *Encyclopédie*, en die we als voltooid kunnen beschouwen op hetzelfde moment, tegen het midden van de negentiende eeuw, waarop de Duitse wetenschapsbeoefening de Franse begon te overvleugelen. Op één punt, de rol van het wiskundig denken, kunnen we stilliger zijn. Gauss publiceerde zijn dissertatie *Disquisitiones arithmeticae* uit 1799 in 1801. Het werk was traditioneel in de keuze van taal, het Latijn, nieuw in de stijl die reeds bij Gauss mede gekenmerkt werd door introspectie. Hier mag men tegen inbrengen dat dit een enkelvoudig aanknopingspunt is, dat het het eerste werk betreft van zo'n wiskundige van het type dat niet anders kan dan zijn tijd vooruit zijn, en dat de gehanteerde stijl een intern kenmerk is. Maar die stijl weerspiegelde nu juist een andere visie op het vak die hoorde bij een veranderde rol. Ook los van deze uiting bij Gauss zijn er voor de verandering in de rol van de wiskunde herkenningpunten rond 1800.

De rol die de geometrie nog voluit vervulde in het verlichtingsdenken, die van ongerefecteerd voorbeeld voor theorie op andere gebieden, variërend van natuurwetenschap tot samenlevingsideaal, vond zijn eindpunt in de ondergang van het revolutionaire bewind van de Franse Revolutie, 1799. Het rationalisme dat meende met alleen dit toe te kunnen, ging aan de poging tot realisatie te gronde. Het voorbeeld zelf, het axiomatisch bouwwerk van de euclidische meetkunde, werd overigens tezelfdertijd van binnenuit gerelativeerd. Het voorbeeld én het naïef volgen van het voorbeeld waren ontkracht.

2.2 Toegepaste wiskunde en de relativeringen

Het eerste beeld van toegepaste wiskunde was toegepaste analyse, het werkterrein van differentiaal- en integraalvergelijkingen binnen de mathematische wetenschappen. Het ging in het toepassen, gezien vanuit het perspectief van de wiskunde, om het nadoen van een wiskundige samenhang op een objectgebied buiten de wiskunde. Gezien in de relatie tot de werkelijkheid, ging het om een benaderen van de empirie. Waarheid was het criterium en tot waarheid kon worden besloten, wanneer overeenstemming tussen mathematische weergave en meetresultaten was bereikt.

Waarheid was voordien niet criterium maar uitgangspunt geweest. Waarheid stoelde in de verlaten opvatting op de evidentie van axioma's of principes; aan de in de wiskunde of naar het voorbeeld van de wiskunde uitgedrukte inzichten in de structuur van de werkelijkheid was een hoger realiteitsgehalte toegekend dan aan de waarnemingsgegevens. De werkelijkheidsbenadering was ten opzichte daarvan radicaal van richting veranderd en bood nu het kader van zingeving voor het toepassen van wiskunde. Het werd werkelijk opgevat als een benaderen van de werkelijkheid, alsof mathematisch geformuleerde uitspraak en werkelijkheid van dezelfde soort waren en naar believen naar elkaar toe gebogen konden worden. De toegepaste wiskunde werd geïnspireerd door het streven naar een zo groot mogelijke uitdrukingskracht ten aanzien van empirische gegevens. Het zuiver wiskundige werk van Cauchy in de analyse had zo zijn tegenhanger in de toegepaste wiskunde van Fourier, die door Navier als volgt werd gekarakteriseerd.

'De resultaten die zojuist uiteengezet zijn, zijn verkregen door middel van partiële differentiaalrekening, een van de vruchtbaarste en voor de natuurfilosofie nuttigste takken van de wiskundige analyse. Ik heb de integratiemethoden gebruikt die zijn bedacht door de heer Fourier, naar aanleiding van zijn onderzoek naar de theorie van warmte, en die een waardevol hulpmiddel bieden voor de oplossing van een groot aantal belangrijke vragen.'⁴⁹

Het paradigma van de toegepaste analyse bleef globaal intact tot het midden van de twintigste eeuw. Intussen werd wel het beeld van verschillende kanten ondergraven. De praktijk van het toepassen in diverse deelgebieden gaf aanzetten te zien tot een andere wijze van bruikbaar maken van het wiskundig denken. Een aantal auteurs, wiskundigen en toepassers, relativeerden het concept van toegepaste wiskunde, overigens zonder tot een nieuw begrip te komen.

Deze paragraaf belicht het overheersende beeld van toegepaste analyse in contrast: aan hand van de afwijkende ontwikkelingen. Die spatten alle kanten uit. Het toepassen waaierde uit naar nieuwe domeinen en het bestaande toepas-

49 [Navier 1823 p.14] *Rapport à Monsieur Becquey, conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines; et Mémoire sur les ponts suspendus* /C.L.M.H. Navier. Paris: Imprimerie Royale, 1823¹; Paris: Carilian-Goëury, 1830².

sen veranderde van karakter. Telkens waren er facetten die niet pasten in het paradigma van toegepaste wiskunde, facetten die te denken gaven over het begrip 'toepassen'. Des te opvallender was de convergentie in werkwijzen en de terugkerende consensus in opvattingen in de jaren vijftig (§2.3).

De volgende deelparagrafen laten de afwijkende ontwikkelingen binnen verschillende toepassingsgebieden zien en brengen zo het paradigma van toegepaste wiskunde in beeld, aan de hand van de grenzen ervan. In de relaties met achtereenvolgens de natuurwetenschap, de techniek en andere wetenschappen toonde zich in uiteenlopende vorm de beperking van het concept van toegepaste wiskunde. De hoofdstroom van het toepassen in de natuurkunde stootte op de onhoudbaarheid van het eenvoudige denkbeeld van benaderen (§2.2.a); het idee van wetenschappelijke theorie als metafoor bracht hier maar gedeeltelijk soelaas. Mathematische reflectie op het benaderen bood weliswaar een theorie van approximaties, met name van toepassing in de technische wetenschappen, maar leverde conceptueel niets dan een verdubbeling van de problematiek op (§2.2.b). De pogingen tot kwantificeren door tekenen, tellen en schatten lieten nog eens zien dat het idee toegepaste wiskunde zich niet zonder meer liet overbrengen naar andere domeinen. Schatten was net als approximatie een mathematische reflectie op het benaderen (§2.2.c).

2.2.a Benadering: klassieke toegepaste wiskunde

Het traditionele gebied van de toegepaste wiskunde en haar werkwijze is blijven bestaan, ook na 1950. In de wiskundige literatuur wordt het sindsdien soms aangeduid met de noemer 'klassieke' toegepaste wiskunde⁵⁰, hetgeen op zichzelf weer een teken is dat het om een verlaten paradigma gaat. Die aanduiding neem ik hier over.

In principe gaat het om een nadoen van een in de wiskunde gevonden samenhang op een, gemathematiseerd, gebied van toepassing. In principe: het imiteren gebeurt in de praktijk natuurlijk precies niet. De mathematiseringsveronderstelling dat het nadoen mogelijk is, wordt gemeenlijk zo begrepen dat het niet hoeft te worden uitgevoerd. Hooguit bij het ontsluiten van een nieuw domein van toepassing wordt de mogelijkheid aangewezen en onder woorden gebracht. Een verhelderende uitzondering biedt Destouches in zijn *Qu'est-ce que la physique mathématique?*, maar die maakt dan ook, in reactie op het verlies van paradigma, werk van het onderscheid tussen theoretische fysica, mathematische fysica en toegepaste wiskunde.

50 Om een enkel voorbeeld te noemen: [Pollak 1977 p.233] 'The Interaction between Mathematics and other School Subjects' /H.O. Pollak. In: *New Trends in Mathematics Teaching* Vol IV (prepared by the International Commission on Mathematics Instruction, ICMI). Paris: UNESCO, 1977; pp.232-248. Onduidelijk is wanneer de toevoeging 'klassiek' of 'traditioneel' voor het eerst opduikt. Nog niet in [Proceedings 1954].

‘Vroeger werd de mathematische fysica gekarakteriseerd door verwante types vergelijkingen, tweede orde lineaire partiële differentiaalvergelijkingen, waarvan ze de oplossingen bestudeerde. Slechts enkele geleerden begaven zich in deze discipline, die erg speculatief van aard was en er de lastigste stukken van de analyse bij haalde. Tegenwoordig, met de ontwikkeling van de wetenschap en het toenemend belang van haar toepassingen, wordt dit vak, op zijn minst bepaalde onderdelen, onmisbaar voor de fysici en de ingenieurs. De bouw van kerncentrales, bijvoorbeeld, heeft de analytische warmtetheorie uiterst actueel gemaakt; de ingenieurs die zulke centrales bouwen maken voortdurend gebruik van de formules van deze theorie en moeten de vergelijkingen daaruit oplossen met behulp van elektronische rekenmachines.’⁵¹

De gebruikelijke gang is dat de wiskundig ingeziene overgangen van de ene uitdrukking naar de andere eenvoudig ingevoegd worden in de natuurkundige redenering. Het betreffende wiskundig inzicht is voor de gelegenheid geformuleerd en behoort tot de eigenlijke toegepaste wiskunde, de toegepaste analyse. Dit inzicht kan wel een verbijzondering zijn van een bewezen stelling uit de analyse, dat hoeft niet. De toepassing heeft genoeg aan het inzicht, hoe voorlopig dat inzicht ook mag zijn en wacht niet per se op het bewijs. Zo gebeurde het dat Fourier vanuit de toepassing Cauchy kon confronteren met een tegenvoorbeeld tegen diens idee van convergentie van reeksen en continuïteit van functies⁵².

Niettegenstaande het feitelijk achterwege laten van het nadoen, niettegenstaande de schijn van voortzetting van de achttiende-eeuwse identificatie van wiskunde en mathematische wetenschappen, werd het onderscheid tussen beide niet alleen in gedachten maar ook in de praktijk aangehouden.

‘De meeste vraagstukken met betrekking tot de beweging van lichamen zijn zo ingewikkeld dat niet alle onderdelen ervan met de calculus gevat kunnen worden; dit soort onderzoek vereist een bijzondere techniek die erin bestaat de op te lossen vraagstukken te vervangen door andere vragen die daarvan zo weinig mogelijk verschillen, maar waarop de calculus wel toegepast kan worden. Naarmate de analyse volmaakter wordt, lost men vragen op die steeds dichterbij de te bestuderen verschijnselen liggen: al leveren de oplossingen geen resultaten die de werkingen in de natuur helemaal dekken, ze werpen ten minste veel licht op de wetmatigheden van die werkingen. Deze techniek wordt aldoor gebruikt; maar dikwijls heeft men onvoldoende gelet op het verschil dat bestond tussen de verschijnselen en de aan de analyse onderworpen hypothesen, en heeft men teveel vertrouwen en gezag gehecht aan de rekenresultaten.’⁵³

51 [Destouches 1967 p.7] *Qu'est-ce que la physique mathématique? I* Jean-Louis Destouches. Paris: Gauthier-Villars (*Traité de physique théorique et de physique mathématique XVIII*), 1967.

Destouches geeft in dit boek een overzicht van de voornaamste fysische theorieën, geordend naar hun ‘schémas’, hun mathematische structuur: uitgedrukt in de basisvergelijkingen van het ‘schéma newtonien’ etc., maar geïntroduceerd naar hun natuurkundige betekenis en samenhang. Nogmaals: het is een uitzondering en een reconstruerend voorbeeld achteraf van het imiteren.

52 Zie hierboven, [Lakatos 1976 App.I].

53 [Navier 1823 p.11]

Navier handelde ook naar dit inzicht. Op verschillende onderdelen van zijn hangbrug-onderzoek gaf hij op grond van grove berekening een kwalitatief resultaat, bijvoorbeeld een bovengrens voor de belasting van de hangkettingen. Ook daar bleef een zo dicht mogelijk benaderen, een zo precies mogelijk berekenen, voor Navier het perspectief bepalen. Wat hij feitelijk deed, had de potentie in zich uit het approximatieve stramien van de toegepaste analyse te breken, maar deed dit niet. Naar eigen zeggen echter stopte hij de berekening slechts op dit punt, omdat nadere bepaling te zeer zou afhangen van situatie en constructie van de betreffende brug.

Toegepaste wiskunde ontplooidde zich vanaf Fourier, Cauchy, Navier en de anderen enerzijds door mathematische reflectie tot een intern wiskundige aangelegenheid, ze kwam anderzijds tot wasdom in wisselwerking met de toepassingsgebieden.

In de zuivere wiskunde voerde de reflectie op de analyse tot formulering van begrippen als functie en continuïteit. Ook de toegepaste analyse, de leer van differentiaalvergelijkingen en hun oplosmethoden had telkens aftakkingen naar de zuivere wiskunde, maar ontwikkelde zich vooral als zelfstandig geheel van kennis beschikbaar voor toepassing, toepasbaar. Toch juist als zelfstandig geheel behoorde ze tot de zuivere wetenschap en onderscheidde ze zich steeds minder van de zuivere wiskunde.

Daarnaast was er het gebied van de ‘harde’ toepassing, waar gerekend moest worden, voordat er überhaupt resultaat in zicht kwam. Het ging om vergelijkingen die in nauwe aansluiting op de fysische of fysisch-technische toedracht waren opgesteld, maar waarvoor geen analytische oplossing voorhanden was. Dat wil zeggen, de opgestelde vergelijking verborg – zo was de aanname – een functie die geacht werd het verband tussen twee fysische grootheden weer te geven, te benaderen althans. Deed nu het geval zich voor dat de analyse geen herformulering van de vergelijking aanreikte die de functie vrij maakte van differentialen en integralen, dan had men het zich kennelijk terwille van het benaderen van de werkelijkheid wiskundig moeilijk of onmogelijk gemaakt. Dan was rekenwerk geboden om zo’n functie getalsmatig te benaderen met behulp van bekende – dat wil zeggen wél analytische – wiskundige uitdrukkingen, met name door het afschatten van reeksontwikkelingen. Het was de benaderingstechniek binnen de wiskunde die zich ad hoc ontwikkelde om de toegepaste wiskunde nauwer te doen aansluiten bij fysische verschijnselen als stroming, warmte, golven of trillingen. Deze rekenvaardigheid maakte als ervaringskennis bij uitstek hoofdbestanddeel uit van de traditie van de toegepaste wiskunde. Maar zelfs dit gebied verzelfstandigde zich zozeer dat Felix Klein bij terugblik op zijn eigen werk in 1922 een onderscheid aan kon brengen tussen ‘Approximationsmathematik’, de ‘Theorie der Ungleichungen’ die met name het afschatten van reeksen systematisch bestudeerde, en de ‘approximative

Mathematik', het eigenlijke rekenend toepassen⁵⁴. De neutrixrekening van Van der Corput, die we nog tegen zullen komen, was een voorbeeld van de *Approximationsmathematik*.

De klassieke toegepaste wiskunde was volgens het hier gesignaleerde patroon in al haar geledingen telkens voorwerp van mathematische reflectie, waardoor het betreffende gebied als onderdeel in de zuivere wiskunde-beoefening werd opgenomen. Het toegepast zijn in eigenlijke zin verdween niet geheel, maar veranderde telkens een beetje van karakter, doordat er een extra laagtheid intrad.

Telkens opnieuw werd het benaderen van iets buiten de wiskunde vervangen door een benadering tussen twee wiskundige objecten. Het paradigma van de toegepaste wiskunde bleef hier overeind, maar liep voortdurend tegen zijn grenzen op.

2.2.b Metaforen

Een echte deuk liep het paradigma van de toegepaste analyse op bij de ontwikkeling van de thermodynamica rond het midden van de negentiende eeuw. Warmte was tot dan toe als macroscopisch verschijnsel behandeld. Fourier had de analytische behandeling ervan wezenlijk verder gebracht. En nu schoven Krönig en Clausius daar plotseling een waarschijnlijkheidstheoretische redenering onder over beweging van moleculen⁵⁵. Het probabilistisch karakter van de

- 54 [Klein 1921 BdII p.213] *Gesammelte Mathematische Abhandlungen* (3Bde) /Felix Klein, herausgegeben von R. Fricke, A. Ostrowski, H. Vermeil und E. Bessel-Hagen (von F. Klein mit ergänzenden Zusätzen versehen). Berlin: Julius Springer, 1921-1923.
Klein verschafte deze verheldering in een van die 'ergänzende Zusätzen'. Gangbaar in de Duitstalige literatuur van die tijd was, mede onder invloed van Klein, het tegenover elkaar stellen van 'Präzisions-mathematik' en 'Approximations-mathematik'. Klein wilde daarmee echter een ander onderscheid bedoeld hebben en wilde achteraf het idee bestrijden dat het tweede al feitelijk toegepaste wiskunde zou zijn. Op het rekenend toepassen kom ik in §2.2.c terug.
- 55 [Krönig 1856] 'Grundzüge einer Theorie der Gase' /A. Krönig. In: *Annalen der Physik und Chemie* 99 (1856), pp.315-322.
[Clausius 1857] 'Über die Art der Bewegungen, die wir Wärme nennen' /R. Clausius. In: *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), p.253.
[Clausius 1859] 'Über die mittlere Länge der Wege, welche bei der Molekularbewegung gasförmiger Körper von den einzelnen Molekulan zurückgelegt werden; nebst einigen anderen Bemerkungen über die mechanische Wärmetheorie' /R. Clausius. In: *Annalen der Physik und Chemie* 105 (1859), p.239.
[Ehrenfest 1911] zie §2.3.a
[Schneider 1975] 'Rudolph Clausius' Beitrag zur Einführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden in die Physik der Gase nach 1856' /Ivo Schneider. In: *Archive for the History of Exact Sciences* 14-3 (1975) pp.237-261.
[Schneider 1988] *Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie von den Anfängen bis 1933; Einführungen und Texte* /Ivo Schneider (Hrsg.). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1988.

theorie was wel een probleem voor de tijdgenoten, maar is voor de beschouwing in dit hoofdstuk niet de hoofdzaak⁵⁶.

Wat, met name aan Ernst Mach, aanleiding gaf tot een sceptische opvatting ten aanzien van wetenschap überhaupt, was het ostentatief gebruik van de metafoor: moleculen bestudeerd als waren het botsende biljartballen. De theorie van de thermodynamica was onmiskenbaar succesvol in het verklaren van verschijnselen; tegelijk vond het zoeken naar een fundering in de waarneming geen bodem. Er was geen aanwijsbaar domein waarop de wiskundige samenhang geïmiteerd zou kunnen worden.

Tegen zoveel willekeur ten aanzien van de werkelijkheid had althans Mach geen verweer. Met hem deed de *linguistic turn* zijn intrede in de wetenschapsfilosofie⁵⁷. Machs gedachtengoed was dé inspiratiebron voor het neopositivisme van de Wiener Kreis. De Nederlandse pendant en concurrent hiervan, de Signifische Kring, zullen we terugzien in het denken van Van Dantzig⁵⁸.

Subtieler was de reactie van Hertz en van Boltzmann. Nu de facto de thermodynamica en tot op zekere hoogte ook de elektriciteitsleer van Maxwell grondvest was op een schijnbaar willekeurig axiomatisch-deductief stelsel, ging Hertz over tot dezelfde actie ten aanzien van de (klassieke) mechanica. Welbewust stelde hij dat het axiomastelsel, dat men onder de mathematische formulering van de fysische theorie legde, relatief vrij gekozen kon worden – vrij binnen de grenzen van aanpassing aan de waarnemingsgegevens. Het zou een kwestie van smaak zijn, van uitdrukkringskracht en van doelstelling welk plaatje, welk 'Bild', gekozen werd. Hertz zelf koos voor zijn nieuwe uitdrukkingvorm, voor zijn alternatieve *Bild*, van de principes van de mechanica, omdat hij daarmee een bepaald onderdeel van de mechanica dat hij op het oog had eenvoudiger kon formuleren. Op dat onderdeel maakte hij zich het rekenwerk doenlijk⁵⁹.

56 Het gevolg was overigens niet een diskrediet voor de thermodynamica, maar een opwaardering van de waarschijnlijkheidsleer. We kunnen vermoeden dat er een beslissende impuls van uitgang tot de ontwikkeling van een wiskundige waarschijnlijkheidstheorie en haar axiomatisering. De breuk met het determinisme was kennelijk ook geen doorslaggevend bezwaar. Er werd veeleer duidelijker waarin de zekerheid gelegen is die de wiskunde biedt. Deze aspecten zijn ook niet strijdig met het paradigma.

57 Ernst Mach (1838-1916) wordt meer recht gedaan in o.m. [Blackmore 1972] *Ernst Mach. His Work, Life, and Influence* [John T. Blackmore. Berkeley etc.: Un. of California Press, 1972.

[Janik/Toulmin 1973 Ch. 5] *Wittgenstein's Vienna* [Allan Janik and Stephen Toulmin. New York: Simon & Shuster (Touchstone), 1973.

58 Binnen hetzelfde stramien van terugtrekken op de taal was de significa veeleer psychologisch dan logicistisch. Zie ook [Alberts 1989] 'Signific Consultation; David van Dantzig's Dream of a Practicle Significs' /Gerard Alberts. *Report AM 8902*. Amsterdam: CWI, 1989. Ook in [Heijerman/Schmitz 1991 pp.57-76] *Significs, Mathematics and Semiotics* /E. Heijerman and H.W. Schmitz (eds.). Münster: Nodus, 1991.

59 [Hertz 1894], zie §2.3.a.

Het cruciale belang van Hertz is dat hij de keuzevrijheid van axiomastelsels formuleerde, dat hij het soort dingen dat gekozen werd een eigen naam gaf, *Bild*, en dat zijn keuzecriteria niet langer eendimensionaal waren. Het ene plaatje was in zijn ogen niet per se beter dan het andere, bijvoorbeeld omdat het meer waarheid zou bevatten of de werkelijkheid dichter zou benaderen; nee, het ene *Bild* was geschikter in de ene situatie, het andere in de andere, afhankelijk van het doel dat men zich gesteld had. Een plaatje was een meer of minder adequate uitdrukking in het licht van een zeker doel. Dankzij Hertz hoefde men niet meer te spreken over een mathematisch geraamte dat zou samenvallen met het wezen van de fysische verschijnselen, in dit geval de mechanische verschijnselen. Dat mathematisch object moest nog een eigen status verwerven, het had alvast een naam, *Bild*.

Tot tweemaal toe behandelde Boltzmann⁶⁰ in een artikel over modellen ook deze ontwikkeling in het denken over fysische theorieën. Hij signaleerde het, bracht het in verband met modellen, analogieën en metaforen, maar weigerde pertinent een theoretische constructie ‘model’ te noemen. Een model moest tastbaar zijn, palpabel, *kickable*. Wittgenstein was twee decennia later wel bereid de verbinding te leggen.

‘2.1 Wir machen uns Bilder der Tatsachen.

2.11 Das Bild stellt die Sachlage im logischen Raume, das Bestehen und Nichtbestehen von Sachverhalten vor.

2.12 Das Bild ist ein Modell der Wirklichkeit.’⁶¹

In de verdere gang van de natuurkunde herhaalde zich de werkwijze die bij het formuleren van de thermodynamica was gevolgd en vond de visie van Hertz uitdrukkelijk bevestiging in de relativiteitstheorie en in de quantummechanica.

Het wiskundig modelleren heeft meer wortels dan deze – ik kom hier in §2.3 op terug. Voor het moment is het voldoende te constateren dat sinds Clausius’ artikel in 1856 en expressis verbis vanaf Hertz’ *Prinzipien* in 1894 het toepassen van wiskunde niet meer hetzelfde was als voorheen. Ook ten aanzien van het standaard toepassingsgebied, de mathematische fysica, veranderde de status van de toegepaste wiskunde. Het uitdrukkingmiddel wiskunde verwierf een eigen dingachtige status, een eigen objectiviteit en deze objectiviteit viel

60 Ludwig Boltzmann (1844-1906). [Boltzmann 1892] ‘Über die Methoden der theoretischen Physik’ /L. Boltzmann. In: [Dyck 1892 pp.89-98] *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente* /Walther Dyck (Hrsg.; im Auftrag der Deutsche Mathematiker-Vereinigung). München: C. Wolf & Sohn, 1892. [Boltzmann 1911] ‘Model’ /Ludwig Boltzmann. Lemma in: *The Encyclopædia Britannica* 11th edition Vol. XVIII. Cambridge: Univ. Press, 1911; pp.638-640 [geschreven rond 1902].

61 [Wittgenstein 1921 2.1] ‘Logisch-philosophische Abhandlung’ /Ludwig Wittgenstein. In: *Annalen der Naturphilosophie* 14 (1921), pp.185-262; Afz. gepubl. als *Tractatus logico-philosophicus*. New York, 1922; Frankfurt aM: Suhrkamp Verlag, 1963.

niet meer samen met het wezen der dingen. Waar een wiskundige structuur bij Mach en anderen nooit meer kon zijn dan het vehikel van een metafoor, dan het gemeenschappelijke kenmerk van twee analoge zaken, daar was het bij Hertz en Wittgenstein zelf iets: een *Bild*, een *Modell*. Scherp kwam de herwonnen ontische status van het uitdrukkingsmiddel naar voren in Heisenbergs bijna pythagoristische opvatting van de quantummechanica:

‘Wanneer men probeert achter deze werkelijkheid door te dringen tot de details van het atomaire gebeuren, dan lossen de contouren van deze ‘objectief-reële’ wereld op – niet in de mist van een nieuwe en nog onheldere werkelijkheidsvoorstelling, maar in de doorzichtige helderheid van een wiskunde, die wetmatige verbanden legt in het mogelijke, niet in het feitelijke.’⁶²

2.2.c Rekenen

De eerste universitaire leerstoel voor de toegepaste wiskunde in Duitsland werd besteed aan het rekenen. Carl Runge werd in 1904 benoemd in Göttingen. Voor hem was toegepaste wiskunde de ‘uitvoerende macht van de wiskunde’⁶³. Het ging hem om uitrekenen, om (methoden voor) het verkrijgen van concrete getalsmatige uitkomsten. Dit betekende niet zomaar onderzoek⁶⁴ in plaats van geleerdheid. Van het klassieke beeld van geleerdheid waarin kennis van het enkele geval bij uitstek geen wetenschap uitmaakte, was men met deze vroeg twintigste-eeuwse wetenschapsbeoefening bij het andere uiterste beland.

Het maken van berekeningen was weliswaar steeds hoofdzakelijk aan de ingenieurs overgelaten, maar nu vond ook dit aspect zijn plaats binnen de wiskunde-beoefening. Sterker nog, in de opvatting van Runge was dit pas het ‘werkelijk voltrekken’ van de wiskundige bewerkingen.

Het harde rekenend toepassen van de analyse, dat door Runge op een hoger plan werd gebracht, had een lange geschiedenis, met hoogtepunten bij Euler en Cauchy. Traditionele toepassingsgebieden waren de hemelmechanica, de balistiek, de warmteleer van Fourier en de stabiliteitsberekeningen van Navier. De bijdrage van de wiskundigen bestond in het ontwikkelen van rekenmethodes om onhanteerbare mathematische objecten te benaderen. Het werk van Heun, Runge en Kutta vervolmaakte de aanpak van het eenmalig benaderen. De Runge-Kutta-methode bood de mogelijkheid tot aanzienlijk grotere precisie dan de voorgaande en – wat met het oog op de toepassingen uiterst belangrijk was – Runge bood voor deze en andere methoden rekenschema’s aan, uitgewerkt in rekenvellen die eenvoudigweg ingevuld konden worden inclusief de

62 [Heisenberg 1956 p.304] ‘Die Entwicklung der Deutung der Quantentheorie’ /W. Heisenberg. In: *Physikalische Blätter* 12-7 (1956) pp.289-304.

63 [Richenhagen 1985 p.75] *Carl Runge (1856-1927). Von der reinen Mathematik zur Numerik* /Gottfried Richenhagen. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1985.

64 Vergelijk §2.1.b.

nodige controleberekeningen. Wie wilde kon voor de aldus voorziene toepassingen het rekenen beoefenen als een vorm van boekhouden.

De opleving van het rekenwerk had een rechtstreeks vervolg in de wiskunde en maakte een nevenontwikkeling mogelijk in de relatie tussen wiskunde en techniek. Beide, rekenwerk en veranderende verhouding tot de techniek, brachten de grenzen van de klassieke toegepaste wiskunde in zicht. De combinatie van beide deed rond 1930 een nieuwe subdiscipline ontstaan, de numerieke analyse, die echter in de jaren vijftig weer uiteen zou spatten voor ze goed en wel gevestigd was.

De beschikbaarheid in de vorm van rekenschema's maakte de numerieke methoden veel toegankelijker voor nieuwe toepassingsgebieden. Runge zelf had zich uitgebreid beziggehouden met spectrummetingen. De methoden gaven een enorme impuls aan de toegepaste mechanica, de aerodynamica en de hydrodynamica. Zo breidde het voorland van de toegepaste wiskunde zich in de technische wetenschappen aanzienlijk uit. In Nederland in de jaren 1920 en 1930 waren C.B. Biezeno en J.M. Burgers in Delft op dit punt de actiefsten⁶⁵.

In combinatie met de ontwikkeling en industriële vervaardiging van rekenapparatuur⁶⁶ vanaf het einde van de negentiende eeuw zorgden de rekenschema's ervoor dat de numerieke methoden in die wetenschappen gelijkberechtigd werden aan de grafische. De receptie van rekenschema's was tweeledig. Ze werden veelal zonder meer overgenomen en gebruikt. Op sommige plaatsen echter boden ze inspiratie voor het ontwikkelen van nieuwe schema's. Het *Institut für Praktische Mathematik* in Darmstadt en het *Instituto per le Applicazione del Calcolo* in Rome waren plaatsen waar vanaf het eind van de jaren 1920 systematisch rekenschema's werden ontwikkeld en toegepast⁶⁷. In Engeland was even later het *National Physical Laboratory* in Teddington actief op dit terrein. In Nederland vond het zelf ontwikkelen van schema's op kleine schaal plaats, in de jaren dertig en veertig incidenteel in de groepen van Biezeno en Burgers en op het NLL, het Nationaal Luchtvaartlaboratorium in Amsterdam. Vanaf 1947 gebeurde het structureel binnen de Rekenafdeling van het Mathematisch Centrum. De uitwerking van formules naar rekenvel noemde men er 'het uittrekken van berekeningen'. Al deze Nederlandse locaties waren verbonden

65 Vergelijk hoofdstuk 6.

66 Richenhagen weet overigens overtuigend aan te tonen dat Runge zijn schema's en rekenvelen afstemde op het gebruik van de rekenlineaal. [Richenhagen 1985 p.274 e.v.]

67 Het praktisch rekenen is een verbluffend voorbeeld van arbeidsdeling: van rekenzalen van De Prony in het begin van de negentiende eeuw tot de rekenafdeling van het MC in de jaren vijftig van deze eeuw. [Grattan-Guinness 1990a] [Smit 1987] 'Rekenwerk als mensenwerk (interview met rekenaarsters)' /Eefje Smit. In [Zij mogen 1987 pp.251-260] *Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarlozen* /G. Alberts, F. van der Blij, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1987.

door de aanwezigheid van Van Wijngaarden, achtereenvolgens als leerling, medewerker en chef.

Het opstellen van schema's laat zich achteraf interpreteren als een voorbode van het programmeren van rekenmachines. Al voor de Tweede Wereldoorlog verscheen dit als een zelfstandige activiteit die weliswaar niet echt strijdig was met het paradigma van de toegepaste analyse, maar er ook niet zonder meer onder begrepen kon worden.

Niet alleen het opstellen, ook het gebruik van de rekenschema's bevond zich aan de rand van de 'toegepaste wiskunde'. Illustratief is het pragmatisme van bijvoorbeeld een doorsnee rapport uit de eerste tien jaar van het NLL, dat in 1937 als echt researchlaboratorium was voortgekomen uit de Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart. Zo'n rapport bood gewoonlijk in paragraaf 2 onder het kopje 'De theorie' een aantal vergelijkingen met minimale uitleg en motivatie, voordat in de volgende paragrafen het rekenwerk losbarstte. Het volkomen pragmatisme van deze aanpak onttrok zich aan de strenge aspiraties van toegepaste analyse en het was dan ook maar een klein stapje verder, een explicitering, dat in de jaren vijftig de term 'wiskundig model' de plaats van 'de theorie' innam⁶⁸.

In de wiskunde kreeg het werk van Runge dankzij de wisselwerking met de technisch-wetenschappelijke toepassingen een rechtstreeks vervolg. Een blik op de mathematische inhoud van dit vervolg kan verhelderen hoe ook hier de grenzen van de klassieke toegepaste wiskunde afgetast werden.

De methoden van Heun en Runge-Kutta waren, aldus Goldstine⁶⁹, de moderne opvolgers van de Euler-Cauchy-Lipschitz-procedure. Het ging bij deze, net als bij die eerdere methoden, om eenmalige benadering springend van punt op punt van een functieverloop. Heel kort gezegd was de aanpak deze dat het te benaderen object vervangen werd door een object dat weergegeven kon worden als een ontwikkeling in een, oneindige, reeks. De som van deze reeks werd geschat door alle behalve de eerste paar termen te verwaarlozen. Het laat zich gemakkelijk voorstellen dat door meer termen niet te verwaarlozen de precisie in principe naar willekeur opgevoerd kan worden. De eerste stap, de vervanging door een beter hanteerbaar object, werd veelal verduisterd door meteen al bij de oorspronkelijke wiskundige formulering aan te sturen op een uitdrukking die

68 Rapporten NLL, met name die in de sectie S (structuren) en F (flutter), in later jaren gebundeld in *Verslagen en verhandelingen/Reports and Transactions of the National Aeronautical Laboratory*.

Voor een vergelijkbaar voorbeeld in de waterbouwkunde zie [Ende/Jong 1989] 'Rekenen aan waterstromen. Getijdenonderzoek in Nederland, 1920-1950' /Jan van den Ende en Frida de Jong, *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijven Techniek* 6 (1989) pp.191-209.

69 [Goldstine 1977 p.286] *A History of Numerical Analysis; from the 16th through the 19th Century* /Herman H. Goldstine. New York etc.: Springer, 1977.

zich in een reeks liet ontwikkelen: de uitdrukking moest 'een klein beetje netjes' zijn. In de woorden van Weierstraß:

'Astronomen hebben vaker te maken met iteratieve benaderingen dan met de ontwikkeling van uniform convergerende reeksen – maar iedere *goede* benaderingsprocedure levert wel zo'n ontwikkeling op.'⁷⁰

Het werk van Runge bracht een aanzienlijke verbetering in wiskundig inzicht en technische bruikbaarheid ten opzichte van de vroegere methoden. Daarnaast kwam een andere stijl van numeriek benaderen tot wasdom, de iteratieve methoden: herhaalde benadering telkens in de buurt van één punt van de gezochte functie. In onderscheid met de Runge-Kutta-methoden werd hier het oorspronkelijk geformuleerde object niet vervangen door een 'nettere' uitdrukking. Bovendien, om ergens te kunnen stoppen met herhalen was nu een voorafgegeven criterium nodig (verschillen twee opeenvolgende benaderingen minder dan ε van elkaar, dan is het goed genoeg). Met deze iteratieve methoden had zich een wiskundige reflectie voltrokken op het benaderen.

Ten opzichte van de diverse eerdere algoritmes om zo goed mogelijk te benaderen – en daar was het de ervaring in de verschillende toepassingen die leerde hoe goed – boden de Runge-Kutta-methoden reeds de optie om zo goed als men maar wilde te benaderen; de iteratiemethoden behoefden een wiskundig uitgedrukt criterium en gaven daarmee ook een maat voor de nauwkeurigheid van benadering. Deze wiskundige reflectie op het benaderen hield tevens een reflectie op het toepassen in zijn klassieke vorm van werkelijkheids*benadering* in. Het expliciet moeten stellen van een criterium, een mate van werkelijkheidsbenadering, haalt natuurlijk de vraag naar voren met welk doel benaderd wordt. En zodra deze vraag werkelijk gesteld zou worden, was het klassieke toepassingsparadigma verlaten.

De iteratiemethoden waren weliswaar machtiger en subtieler, in de praktijk ook omslachtiger dan de andere. Rekenschema's en rekenvellen werden hiervoor pas in de loop van de volgende decennia, de eerste helft van de twintigste eeuw, ontwikkeld, vooral onder druk van problemen in de stromingsleer, de vliegtuigbouw en de scheepsbouw. Op dit terrein lag bijvoorbeeld, in Nederland aan het eind van de genoemde episode, het vroege werk van Van Wij-

70 K.T.W. Weierstraß (1825-1897) in brief d.d. 7-8-1885 aan G. Mittag-Leffler (1846-1927). Cursivering in origineel [Mittag-Leffler 1912 p.45] 'Zur Biographie von Weierstraß' /G. Mittag-Leffler. In: *Acta Mathematica* 35 (1912). pp.29-65. Geciteerd naar [Richenhagen 1985 p.266]. Richenhagen brengt Runges opvatting en methoden van toegepaste wiskunde overtuigend in verband met de constructieve opvatting van wiskundige objecten, van functies in het bijzonder, in de school van Weierstrass. Iteratieve methoden, zie volgende alinea, veronderstellen een structuur- of relationele opvatting van het wiskundig object die zich hiermee slecht verdraagt.

gaarden onder leiding van Burgers en Biezeno en zijn latere samenwerking met Timman⁷¹.

Von Mises⁷² stond in 1921 midden in dit veld en overzag de situatie aldus.

‘Een zeer vruchtbaar idee voor de toepassingen, dat uit theoretische hoek (ontwikkeld voor existentiebewijzen) kwam, is dat van de ‘successieve approximatie’ of ‘benaderingsreeks’. Het bestaat erin, dat uitgegaan wordt van een binnen ruime grenzen willekeurige functie als eerste benadering en dat deze steeds verbeterd wordt door hem herhaald te substitueren in de gegeven vergelijkingen. Naar het zich laat aanzien geheel onafhankelijk van de theoretische fundering heeft L. Vianello dit idee geïntroduceerd in de techniek in de vorm van een grafische methode om stabiliteitsvraagstukken in de elasticiteitsleer (kniklast, kritische draaisnelheid e.d.) op te lossen.’⁷³

Von Mises betrok in dit openingsartikel van het *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* nog een aantal theoretische ontwikkelingen in zijn beschouwing, zoals Felix Kleins *Approximationsmathematik*, existentie- en consistentievraagstukken, kwesties van (snelheid van) convergentie. De combinatie van deze theoretische stroom en de opkomst van het stelselmatig ontwikkelen van rekenschema’s, in wisselwerking met gebruik van die schema’s in de ingenieurswetenschappen, werd pas in de jaren twintig herkend als een eigen deskundigheid met een eigen naam, numerieke analyse. De deskundigen, zoals Von Mises, Southwell, Von Kármán en in Nederland Burgers en Biezeno beoeldden met numerieke analyse nooit alleen het wiskundige werk, maar altijd ook het zoeken naar adequate formuleringen voor de te bestuderen problemen. Zo beschouwd, met inbegrip van een deel ingenieursbenadering, paste numerieke analyse helemaal niet meer in het stramien van toegepaste analyse. Aan de andere kant steunde het hele idee van numeriek rekenwerk op benaderen, centraal kenmerk van ‘toegepaste wiskunde’.

De notie van numerieke analyse was dan ook niet erg stabiel. Drie factoren, de overgang van schema’s naar programma’s voor computers, de verdere theoretische ontwikkeling in de wiskunde van dergelijke methoden en de verzelfstandiging van de aandacht voor het zoeken naar adequate formuleringen, zorgden er samen voor dat halverwege de jaren vijftig de numerieke analyse uit-

71 Zie hoofdstuk 4 en 6.

72 Richard von Mises (1883-1953) werd in 1918 benoemd op de leerstoel Angewandte Mathematik die de Berlijners in navolging van en in concurrentie met Göttingen instelden. Hij richtte er al in 1920 het *Institut für Angewandte Mathematik* op en startte in 1921 het *ZAMM, Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, waaromheen zich in 1922 de GAMM groepeerde, *Gesellschaft für AMM*. [Gericke 1972] *50 Jahre GAMM* /H. Gericke. Berlin etc.: Springer, 1972; *Beibefz zum Ingenieur-Archiv* 41 (1972).

73 [Mises 1921 p.7] (‘Zur Einführung’) ‘Über die Aufgaben und Ziele der angewandten Mathematik’ /R. von Mises. In: *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* 1-1 (1921), pp. 1-15.

eenspatte. De directe voortzetting in het ‘wetenschappelijk rekenen’ leverde een ambachtelijk vak op, de bedrevenheid in het organiseren van complexe berekeningen. Het uittrekken van berekeningen werd een vak apart: programmeren; het eigenlijke rekenen werd aan de computer overgelaten. Het ontwerpen van numerieke programmatuur, misschien het meest specifieke vervolg, was een steeds minder centraal – uiteindelijk excentriek – onderdeel van dat vak. De kunde van het zoeken van adequate formuleringen, elders uitmondend in wiskundig modelleren, kreeg in deze sfeer weinig aandacht. In Nederland zou het later wel een prominent element worden van Timmans karakterisering van het wiskundig ingenieurswerk. De theoretische stroom werd vanaf die tijd aangeduid als numerieke wiskunde⁷⁴.

‘De klassieke methoden van rekenen met de hand zijn, in meerdere of mindere mate, ongeschikt voor moderne machines, en alleen door een grondige kennis van de onderliggende wiskundige principes, maakt de programmeur een kans effectief gebruik te maken van het nieuwe gereedschap.’⁷⁵

Dit was de reden die Andrew Booth gaf voor het uitbrengen van weer een nieuw leerboek in numerieke methoden. Het maakt enigszins begrijpelijk waarom de numerieke analyse uiteenspatte. De klassieke toegepaste wiskunde verloor Runges ‘uitvoerende macht’.

2.2.d Tekenen

De praktische meetkunde diende het pegelen, het landmeten en de vestingbouw. Met het oog hierop werd ze in de zeventiende en achttiende eeuw gedoopt als ‘duytsche Mathematicque’ in Leiden, Utrecht, Groningen en Franeker⁷⁶. Gaspard Monge⁷⁷, aanvankelijk vestingbouwtekenaar, herschiep het vak

74 Voorzover het gehele gebied voor 1950 een eigen naam had, dan ‘numerieke analyse’; deze naamgeving gaat hooguit enkele decennia terug, en geen eeuwen zoals Goldstine in de titel van zijn boek suggereert [Goldstine 1977].

Gebruikelijker was het dit werkterrein terug te vinden als ‘theoretisch’ onderdeel van het toepassings-gebied. Vele voorbeelden in *ZAMM*. De term ‘numerieke wiskunde’ was pas na 1950 echt gangbaar en sloeg dan allereerst op een tak van wiskunde.

75 [Booth 1955 p.v] *Numerical Methods* / Andrew D. Booth. London: Butterworth, 1955.

76 [Winter 1988] *Hoger beroepsonderwijs avant-la-lettre. Bemoelingen met de vorming van landmeters en ingenieurs bij de Nederlandse universiteiten van de 17e en 18e eeuw* / P.J. van Winter. Amsterdam etc.: Noord-Hollandsche Uitg. Mij. (*Verh. KNAW Afd. Lett., Nieuwe Reeks* 137), 1988.

77 G. Monge (1746-1818). [Launay 1934] *Monge, Fondateur de l'Ecole Polytechnique* / L. de Launay. Paris, 1934.

[Taton 1951] *l'Oeuvre scientifique de Monge* / R. Taton. Paris, 1951.

[Paul 1980] *Gaspard Monges 'Géométrie descriptive' und die Ecole Polytechnique - eine Fallstudie über den Zusammenhang von Wissenschafts- und Bildungsprozess* / M. Paul. Bielefeld: Uni. Bielefeld, 1980.

[Grattan-Guinness 1990b]

tot beschrijvende meetkunde en in die vorm was het een discipline die zich volledig voegde naar het paradigma van de toegepaste analyse. Het was nu niet meer wiskundig inzicht dat werd geprojecteerd op de waargenomen wereld, maar een eigensoortige wiskundige overweging naar aanleiding van de empirie en bedoeld om daarin nagedaan te worden. De beschrijvende meetkunde werd het kernstuk van de wiskundige propaedeuse voor de ingenieursopleidingen. Leerstoelen *Angewandte Mathematik* waren er in Duitsland aan de technische hogescholen veel eerder dan aan de universiteiten en deze werden overwegend besteedt aan de 'darstellende Geometrie'.⁷⁸

Toch was het met de praktische meetkunde vreemd gesteld. Zoals er in de *duytsche Mathematicque* na het werk van Stevin en het leerboek van Van Schooten (de oude) nauwelijks verdere ontplooiing zat, zo leken Monge en diens leerling Poncelet⁷⁹ welhaast de definitieve vorm van de beschrijvende meetkunde gegeven te hebben. De toepassingen breidden zich uit tot niet strikt fysiek-ruimtelijke onderwerpen als de statica, de leer van de krachten in evenwicht. Dat was een toepassingsgebied dat voor de vroegere praktische meetkunde niet wel denkbaar zou zijn geweest. Een aantal Duitse wiskundigen van wie Culmann⁸⁰ de voornaamste was, probeerden de beschrijvende meetkunde te actualiseren door inbreng van nieuwe inzichten uit de axiomatische meetkunde. Het veranderde allemaal weinig aan de beschrijvende meetkunde. In Nederland was een van de gevolgen van dat gebrek aan vernieuwing dat uiteindelijk in de jaren veertig het vak als verouderd werd afgevoerd van het programma, zonder veel protest. Na anderhalve eeuw droeg dit onderdeel door zijn verdwijnen bij aan de verandering in de toegepaste wiskunde (vgl §7.1).

2.2.e Tellen

De verzamelende, historische of beschrijvende statistiek behoorde nergens tot de traditie van toegepaste wiskunde. De andere kant van de statistiek, de mathematische, had er op verschillende momenten wel raakvlakken mee.

Verzamelen en opsommen

De beschrijvende statistiek was een voorbeeld van het brede veld van tellen, opsommen en systematiseren dat weliswaar sinds de Verlichting werd gerekend

78 Overzicht in de appendix van: [Hensel 1989] 'Die Auseinandersetzungen um die mathematische Ausbildung der Ingenieure an den Technischen Hochschulen Deutschlands Ende des 19. Jahrhunderts' /Susann Hensel. In: [Hensel e.a. 1989] *Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland: soziale Auseinandersetzung und philosophische Problematik* /S. Hensel, K-N. Ihmig, M. Otte, Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1989.

79 J.V. Poncelet (1788-1867). Verg.[Grattan-Guinness 1990b] en [Struik 1990].

80 [Scholz 1989] *Symmetrie Gruppe Dualität. Zur Beziehung zwischen theoretischer Mathematik und Anwendungen in Kristallographie und Baustatik des 19. Jahrhunderts* /Erhard Scholz. Basel etc.: Birkhäuser, 1989.

tot wetenschap, maar waar de wiskunde-beoefening zich na 1800 verre van hield. Andere voorbeelden van dit tellen en ordenen waren de zoölogische classificatie sinds Linnaeus⁸¹ en de pogingen tot encyclopedisch systematiseren van kennis. Het gehele veld laat zich herkennen aan mathematisering.

Deze statistiek was aanvankelijk een statenkunde: overzicht van de bestuurlijk relevante geografische, demografische, sociale en economische gegevens. Ze had een theoretische pendant in de politieke rekenkunde, de voorloper van de economische wetenschap. Ze had ook in deze eeuw nog directe navolging. De twintigste-eeuwse typisch Nederlandse traditie van sociografie weerspiegelde nog het best de volle breedte en intentie van de achttiende-eeuwse statistiek.

Tegenwoordig worden al zulke gegevens onderscheidelijk gekarakteriseerd als geografisch, demografisch, sociologisch of economisch. De naamgeving rond 1800 was nog onvast. Bij Laplace bijvoorbeeld: 'sciences politiques et morales'. De verschillende disciplines kristalliseerden zich uit in de loop van de negentiende eeuw juist dankzij pogingen systeem en wetmatigheid te ontdekken in de gegevens, met andere woorden dankzij mathematisering. Zo was de verzekeringswiskunde aanvankelijk levensverzekeringswiskunde en lag ze dicht tegen de demografische statistiek aan. Dat veranderde wezenlijk met de studie van schadeverzekering en sociale verzekering.

Midden in de twintigste eeuw ontplooiden deze wetenschappen een uitdrukkelijke vraag naar wiskunde⁸². De vraag was duidelijk en werd gaandeweg beantwoord. Duidelijk was ook dat het antwoord niet zou lopen langs de lijnen van de klassieke toegepaste wiskunde.

De rechtstreekse voortzetting van de statistiek onder eigen naam in Nederland was in de negentiende eeuw in de Vereniging voor de Statistiek en in deze eeuw in het Centraal Bureau voor de Statistiek⁸³. In de jaren 1930 leidde nadenken onder verschillende gezichtspunten over deze 'tabellenstatistiek' tot belangrijke vernieuwingen in het vak, in zekere zin tot nieuwe disciplines. Een semiotische reflectie mondde uit in de beeldstatistiek⁸⁴. Op dat vlak was er voor

81 Voor een wetenschapsgeschiedenis met speciaal oog voor dit aspect zie [Knight 1981] *Ordering the World. A History of Classifying Man* /David Knight. London: Burnett Books/Andre Deutsch, 1981.

82 Twee voorbeelden: [Kleerekoper 1938] *Over het gebruik van de wiskunde in de economie* /S. Kleerekoper (diss. UvA). Groningen: Noordhoff, 1938. [Yntema 1952] *Mathematical Models of Demographic Analysis* /L. Yntema (diss. UvA). Leiden: Groen, 1952.

83 [Vissering 1877] 'De statistiek aan de hoogeschool' /Simon Vissering. In: *De Gids* 1877-II, pp.1-15. Zie ook [Stamhuis 1989].

84 Over Arntz, Neurath en beeldstatistiek zie hoofdstuk 5 en: [Arntz/Broos 1979] *Symbolen voor onderwijs en statistiek* /Gerd Arntz, Kees Broos. Amsterdam: Spruijt, 1979.
[Bochove 1986] 'Waarom het leger de oorlog verloor; Het debat tussen Gerrit Mannoury en Otto Neurath over taal en kennis 1937-1940' /Aart van Bochove. (Doctoraalscriptie sociologie, RUG). Groningen: bij de auteur, 1986.

1945 nauwelijks sprake van toepassen van wiskunde volgens het paradigma van de toegepaste analyse. Toen er later wel uitdrukkelijk wiskunde werd gebruikt, was dat in de trant van de nieuwe toepassingswijze. Een mathematische reflectie op de tabellenstatistiek, in het bijzonder op het conjunctuuronderzoek waarin het CBS actief was, leverde de voedingsbodem voor de econometrie van Tinbergen. Deze ingenieurswetenschap⁸⁵ deed een nieuw beroep op de wiskunde, opnieuw buiten de paden van het klassieke toepassen.

Dezelfde gang als in de ambtelijke statistiek ging de statistiek in de sfeer van de onderneming, zij het in veel korter tijdsbestek. De laatste drie decennia van de negentiende eeuw en de eerste drie van de twintigste waren voldoende om een bedrijfskunde te laten ontstaan. Overigens nam de vorming van een academische opleiding daarna nog eens dertig jaar⁸⁶. Het ging zowel om statistiek van de bedrijfsvoering als om statistische analyse van het productieproces. Vooral het laatste trok de aandacht als kwaliteitscontrole, wetenschappelijke bedrijfsvoering en Taylorstelsel. In de Nederlandse literatuur overschaduwde de discussie erover⁸⁷ aanvankelijk de indicaties van onderzoek of gebruik ervan. In de vakliteratuur voor 1945 verscheen het als onderdeel van bedrijfseconomie of van bedrijfseconomische statistiek.

[Graphic 1975] *Graphic Communication through ISOTYPE* /J.A. Edwards and M. Twyman (eds.). Reading: Univ. of Reading, 1975.

[Nemeth 1981] *Otto Neurath und der Wiener Kreis. Revolutionäre Wissenschaftlichkeit als politischer Anspruch* /E. Nemeth. Frankfurt: Campus, 1981.

[Stadler 1982] *Arbeiterbildung in der Zwischenkriegszeit. Otto Neurath – Gerd Arntz* /Friedrich Stadler (Hrsg.). Wien/München: Löcker Verlag, 1982.

[Faludi 1989] 'Planning According to the "Scientific conception of the world". The Work of Otto Neurath' /A. Faludi. In: *Environment and Planning D: Society and Space*, 7 (1989) pp.397-418.

85 Aldus Tinbergen in 1936, vergelijk §2.3.

86 [Bloemen 1988] *Scientific Management in Nederland 1900-1930* /E.S.A. Bloemen (diss. RUL). Amsterdam: NEHA (NEHA Series III), 1988.

De bedrijfskunde drong langzamer dan de andere genoemde ontwikkelingen door in de academische wereld en bleef daarom gemakkelijk onderbelicht in de wetenschapsgeschiedenis. Vergelijk [Monhemius 1989] *Nogmaals de Wiskunde als ondersteunende wetenschap voor de bedrijfskunde* /W. Monhemius (afscheidsrede). Eindhoven: TUE, 1989.

[Baalen 1995] *Management en Hoger Onderwijs. De geschiedenis van het academisch management-onderwijs in Nederland* /Peter J. van Baalen (diss. EUR). Delft: Eburon, 1995.

87 Vooral in sociaal-democratische kring was het Taylorstelsel voorwerp van huiverende en hoopvolle beschouwing, binnen een veel bredere discussie in de eerste decennia van deze eeuw over rationalisatie, ordening en planmatigheid. Een enkel voorbeeld: [Waerden 1916] *Het Taylorstelsel – met een inleiding over Stukloon en moderne loonsystemen* /Th. van der Waerden. Amsterdam: N.V. Boekh. en Uitg.mij. 'Ontwikkeling', 1916 (eerder verschenen in: *De Socialistische Gids* 1916). Een 'dramatische' impressie: [Randwijk 1934] 'Rationalisatie' /H.M. van Randwijk. In: *Het heerlijk ambacht* /C. Rijnsdorp e.a. (red.)(Uitg. t.g.v. 1e lustrum Chr. Auteurskring). Nijkerk: Callenbach, 1934, p.38-53.

De Operations Research wordt in de geschiedschrijving veelal gepresenteerd als een resultaat van de Tweede Wereldoorlog. Een geschrift als *Operation Analysis*⁸⁸ uit 1939, dat geheel in de bedrijfsstatistische traditie stond, laat zien dat dit zelfs wat de naamgeving betreft maar betrekkelijk waar is. Net als de econometrie appelleerden de Operations Research en de statistiek van bedrijfsvoering en productie, toen ze eenmaal na 1945 een beroep deden op wiskunde, aan andere onderdelen van de wiskunde dan de analyse; belangrijker onderscheid met de toegepaste wiskunde was de pragmatische, want technische, gebruikscontext.

Schatten

Waarnemingsrekening was de hoofdvorm van wat na de Tweede Wereldoorlog verscheen onder de noemer mathematische statistiek. Ze stond niet los van de verzamelende statistiek, maar volgde toch haar eigen weg en stond wel in contact met de klassieke toegepaste wiskunde, namelijk als verlengstuk ervan in de richting van de empirie. Waarnemingsrekening verfijnde het benaderen.

In de astronomie deed zich het eerst de behoefte voor om de inherente onnauwkeurigheid van waarnemingen te overwinnen. De methode van de kleinste kwadraten, in het begin van de negentiende eeuw door Gauss wiskundig streng behandeld, bood de aanpak om uit een reeks waarnemingen de 'ware' curve, bijvoorbeeld van de loop van een hemellichaam, te reconstrueren. De interpretatie van dit gebruik van statistiek was, zoals de citaten van Laplace al lieten zien, volkomen deterministisch. Het was een methode om de ware waarde van een gegeven te achterhalen, afwijkingen daarvan waren fouten. Men bedreef foutenberekening⁸⁹. De werkelijkheidsbenadering⁹⁰ van de toegepaste

88 [Maynard/Stegemerten 1939] *Operation Analysis* /H.B. Maynard, G.J. Stegemerten. New York: McGraw-Hill, 1939.

Het begrip 'Operations Research' kwam in Nederland overigens pas in de jaren vijftig in zwang. Zie [Ravestijn 1969] 'Operationele Research in Nederland' /D. Ravestijn. In: [Operationele 1969 pp.201-211] *Operationele Research in Nederland* /H.W. Lombaers, J.J. Meinardi, D. Ravestijn (red.). Utrecht/Antwerpen: Spectrum (MARKA 104), 1969.

89 Het is niet moeilijk ons de gevolgen van deze interpretatie van en omgang met statistiek door de demografen en medisch-antropologen avant-la-lettre voor te stellen. We danken er bijvoorbeeld de pejoratieve betekenis van het woord 'afwijking' aan. [Houwaart 1991] *De hygiënist. Artsen, staat en volksgezondheid in Nederland 1840-1890* /E.S. Houwaart. Groningen, 1991. [Houwaart 1993] 'Medische statistiek' /E.S. Houwaart. In: [Lintsen e.a. 1992 II pp.18-45] *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van de moderne samenleving 1800-1890* (6 Dln) /H.W. Lintsen e.a. (red.). Zutphen: Walburg Pers/Eindhoven: Stichting Historie der Techniek, 1992-1995.

90 Waar de variatie niet werd toegeschreven aan de waarneming, maar aan het bestudeerde object zelf, werd het statistisch element opgenomen in de theorie. Dit ondergroef langs die kant het paradigma van de toegepaste analyse, zoals we kunnen zien in de voorbeelden van de thermodynamica en de statistische quantummechanica.

wiskunde werd aan de kant van de empirie gecomplementeerd met een schatting.

In wisselwerking met natuurkunde, sterrenkunde en geodesie werd de foutenberekening verfijnd. De voornaamste impuls tot zelfstandige theorievorming kwam echter uit de hoek van medisch, biologisch en bovenal landbouwkundig onderzoek. De Engelse of biometrische school vanaf het begin van deze eeuw was op dit terrein de allerbelangrijkste en invloedrijkste: Pearson Sr. door de uitbouw en systematisering van methoden, Fisher door zijn praktische handboeken. Na de oorlog gingen Pearson Jr. en Neymann voorop in het onderzoek in de mathematische statistiek, Kendall schreef hét standaardwerk van dat moment⁹¹. 'Testing hypotheses' was de basisoperatie: een rijk scala aan verdelingsfuncties kon dienen als hypothese en verschillende toetsen waren ontwikkeld om na te gaan of zo'n functie paste op het waarnemingsmateriaal. De werkwijze hield een verdubbeling in ten opzichte van het vroegere schatten, namelijk het schatten van de mate waarin een schatter voldoet. Qua intentie sloot deze mathematische statistiek nog aan bij het benaderen van de werkelijkheid volgens het klassieke toepassen, qua werkwijze en door de ad hoc theorievorming niet meer. Het werk van de Nederlander Van Uven was wat dat laatste betreft een afwijking. Diens publicaties over scheve verdelingen en zijn *Mathematical Treatment of the Results of Agricultural and Other Experiments* was uitzonderlijk waar het de mogelijkheid toonde om de mathematische statistiek te bedrijven volgens het paradigma van de toegepaste wiskunde⁹². In zijn algemeenheid echter was de werkwijze van het stellen en toetsen van hypotheses een voorbode van het wiskundig modelleren.

Grenzen van het benaderen

Over het hele scala van de klassieke toegepaste wiskunde en ook in een klein gedeelte van de mathematische statistiek volgden de wiskundigen het paradigma van de toegepaste analyse. In elk van de hier beschouwde deelgebieden werd echter ook de beperking van dit toonbeeld zichtbaar. Het concept van toegepaste wiskunde werd *van binnenuit* gerelativeerd. In al die deelgebieden deden zich gevallen voor waarin de geldigheid van het paradigma betrekkelijk bleek. Juist daardoor bevestigden dergelijke voorbeelden het paradigma, brachten ze verdere karaktertrekken ervan aan het licht en boden ze een vooruitblik op nieuwe conceptuele ontwikkelingslijnen.

In de praktijk van het toepassen werd de veronderstelde mogelijkheid van imitatie uitgeoefend in de vorm van benadering. Het waren benaderingen van een natuurkundig, astronomisch, technisch of bedrijfskundig gegeven door een

91 [Kendall 1943] *The Advanced Theory of Statistics* (2 Vols) /M.G. Kendall. London: Charles Griffin & Co., 1943. Dit boek beleefde vele herdrukken.

92 M.J. van Uven (1878-1959). [Uven 1935] *Mathematical Treatment of the Results of Agricultural and Other Experiments* /M.J. van Uven. Groningen: Noordhoff, 1935.

wiskundig object, alsof dat gewoon kan, alsof het benaderende (wiskundig object) en het benaderde (empirisch-wetenschappelijk object) van dezelfde aard zouden zijn.

Gaandeweg realiseerde men zich in de natuurwetenschappelijke toepassingsfeer, in de techniek en in het rekenwerk dat het benaderen niet zonder vooronderstelling was. Mach en de natuurkundigen bijvoorbeeld werden door het ostentatief gebruik van metaforen met de neus gedrukt op de ongelijkheid van aard tussen wiskundig en natuurkundig object. Runge en de rekenaars in de geavanceerde techniek leerden onderscheiden tussen approximatiemethoden als intern-wiskundige procedures en het benaderen als toepassing. Zowel in het numerieke als in het mathematisch-statistische domein ontwikkelde men manieren van benaderen van het benaderen.

Benadering van objecten alsof het objectgebied gemathematiseerd was, bleek de gemeenschappelijke karaktertrek van toegepaste wiskunde te zijn. De relativering van binnenuit uitte zich in verschillende richtingen, van terughoudendheid ten aanzien van het benaderen überhaupt (metaforen in natuurkunde) via benaderen van de mate van benadering (mathematische statistiek, numerieke analyse) tot helder expliciet stellen van de vooronderstellingen. De eerste twee antwoorden lieten de grenzen van het paradigma van toegepaste analyse zien, het derde doorbrak die. Met het expliciet stellen van de mathematiseringsvooronderstelling was de stap gezet naar het wiskundig modelleren.

2.3 Mathematiseren en wiskundig modelleren

De productie van wiskundige modellen was honderd jaar geleden een bescheiden nijverheid. Uitgevers en ondernemende professoren legden zich toe op het vervaardigen van modellen in draad, gips en karton. Hoogtijdagen waren de grote tentoonstellingen in Kensington Park, Londen 1872, en in München 1893⁹³. Men treft in de meeste universiteiten nog restanten aan van de destijds met liefde aangelegde modellenverzamelingen. Veraanschouwelijking van wiskundige samenhangen is het nut van zulke objecten en dat was indertijd speciaal relevant, omdat de theoretische ontwikkeling van de analyse de behandeling van hogeregraads oppervlakken binnen bereik had gebracht. En zelfs voor de bijziende Ludwig Boltzmann⁹⁴ zei de aanblik van zo'n model meer, en stimuleerde de wiskundige creativiteit meer dan bladzijden vol formules.

Sinds die tijd is het aanschouwelijk element in de wiskunde-beoefening meer en meer op de achtergrond geraakt, niet in de laatste plaats dankzij een radicalisering van diezelfde theoretische ontwikkeling⁹⁵. Boltzmann werd door de gipsmodellen geblokkeerd in zijn filosofische creativiteit. Hij beschikte over alle elementen en over de visie om het hedendaagse begrip wiskundig model te formuleren en weigerde met zoveel woorden. Een model moest tastbaar zijn. Hij signaleerde scherp dat Hertz, Mach en Planck anders omgingen met de wiskunde in de fysica dan tot dan toe gebruikelijk was, dat ze hun waarheidsoordeel opschortten en zich lieten leiden door overwegingen van denkeconomie, dat mechanische modellen een belangrijke functie hadden in die nieuwe ontwikkeling – en daar hield het op. Verder wenste Boltzmann niet mee te gaan.

Philip Jourdain⁹⁶, oprichter van *Isis*, is ten onrechte vergeten. Hij was als weinig Engelse tijdgenoten op de hoogte met Duitse ontwikkelingen in de theoretische fysica en in de filosofie. Hij was een groot bewonderaar van Ernst Mach,

93 [Dyck 1892] *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente* /Walther Dyck (Hrsg.; im Auftrag der Deutsche Mathematiker-Vereinigung). München: C. Wolf & Sohn, 1892.

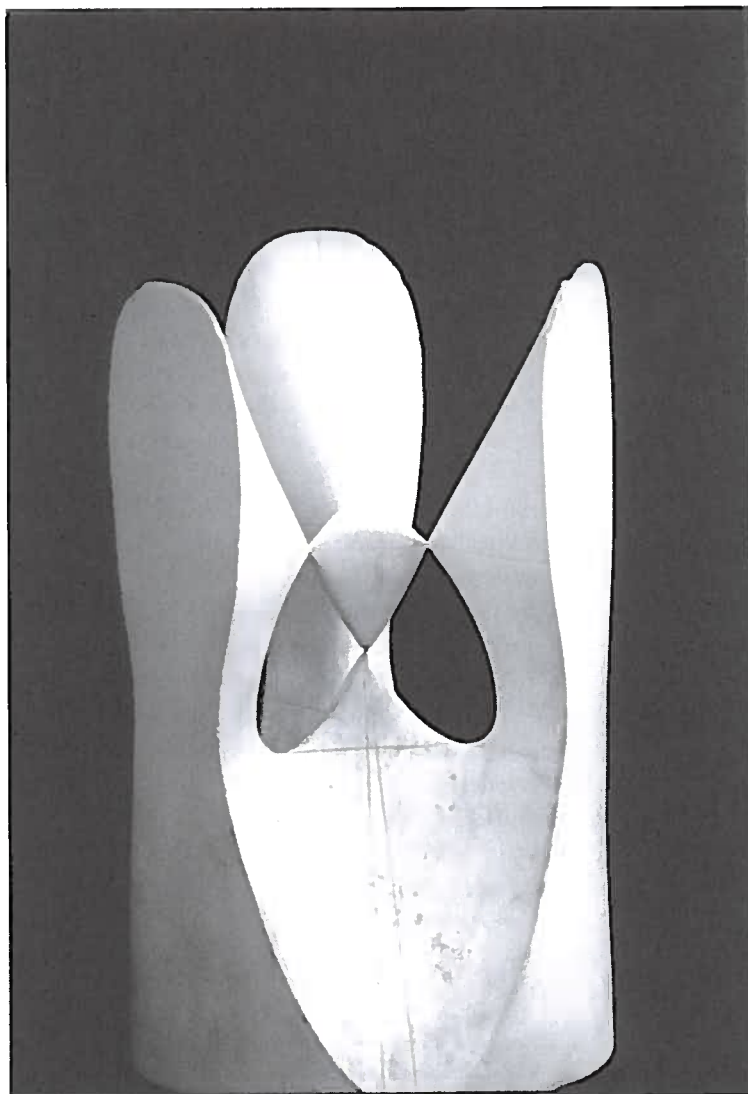
[Dyck 1893a] idem, *Nachtrag*. 1893.

[Dyck 1893b] *Einleitender Bericht über die Mathematische Ausstellung in München* /Walther Dyck (Vortrag DMV). München: J.G. Cotta, 1893.

94 [Boltzmann 1892] 'Über die Methoden der theoretischen Physik' /L. Boltzmann. In: [Dyck 1892 pp. 89-98]. [Boltzmann 1911] 'Model' /Ludwig Boltzmann. Lemma in: *The Encyclopaedia Britannica* 11th edition Vol. XVIII. Cambridge: Univ. Press, 1911; pp.638-640.

95 Vergelijk [Berghuys 1952]. De afgelopen vijftien jaar is de aanschouwing weer helemaal terug. De gipsmodellen zijn weer te koop, de boeken over fractals mogen zich in een breed publiek verheugen.

[Fischer 1986] *Mathematische Modelle/Mathematical Models. From the Collections of Universities and Museums* (2 Vols.) /Gerd Fischer (ed.). Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1986.



Wiskundig model zoals gangbaar rond 1900, tastbaar.

- 96 Philip E.B. Jourdain (1879-1919) schreef een reeks ongewoon scherpzinnige artikelen over de conceptuele ontwikkeling van de logica, de wiskunde en de mathematische fysica. Hij gaf werk van De Morgan, Boole, Cantor, Lagrange, Jacobi, Gauss en Mach in het Engels uit, was redacteur van *The Monist* en *Isis*. Het was een daad van simpele rechtvaardigheid dat zijn essay over de aard van de wiskunde het onlangs heruitgegeven *The World of Mathematics* opende.

[Jourdain 1912] *The Nature of Mathematics* /Philip E.B. Jourdain. London/Edinburgh: T.C. & E.C. Jack (*The People's Books*); New York: Dodge, s.a. [1912]. repr.ed. in [World 1956 pp.4-72].

[World 1956] *The World of Mathematics* (4 Vols)/James R. Newman (ed. & comments). New York: Simon and Schuster, 1956¹; 1989²



Philip Jourdain (links) en Emile Borel waren de eersten die de woorden 'wiskundig model' in moderne zin gebruikten, in 1912. Zij vonden echter geen navolging, wat in Borels geval des te verbazingwekkender, omdat hij midden in het wiskundig onderzoek stond.

vertaalde diens werk en deed wat we op grond daarvan niet mochten verwachten: hij poneerde wel het begrip wiskundig model. Jourdain koos de opzet van het hoofdstuk over toepassen van zijn essay *The Nature of Mathematics* heel tactisch zo dat hij stellerwijs de conceptuele problemen van Hertz en Mach en de blokkade van Boltzmann, die hem bekend moeten zijn geweest, wist te vermijden. Hij stelde eenvoudig dat het doel van veel wiskunde beschrijving was, eenvoudige en voorzover mogelijk nauwkeurige beschrijving van zintuiglijk waargenomen dingen. Een goed beeld zou geen letterlijke nauwkeurigheid beogen, slechts een concrete indruk; dikwijls een betere indruk dan een model, een model in was bijvoorbeeld. En na die voorbereidingen was de lezer van het essay klaar voor de volgende stelling.

'Our ideal in natural science is to build up a working model of the universe out of the sort of ideas that all people carry with them everywhere "in their heads", as we say, and to which we appeal when we try to teach mathematics.'

Zo'n 'working model' werd volgens Jourdain dikwijls geconstrueerd uit praktische behoefte, de behoefte te voorspellen. De zeevaartalmanak, samengesteld op basis van een model van het zonnestelsel, was zijn voorbeeld.

'Indeed, the "world" with which we have to deal in theoretical or mathematical mechanics is but a mathematical scheme, the function of which it is to imitate, by logical consequences of the properties assigned to it by definition, certain processes

of nature as closely as possible. Thus our “dynamical world” may be called a model of reality.’

En hoewel hij uitdrukkelijk waarschuwde dit model niet te verwarren met de werkelijkheid, had hij geen moeite met een strikte koppeling van wiskunde aan logica. Met de verzekering dat wiskunde ‘is based on logic, and on logic alone’ was hij dan ook rond:

“Thus with a purely mathematical model of the solar system, we can tell, with an approximation which depends upon the completeness of the model, the relative positions of the sun, stars and planets several years ahead of time; this it is that enables us to publish the Nautical Almanac, and makes up to us, in some degree, for our inability “to grasp this sorry scheme of things entire [...] and remould it nearer to the heart’s desire”.⁹⁷

Het waren dus wiskundige substanties waaruit Jourdain’s ‘working model’ was opgebouwd. Dit bijna plastische platonisme onderscheidde hem van zijn tijdgenoten en stelde hem in staat van model te spreken. Naar platonistische opvatting zouden de objecten van wiskunde bestaan, zij het in een andere werkelijkheid. Jourdain plaatste hier de wiskundige objecten, althans de grondstof ervoor, in de hoofden van de mensen. Ze waren net niet tastbaar, maar wel aanspreekbaar. En deze kneedbare objecten verbond hij ook nog eens met de ervaringswereld.

Een logistische opvatting van wiskunde, die hij deelde met Hertz, Mach en andere tijdgenoten, deed hem de dynamiek, en daarmee de voorspellende kracht, leggen in de overeenstemming tussen wetmatigheden in de wereld en logische noodzakelijkheden in het ‘scheme’. De ongewone vermenging van platonisme en logicisme bij Jourdain maakt het enigszins begrijpelijk dat hier voor het eerst het begrip wiskundig model in zijn nieuwe betekenis kon optreden. Het was te vroeg⁹⁸, het zou elders en decennia later opnieuw uitgevonden worden.

Was Jourdain te zeer een eenling in zijn visies om navolging te vinden? Had Boltzmann met zijn conceptuele blokkade toch de vinger gelegd op een wezenlijk bezwaar? Er was duidelijk behoefte aan nieuwe begrippen op die punten – aangestipt in de vorige paragraaf – waar het klassieke paradigma van toegepaste wiskunde van binnenuit werd ondergraven. ‘Scheme’, ‘symbol’, ‘image’, in uiteenzetting met de opvattingen van Mach, Hertz, Boltzmann en anderen bracht Jourdain een palet aan suggesties ter tafel. In een daaruit volgend debat met N.R. Campbell hekelde hij het onbezonnen gebruik van veelgeplaagde begrippen als ‘theory’, ‘law’ en ‘hypothesis’.⁹⁹ Buiten het bereik van het oude paradigma

97 [Jourdain 1912 pp.53-55]. De in het eerste citaat bedoelde ideeën die de mensen in hun hoofd hebben, zijn die van getal, orde en numerieke maten van tijd en afstand, enzovoorts.

98 Ik heb althans geen tekenen van doorwerking van Jourdain’s visie gevonden; wel de opvallende afwezigheid van het begrip bij de *Wiener Kreis*, bij Von Mises en bij Carnap.

ma werden nieuw suggesties aangedragen, maar Jourdain's suggestie vond geen genade.

Intussen deed Jourdain iets wat bepaald niet ongewoon is bij auteurs die een nieuw begrip introduceren. Hij projecteerde het op de geschiedenis. De hele natuurkunde zou één groot wiskundig model zijn, met de mechanica als prominent onderdeel, en Galilei en Newton zouden dan de eerste modelleerders zijn geweest. Sterker nog, het ging Jourdain in het besproken hoofdstuk van zijn essay om een reconstructie van de moderne natuurwetenschap. Deze ambitie in combinatie met de doelgroep van het boekje, het algemene publiek, kan deels verklaren dat zijn introductie van het begrip wiskundig model destijds onopgemerkt bleef.

Jourdain was in zijn visie op het toepassen van wiskunde uiterst modern, zijn tijd vooruit of althans lichtvaardiger dan collega's als Boltzmann. Juist wat hij de lezer als vanzelfsprekendheden voorzette, waren in die expliciete vorm jonge verworvenheden. Het beschrijven, het pragmatisme van een 'working model', het praktijkgerichte, het logicisme, het waren benaderingen die kort daarvoor onder woorden waren gebracht. Jourdain's weergave was spannend vanwege de toenmalige actualiteit; als reconstructie van de voorgeschiedenis was het al te wild, omdat het de ontwikkeling waaruit die visie naar voren kwam per se verduisterde. Men kan van Galilei of Newton niet stellen dat zij een *working model* beoogden. Nee, Galilei wilde het boek der natuur lezen en stelde zich het streven naar waarheid en het streven naar technische beheersing niet als gescheiden doelen.

Blokkade, mysterie, model

Niettemin, het was 1912, de suggestie van Jourdain lag klaar en paste op de problematiek. Tegelijkertijd was er de blokkade, het duidelijkst verwoord door Boltzmann.

In de relatie tot de natuurkunde, het domein bij uitstek van het klassieke toepassen, was er sinds Clausius en sinds Maxwell alle aanleiding om de rol van de wiskunde opnieuw te overdenken. Dit gebeurde ook. Het benaderingsparadigma van de toegepaste analyse werd er van binnenuit gerelativeerd. Ernst Mach verwoordde de pragmatische benadering in termen van analogieën en metaforen; Henri Poincaré maakte het stellen van hypothesen tot kern van een geactualiseerde wetenschapsopvatting. Beider visies werden in brede kring ontvangen als adequate verwoording van de verschuivende status van wetenschap.

99 [Jourdain 1909] 'The Relevance of Mathematics' /Philip E.B Jourdain. In: *Nature* LXXX (1909) pp.382-384.

Alleen al de titel van Poincaré's boek *La science et l'hypothèse*¹⁰⁰ resoneerde bij een veel breder publiek dan degenen die inhoudelijk in zijn conventionalisme geïnteresseerd waren. Deze reflecties op wetenschap in het algemeen voerden de boventoon. Voor de impliciet aangewezen veranderde rol van het wiskundig denken boden deze opvattingen echter geen nieuwe woorden; Poincaré, zelf vooraanstaand wiskundige, gaf een nieuwe invulling aan een klassiek begrip. Er werd door wiskundigen vanuit al hun verschillende filosofieën naarstig gezocht naar de geschikte terminologie, maar waar die zich aanbood werd ze niet herkend. Dat was het geval bij Jourdain. Het meest verbijsterende voorbeeld biedt echter het werk van de Fransman Emile Borel.

Borel was, anders dan Jourdain, in de eerste plaats praktizerend wiskundige. Hij evenaarde Poincaré in breedte en diepgang van wiskundig werk, van verzamelingenleer, topologie en grondslagen van de waarschijnlijkheidsrekening in de zuivere wiskunde tot bijdragen aan de theoretische fysica. Hij begaf zich niet in filosofische reflecties en bereikte niet dat grote publiek dat Poincaré wist aan te spreken. Borel verbaasde zich niet over de bruikbaarheid van wiskunde.

'Het mag duidelijk zijn dat er niets mysterieus schuilt in het gegeven dat de wiskundige theorieën die opgesteld waren naar het model van bepaalde verschijnselen, verder ontwikkeld konden worden en een model van andere verschijnselen konden verschaffen; dit gegeven verdient toch even onze aandacht, want het heeft een belangrijke praktische consequentie: als nieuwe fysische verschijnselen *nieuwe wiskundige modellen opperen*, dan zullen de wiskundigen zich aan het onderzoek van deze nieuwe modellen en de generalisaties ervan moeten zetten, in de gerechtvaardigde hoop dat de aldus gevormde nieuwe wiskundige theorieën vruchtbaar zullen blijken, door op hun beurt de natuurkundigen nuttige denkvormen aan te reiken.'¹⁰¹

Borel kon het kennelijk stellen zonder conceptuele obstakels. Blijkens het vervolg van zijn voordracht was een wiskundig model voor hem eenvoudig een partiële of een voorlopige theorie. Van Borel kan men, anders dan van Jourdain, met geen mogelijkheid volhouden dat hij niet beroemd was, of minder bekend zou zijn onder de actieve wiskundigen en toepassers. De aanleiding tot de rede waaruit dit citaat komt en de meervoudige publicatie getuigen van het tegendeel. De vakgenoten die zulke dingen niet lazen, moeten toch zijn artikel over 'Modèles arithmétiques'¹⁰² uit datzelfde jaar 1912 opgemerkt hebben.

100 [Poincaré 1902] *La science et l'hypothèse* /Henri Poincaré. Paris: Flammarion, 1902. Nederlands: *Wetenschap en hypothese*, vert. W.A. Verloren van Themaat. Amsterdam: Boom 1979.

101 [curs. GA]: '[...] suggèrent des modèles mathématiques nouveaux [...]' [Borel 1912b p.317] 'Les théories moléculaires et les Mathématiques' /Emile Borel. (Conférences faites à l'occasion de l'inauguration du Rice Institute, à Houston.) In: *Revue générale des Sciences* 23 (1912) pp.842-853. Repr. ed. in: [Borel 1940 pp.316-340] *Selecta. Jubilé Scientifique de M. Emile Borel*. Paris: Gauthier-Villars, 1940. Ook verschenen in het Engels als 'Molecular Theories and Mathematics' /Emile Borel. In: *Annual Report of the Smithsonian Institute*. Washington, Smithsonian, 1913. Ook in: *Rice Institute Pamphlet* 1 (1915) pp.163-193.

Geen wonderen zag Borel, gewoon wiskundige modellen. En toch werd het begrip van hieruit niet algemeen overgenomen: niet door de Nederlander J.A. Schouten bijvoorbeeld, die op een aangrenzend terrein werkzaam was¹⁰³ en contact had met Borel; niet door de Duitse toegepaste wiskundige Richard von Mises, de oprichter van ZAMM, die zich niet alleen het hoofd brak over de aard van de toegepaste wiskunde, maar zich ook intensief bezighield met grondslagen van de waarschijnlijkheidsrekening; niet door zovele anderen.

Het mysterieuze was dus niet het begrip wiskundig model, maar het feit dat het niet overgenomen werd. De zinswendingen van Jourdain en Borel verraden dat zij zich bewust waren een nieuwe zegswijze te bezigen. Tegelijk suggereert de vloeiende en schijnbaar probleemloze introductie van het begrip door deze beide auteurs de mogelijkheid dat het in 1912 of daaromtrent bij verschillende auteurs had kunnen optreden. Opvallend genoeg ontbrak het voor 1945.

Er was een grote groep wiskundigen, filosofen en andere wetenschapsbeoefenaren die zichtbaar op zoek waren naar een adequaat begrip van de op drift geraakte rol van het wiskundig denken. Noties als enerzijds 'schema', 'structuur' en 'systeem', anderzijds 'mathematisering' en 'formalisering' tonen zonneklaar in welke richting de speurtocht ging; ze passeerden zonder te bekijken. De term 'wiskundig model' was bezet voor een ander type objecten, hoewel Borel bewees dat dit geen overwegend bezwaar had hoeven zijn. De blokkade van Boltzmann geeft aan dat er meer aan de hand was dan een woordcombinatie die al een betekenis had. Er was een conceptuele barrière te overwinnen. Het lijkt wel of zonder een moeizaam doorbreken van begripsmatige kaders geen enkele uitkomst als bevredigend kon verschijnen.

Wat daarvan zij, zowel binnen (§2.3.a) als buiten (§2.3.b) het domein dat geregeerd werd door het paradigma van de toegepaste analyse, werkten gedreven wetenschappers toe naar nieuwe manieren om het wiskundig denken in te zetten. Die nieuwe werkwijze werd als het ware bezegeld door dat 'nieuwe' begrip. Aan de convergentie van beide ontwikkelingen ontleen ik een interpretatie van het resulterende 'wiskundig modelleren' als expliciet geworden mathematisering (§2.3.c).

102 Het ging alweer over thermodynamica: [Borel 1912a] 'Modèles arithmétiques et analytiques de l'irréversibilité apparente' /Emile Borel. In: *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 154 (1912) pp.1148-1150.

103 Schouten beschrijft in zijn Amsterdamse oratie zonder het begrip in te brengen precies hetzelfde gegeven waar Borel op doelt. [Schouten 1949] *Over de wisselwerking tussen wiskunde en physica in de laatste 40 jaren* /J.A. Schouten (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949; opgenomen in [Dijkhuis/Lauwerier 1994] *Schouten beschouwd* /B. Dijkhuis en H.A. Lauwerier (red.). Amsterdam: CWI, 1994.

2.3.a Noties van model in het klassieke toepassen

Het was goed beschouwd vanuit het werk van Heinrich Hertz dat de zaken uit elkaar liepen. Boltzmann stuitte, strikt in de lijn van Hertz opererend, op zijn blokkade. Jourdain benutte de ruimte die mede door Hertz' onderscheidingen was aangereikt voor zijn nieuwe ideeën. Jourdain had in zijn presentatie op essentiële punten Hertz gevolgd in diens inleidende hoofdstuk van *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt*.

'Das Verfahren aber, dessen wir uns zur Ableitung des Zukünftigen aus dem Vergangenen und damit zur Erlangung der erstrebten Voraussicht stets bedienen ist dieses: wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, daß die denknorwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände.'¹⁰⁴

Hertz tekende hierbij nog aan dat, wilde aan de hier geformuleerde eis voldaan kunnen worden, er op voorhand zekere overeenstemming tussen de natuur en ons denken (*unserem Geiste*) zou moeten bestaan, maar liet het daar verder bij. De ervaring leerde hem dat dit het geval was¹⁰⁵. De 'beelden' hoefden overigens slechts op dit ene wezenlijke punt met de dingen overeen te stemmen: dat de logische (denknoodzakelijke) gevolgen van de beelden weer beeld zouden zijn van de natuurnoodzakelijke gevolgen van de afgebeelde voorwerpen. Verdere overeenkomst tussen onze voorstelling en de dingen was voor het doel niet nodig, stelde hij, en zouden we ook niet kunnen kennen.

'Ist es uns einmal geglückt, aus der angesammelten bisherigen Erfahrung Bilder von der verlangten Beschaffenheit abzuleiten, so können wir an ihnen, wie an Modellen, in kurzer Zeit die Folgen entwickeln, welche in der äußeren Welt erst in längerer Zeit oder als Folgen unseres eigenen Eingreifen auftreten werden; [...]'¹⁰⁶

Hertz hield het duidelijk bij 'zoals', 'wie an Modellen'. Modellen en systemen waren materieel; zo niet fysiek, dan toch fysisch gedacht.

104 [Hertz 1894 p.1] *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt* /Heinrich Hertz. Hrsg. von Ph. Leonard; mit einem Vorworte von H. von Helmholtz. Leipzig: J.A. Barth. 1894 (*Gesammelte Werke von Heinrich Hertz*, Band III).

Dit boek van Heinrich Hertz (1857-1894) verscheen in 1894 postuum, nog wel op zijn aanwijzingen, meteen als deel 3 van zijn verzameld werk, hetgeen voldoende zegt over zijn roem. Zijn leermeester H. von Helmholtz (1821-1894) overleefde hem juist.

105 Afgezien van veronderstelling van kenbaarheid van de buitenwereld überhaupt, beroerde Hertz hier impliciet de veronderstelling van de mathematiseerbaarheid van de natuur (Vgl. 'Perspectief').

Dit boek van Heinrich Hertz (1857-1894) verscheen in 1894 postuum, nog wel op zijn aanwijzingen, meteen als deel 3 van zijn verzameld werk, hetgeen voldoende zegt over zijn roem. Zijn leermeester H. von Helmholtz (1821-1894) overleefde hem juist.

106 [Hertz 1894 pp.1,2]

Mechanische modellen

‘Die Übereinstimmung Geist und Natur lässt sich also vergleichen mit der Übereinstimmung zwischen zwei Systemen, welche Modellen von einander sind, und wir können uns sogar Rechenschaft ablegen von jener Übereinstimmung, wenn wir annehmen wollen, dass der Geist die Fähigkeit habe, wirkliche dynamische Modelle der Dinge zu bilden und mit ihnen zu arbeiten.’¹⁰⁷

Zo vergeleek Hertz ‘Bild’ en ‘Modell’, maar ondanks deze inspiratie hield hij het wat de rol van wiskunde en axioma’s betreft bij *Bild*¹⁰⁸. Een ander aspect van wiskunde, het rekenwerk, werd in veel nauwer verband met modellen gebracht. In Hertz’ tijd was het niet ongewoon een beroep te doen op gedachtenmodellen, net als op gedachtenexperimenten. Het atoommodel van Bohr was wellicht het bekendste uit die sfeer, het biljartballenmodel voor de thermodynamica kwam hierboven al ter sprake. Hoezeer zulke gedachtenmodellen ook hingen op de mathematische formulering, de overgang naar mathematische modellen vereiste een reflectiestap in andere richting.

De constructie van mechanische modellen waaraan plaatsvervangend gemeten werd, kende een tak die zich meer en meer toespitte op de bouw van analoge rekenapparaten: zowel mechanische constructies als elektrische circuits. Deze activiteiten kwamen aanvankelijk op in dezelfde tijd, de laatste decennia van de negentiende eeuw, en dezelfde sfeer als de productie van wiskundige modellen. De mechanische modellen werden echter, in tegenstelling tot de wiskundige, in de twintigste eeuw verder ontwikkeld en wijder verbreid. Het bekendst waren de *differential analysers* die Vannevar Bush en Douglas Hartree rond 1930 bouwden¹⁰⁹. De elektrische circuits werden eveneens dikwijls als model aangeduid. Hoewel deze modellen uiteindelijk een vrijwel geheel rekenkundig karakter hadden, bleven het analogie-machines. Ook in dit domein vond begrippelijkerwijs niet de reflectiestap naar wiskundig model plaats. Toch was er continuïteit in het benutten van mechanische modellen, gedachtenmodellen en analoge machines en het latere gebruik van wiskundige modellen. Er was geen conceptuele samenhang tussen die verschillende categorieën van model, wel praktische nabijheid.

Hoe moeilijk het was om het aspect van het materiële los te laten toont een terugblik van A.D. Fokker.

107 [Hertz 1894 p.199 (#428)] ‘System’ is bij Hertz steeds fysiek gedacht.

108 Pas Wittgenstein zou op dit punt de lijn wel doortrekken ‘Das Bild ist ein Modell der Wirklichkeit. Vgl. hierboven p. 94. [Wittgenstein 1921 2.1].

109 [Bush 1931] ‘The Differential Analyzer. A New Machine for Solving Differential Equations’ /Vannevar Bush. In: *Journal of the Franklin Institute* 212 (1931), pp.447-488.
[Hartree 1949] *Calculating Instruments and Machines* /Douglas R. Hartree. Urbana: Univ. of Illinois Press, 1949.

Jaren van berekening

'Beproefde men vroeger de onstoffelijke verschijnselen te verklaren met behulp van mechanisch tastbaar stoffelijke modellen, thans beproeft men de tastbare stof te doorgronden met de denktuigen ontleend aan de studie van onstoffelijke straling.'¹¹⁰

Ook waar die fysische modellen niet tastbaar waren, waren fysische objecten bedoeld. Eventueel waren het gedachtenmodellen, naar analogie van gedachtenexperimenten, maar altijd natuurkundig van stof, van de ethermodellen van Lorentz tot de atoommodellen van Bohr.

Hertz' Bild

Hertz ging dus in zijn reflectie op de rol van de wiskunde niet verder op 'Modell, maar op 'Bild'. Voor zo'n *Bild* ontwikkelde hij een drietal criteria, dat niet te verzoenen was met het benaderingsparadigma van de klassieke toegepaste wiskunde. Een goed beeld zou *toelaatbaar* zijn, *correct* en *doelmatig*. Het eerste criterium was de interne eis niet in strijd te zijn met 'de wetten van ons denken'; 'logisch zulässig' zei Hertz, (logische) consistentie. Correctheid was de eis van overeenstemming met het afgebeelde. Onjuist was in zijn ogen een toelaatbaar beeld, wanneer de essentiële relaties in strijd waren met de relaties tussen de dingen buiten. Door het stellen van deze twee criteria wees Hertz op de feilbaarheid van theorievorming, en relativeerde zo het paradigma van werkelijkheidsbenadering. Maar hij ging een stap verder.

Van twee toelaatbare correcte beelden van hetzelfde voorwerp was dat het doelmatigst wat de meeste wezenlijke relaties van het voorwerp weerspiegelde, wat het duidelijkst was. Bij gelijke duidelijkheid was het eenvoudigste beeld het meest efficiënt. Over de doelmatigheid kon verschil van mening bestaan; het ene beeld zou in de ene richting, het andere in de andere richting voordelen kunnen bieden. Met richting doelde Hertz, blijkens het vervolg van het boek, op de kant waarheen, of het deelonderwerp waarop, de fysische theorie zou worden uitgewerkt. Zo was het hem hier in navolging van Von Helmholtz speciaal te doen om 'cyklische Systeme', met name om 'Systeme mit verborgenen Massen'. Hij wilde de grotere doelmatigheid van zijn *Bild* in vergelijking met het Newton-Lagrange-*Bild* van de mechanica laten zien op het punt van potentiële energie.

'Die Aufgabe, welche der Mechanik in Hinsicht der Systeme mit verborgenen Massen zufällt ist diese: die Bewegungen der sichtbaren Massen des Systems oder auch die Veränderungen der sichtbaren Koordinaten des Systems vorauszubestimmen trotz der vorhandenen Unkenntnis über die Lage der verborgenen Massen' en:

'Die kinetische und die potentielle Energie eines konservativen Systems unterscheiden sich von einander nicht durch ihre Natur, sondern nur durch den frewilligen

110 [Fokker 1952 p.164] 'De natuurkunde voorheen en thans' /A.D. Fokker. In: [Tijd 1952 pp.158-164] *De tijd waarin wij leven* (Speciaal nummer van *De Gids* 1952-II pp.57-292).



Heinrich Hertz (linksboven), 'Bild', en Ludwig Boltzmann (rechtsboven), 'blokkade', stonden in een traditie van zorgvuldig vasthouden aan het onderscheid tussen wiskunde en natuurkunde. Via Boltzmanns leerling Paul Ehrenfest (onder) was deze traditie ook prominent in Nederland vertegenwoordigd. Ehrenfest was de leermeester van onder meer Jan Burgers en Jan Tinbergen.

Standpunkt unserer Auffassung, oder die unfreiwillige Beschränkung unserer Kenntniss von den Massen des Systems.¹¹¹

De fysicus kon dus uit overwegingen van doelmatigheid kiezen voor, of zich gedwongen weten tot, een beperking van zijn kennis. De doelmatigheidsoverweging leidde dus niet alleen tot het pragmatisch opschorten van de werkelijkheidsbenadering, zoals bij Navier. Het bleek doelmatig en correct te kunnen zijn om welbewust af te zien van gedetailleerde weergave van de werkelijkheid en toch over te gaan tot een wiskundige formulering. Men kon dus bewust streven naar uiterlijke beschrijving – in hedendaagse terminologie ‘black box-benadering’ – en dat was een vrijheid die het oude paradigma niet geboden had.

Een facet van negentiende-eeuwse wetenschap, dat hierboven in de beschrijving van de overgang van geleerdheid naar onderzoek al naar voren kwam, werd door Hertz expliciet gemaakt. Hij omschreef als een van de karaktertrekken van de wetenschap van zijn tijd dat de principes hun status verloren hadden van metafysisch inzicht en hij trok er de consequentie uit. Ieder stelstel uitspraken waaruit zich, zonder beroep op de empirie, de hele mechanica laat afleiden, zou voldoen als ‘principes’. Verschillende stelsels kon men beoordelen en vergelijken op toelaatbaarheid, correctheid en doelmatigheid. Zoveel van het oude wetenschapsideaal beheerste echter zijn denken nog, dat hij meende dat uiteindelijk één *Bild* het juiste en meest doelmatige zou zijn.

Het opschorten de waarheidsaanspraak ten aanzien van fysische theorievorming was onder de fysici een nog veel ernstiger twistpunt dan het opgeven van het materiële aspect van modellen waarvoor Boltzmann terugschrok. Op dit punt stonden de visies scherp tegenover elkaar. Aan de ene kant stonden Maxwell, Mach en Gibbs die zonder schroom een pragmatische visie uitdroegen. Aan de andere kant stonden de fysici die vasthielden aan het fysisch karakter van de fysica zoals Von Helmholtz, Boltzmann en Hertz. Deze tweede visie zou in Nederland prominent vertegenwoordigd worden door de benoeming in Leiden in 1911 van Boltzmanns leerling Paul Ehrenfest. Het was wonderlijk genoeg juist in het kader van deze tweede visie dat aanzetten werden gegeven tot een wiskundig modelbegrip. Bij de pragmatici bestond daaraan namelijk weinig behoefte. Het ging Mach en de filosofen van de *Wiener Kreis*, die zich op hem beriepen, om analogieën en metaforen, en daaronder viel het wiskundig model of Hertz’ *Bild* moeilijk te begrijpen. Een bepaald type analogie is name-

111 [Hertz 1894 pp.253;256]. Een systeem was hier steeds een stoffelijk stelsel (van puntmassa’s). Hertz’ bestudering van cyclische systemen met ‘zurücklaufende Bewegung’ maakte terugkoppelingsverschijnselen theoretisch expliciet en was een scharnierpunt in de inhoudelijke ontwikkeling van de toegepaste wiskunde. Het was een van de belangrijkste toevoegingen op de in de lijn van Newton en Lagrange ontwikkelde wiskundige vergelijkingen – en het functioneerde als hefboom voor de formulering van zijn ‘Bild’. Later zou juist deze wiskunde terugkeren in de conjunctuurcyclen in de econometrie van Tinbergen en in de cybernetica van Norbert Wiener.

lijk de structurele analogie. De structurele overeenkomst is dan het vehikel van een analogie tussen twee zaken. Het is wel mogelijk zo'n gemeenschappelijke structuur op zichzelf te stellen en als wiskundig model te beschouwen, maar daardoor wordt het voertuig van de analogie verzelfstandigd en verdwijnt de analogie buiten beeld. Deze overweging maakt het ontbreken van de notie van wiskundig model bij Mach, Hahn, Neurath, Reichenbach, Carnap en anderen in de *Wiener Kreis*-traditie enigermate begrijpelijk¹¹².

Binnen de natuurkunde was Willard Gibbs een van degenen die zich tot woordvoerder maakten van de pragmatische, zo men wil sceptische, richting. In het voorwoord van zijn leerboek over statistische mechanica, juist het terrein waarop Krönig en Clausius de zaak aan het rollen hadden gebracht, schreef hij met betrekking tot het werkelijkheidsgehalte van zijn theorie:

'Difficulties of this kind have deterred the author from attempting to explain the mysteries of nature and have forced him to be contented with the more modest aim of deducing some of the more obvious propositions relating to the statistical branch of mechanics. Here, there can be no mistake in regard to the agreement of the hypotheses with the facts of nature, for nothing is assumed in that respect.'¹¹³

Dergelijke scepsis ging Paul en Tatjana Ehrenfest, in hun besprekingsartikel over de ontwikkelingen van dit gebied, veel te ver. Als verklaren niet meer zou zijn dan beschrijven en als hypotheses zo pragmatisch gekozen konden worden, dan waren we overgeleverd aan de willekeur.

'Die kinetische "Erklärungen" werden zu *Abbildungen* und dementsprechend jene beiden Gruppen von "Hypothesen" zu *willkürlichen Festsetzungen über den Aufbau des abbildenden Schemas*; nämlich zu Festsetzungen

- 1) über die Struktur des Gasmodelles
- 2) über die Auswahl der Bewegungsschar.'¹¹⁴

Het was de Ehrenfests nog immer te doen om fysisch inzicht. De rol van de natuurkunde moest derhalve dienend zijn en niet iedere natuurkundige waarheidsaan-

112 Het is natuurlijk niet uit te sluiten dat de term ergens terloops voorkomt, maar de bijdragen in de speurtocht naar het adequate begrip in de jaren dertig wijzen nadrukkelijk op het tegendeel.

113 [Gibbs 1902 p. x] *Elementary Principles in Statistical Mechanics. Developed with Especial Reference to the Rational Foundation of Thermodynamics* [J. Willard Gibbs. New York: Charles Scribner's Sons /London: Edward Arnold, 1902. (Yale Bicentennial Publications).

114 [Ehrenfest 1911 p.52] 'Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik' /P. und T. Ehrenfest. In: [Encyklopädie 1898 IV.32 (IV-4 Heft 6)] *Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* /Hrsg. Walther Dyck e.a.. Leipzig/Berlin: Teubner, 1898-1935. (Band IV Mechanik in 4 Teilbänden Hrsg. von F. Klein und C.H. Müller. Ehrenfests bijdrage, Heft 6 van Teilband 4, verscheen 12-12-1911). Curs. in origineel.

spraak onderuithalen. Juist het vasthouden aan het natuurkundige van de natuurkunde maakte dat zij een scherp oog hadden voor de rol van de wiskunde.

Paul Ehrenfest werd in 1911 in Leiden benoemd tot opvolger van Lorentz. Met zijn persoonlijkheid en zijn uitgesproken visie was hij een invloedrijk leermeester. Onder zijn leerlingen waren vooraanstaande natuurkundigen, technici en wiskundigen¹¹⁵. Het vooropstellen van natuurkundig inzicht, en in het verlengde daarvan de aandacht voor de onderscheiden rol van de wiskunde, was een hoofdelement uit de traditie van Von Helmholtz, Hertz en Boltzmann, dat hij doorgaf aan zijn leerlingen.

Jan Burgers werd in 1918 direct na zijn promotie bij Ehrenfest benoemd tot hoogleraar Aero- en Hydrodynamica aan de Technische Hoogeschool in Delft. Hij zou zich zijn carrière lang wijden aan de theorie van turbulentie, speciaal grenslaagproblemen. Zijn grote streven was inzicht te verwerven in het ontstaan van wervelingen. Het leidde tot de Burgersvergelijking¹¹⁶, een van zijn hoofdresultaten. Hij kon dankzij zijn wetenschapsideaal bij terugblik op zijn Delftse tijd zonder veel pijn toegeven in technisch-praktisch opzicht te zijn voorbijgestreefd door anderen.

‘Langs die weg is veel bereikt dat ik met mijn model niet kon: doch wat niet bereikt is, is een om zo te zeggen “absolute theorie”, die, uitgaande van de grondgegevens, tot de werkelijke sterkte van de turbulentie met haar verschillende aspecten voert. De theorie van de zg. “isotrope homogene turbulentie” kan laten zien hoe een eenmaal gegeven turbulentie zich ontwikkelt, doch hierbij wordt van een hypothetische formule gebruik gemaakt, die vele vraagstukken openlaat. Ik geloof te mogen zeggen dat ik voor mijn vereenvoudigd model meer principiële dingen kan bereiken.’¹¹⁷

Dit gedreven vasthouden aan theorievorming als uiteindelijk doel was traditioneel, om niet te zeggen ouderwets voor de tijd waarin Burgers functioneerde. Het gaf hem een voorsprong in het nadenken over een kwestie die andere natuurkundigen en ingenieurs verontachtzaamd hadden, de rol van de wiskunde. Zijn theorie was niet af. Burgers nam slechts genoeg met de wiskundige ver-

115 Van hen spelen in dit boek Kramers, Casimir, Burgers, Tinbergen en Struik nog een rol. Over Ehrenfest, zie [Klein 1970] *Paul Ehrenfest* /Martin J. Klein. Amsterdam: North Holland, 1970.

Over Ehrenfests invloed op Struik, Burgers en Tinbergen [Alberts 1994b] ‘On Connecting Socialism and Mathematics: Dirk Struik, Jan Burgers, and Jan Tinbergen’ /G. Alberts. In: *Historia Mathematica* 21 (1994), pp. 280-305.

116 [Burgers 1974] *The Nonlinear Diffusion Equation. Asymptotic Solutions and Statistical Problems* /J.M. Burgers. Dordrecht/Boston: Reidel, 1974.

117 [Burgers 1955a p.15] *Terugblik op de hydrodynamica* /J.M. Burgers (afscheidscollege). Delft: TH Afd. Werktb., 1955. N.B. het woord model is van 1955, aanvankelijk gebruikte hij ‘mathematical examples’, na 1940 ‘wiskundig model’. Veel meer over Burgers in hoofdstuk 6.



Jan M. Burgers: 'Een wiskundig model ter illustratie van...' (foto jaren twintig)

woording ervan als iets voorlopigs, als een partiële uitbeelding. De conceptuele ontwikkelingsgang laat zich aflezen uit de opeenvolging van titels van publicaties over het onderwerp.

[Burgers 1939] 'Mathematical Examples Illustrating Relations Occurring in the Theory of Turbulent Fluid Motion' /J.M. Burgers. In: *Verh. KNAW Eerste Sectie* 17 - 2 (1939), pp. 1-53.

[Burgers 1940a] 'Application of a Model System to Illustrate Some Points of the Statistical Theory of Free Turbulence' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* 43 (1940), pp. 2-12.

[Burgers 1940b] 'On the Application of Statistical Mechanics to the Theory of Turbulent Fluid Motion. A Hypothesis Which can Serve as a Basis for a Statistical Treatment of Some Mathematical Model Systems' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* 43 (1940), pp. 936-945, pp. 1153-1159.

[Burgers 1948] 'A Mathematical Model Illustrating the Theory of Turbulence' /J.M. Burgers. In: *Advances in Applied Mechanics* 1 (1948), pp. 171-199.

[Burgers 1955b] 'A Model for One-Dimensional Compressible Turbulence with Two Sets of Characteristics' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* B58 (1955), pp. 1-18.

De opeenvolging van titels zegt eigenlijk al genoeg: 'Wiskundige voorbeelden ter illustratie...'; 'Een modelsysteem ter illustratie' en '... de behandeling van enige wiskundige modelsystemen' en later 'Een wiskundig model ter illustratie...' en in 1955 ten slotte gewoon 'een wiskundig model voor...'. Burgers was te secuur om de later gangbare uitdrukking 'wiskundig model *van*' te gebruiken. Hij bracht hiermee een belangrijke karaktertrek van wiskundige modellen tot uitdrukking, namelijk dat er iets wordt uitgebeeld in – in wiskundige stof. Voorzover het om de term gaat, gebruikte Burgers waarschijnlijk in 1940 voor het eerst de woordcombinatie in de zin van 'systemen van vergelijkingen [... die] de rol van een mathematisch "model" kunnen spelen'¹¹⁸. Het model betekende bij Burgers niet, zoals bij Borel, 'partiële theorie', maar meer in de lijn van Hertz en Ehrenfest partiële uitbeelding van theorie in de quasi-reëliteit van de wiskunde. Burgers' notie van wiskundig model werd in eerste instantie betrekkelijk snel aanvaard in de wetenschappelijke ingenieurswereld, in tweede instantie overgenomen in de natuurkunde en andere klassieke toepassingsgebieden.

Het kon Burgers weliswaar niet deren in technisch opzicht voorbijgestreefd te zijn, dat hij toch met zijn afgeleide product naar buiten kwam, werd wel dege-lijk gedictieerd door de technisch-wetenschappelijke context van Delft. Het was Von Mises geweest die in het eerdergenoemde openingsartikel van het *ZAMM* de doelgerichtheid van het ingenieurswerk voor het wetenschappelijk ingenieurswerk had gekoppeld aan een bepaalde manier van gebruiken van wiskundige methoden. Hij constateerde dat geen opsomming van deelgebieden van de wiskunde – niet numerieke methoden, niet grafostatica, niet 'Approximationsmathematik' – nog een adequate afbakening van 'toegepaste wiskunde' kon bieden.

'De waarheid is dat de leer van de bouw van machines ons slechts kan leren hoe *vanuit een bepaald gebruiksdoel* de betreffende machine vorm moet krijgen en op precies dezelfde manier kan de wiskundige onmogelijk voor ieder afzonderlijk praktisch probleem vantevoren de passende methode of zelfs de uiteindelijke formule klaarleggen. Alleen nauwkeurige *kennis van het doel* kan op het laatste traject [van het toepassen] waarlijk een leidraad bieden.

Als er al een algemene karakterisering van de werkwijze binnen de ingenieurswiskunde is, dan is dat, dat er wordt uitgegaan van een bepaalde praktische opdracht die vervuld moet worden; en dat uit deels zeer uiteenlopende gebieden van de theorie alles erbij gehaald en toegesneden wordt, wat op enigerlei wijze als bruikbaar naar voren komt.¹¹⁹

118 [Burgers 1941 p.11-12] 'Beschouwingen over de statistische theorie der turbulente strooming' /J.M. Burgers. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden; Ned. Tijdschr. v. Natuurkunde* 8-1,2 (1941), pp. 5-18.

119 [Mises 1921 p.4-5]

Von Mises bracht hier het *externe doel als criterium* in voor het toepassen van wiskunde, een cruciaal moment. In feite was hij de eerste die met zoveel woorden afstapte van toegepaste wiskunde als aanwijsbaar deelgebied van de wiskunde. Hij maakte de weg vrij voor een notie van *toepassingsgerichtheid*. Het paradigma van de toegepaste analyse, in het bijzonder toegepaste mechanica als toepassing van de rationele mechanica, bleef voor Von Mises, voor Burgers en voor Biezeno fier overeind als ideaal. Zij onderscheidden principieel tussen theorie en hypothese. Burgers schaarde wiskundig model, voor zover hij dit begrip gebruikte, aan de kant van theorievorming. Maar in het licht van de ingenieurspraktijk was hij bereid tot vergaand pragmatisme. Dat dit pragmatisme überhaupt de toepassingsverhouding van de wiskunde zou gaan bepalen, dat het wiskundig modelleren het onderscheid in waarheidspretentie tussen 'hypothese' en 'theorie' zou wegvagen, was een begrijpelijk vervolg, dat echter bij hem absoluut nog niet aan de orde was.

De ingenieur die behoefte had aan concrete resultaten, werd bediend met rekenwerk. Specifiek het numeriek rekenen stond in het licht van het toepassen van de rationeel-mechanische benadering. Daar wilde men niet slechts een praktische waarheid, maar een theoretisch onderbouwde waarheid. En dan was enkele effectiviteit, 'als het maar werkt', niet goed genoeg; dan moest een in rede begrepen inzicht praktisch hanteerbaar worden gemaakt. Dit hield in een numerieke evaluatie van een analytisch resultaat. De 'numerieke analyse' zoals dit vakgebied zou gaan heten, was een laatste triomf, herfststooi, van het paradigma van de toegepaste analyse.

Er was een incongruentie tussen werkwijze en resultaten op technisch-wetenschappelijk gebied en het zelfbegrip van onderzoekers met de instelling van Burgers. Ze deden niet primair wat ze zeiden, wat ze zelf het belangrijkste vonden en waarop hun methodologische reflecties betrokken waren. Het ideaal was de ontwikkeling van theorie. De notie van theorie was toch al op drift en in de confrontatie met de eisen van de techniek realiseerde men zich eens te meer vergaande idealisering te plegen in het zoeken naar axiomatisch gefundeerde waarheid. Het begrip wiskundig model, zoals het door Burgers na 1940 werd gebruikt, gaf uitdrukking aan dit bewustzijn.

Resultaten, technische resultaten, daarentegen werden veeleer geboekt met de veel pragmatischer werkwijze zoals Von Mises die geschilderd had in 1921, door Burgers afgedaan als het stellen van hypothesen. De reflecties op het eerste, het besef tekort te schieten in het licht van het wetenschappelijk ideaalbeeld, mondden uit in het begrip wiskundig model. In de jaren vijftig werd het begrip dat uit deze reflecties was voortgekomen, overgeheveld naar het tweede, het pragmatische benaderend afbeelden van de werkelijkheid. Juist de bijdrage aan het ingenieurswerk ging wiskundig modelleren heten.

Terwijl het begrip wiskundig model dus relatief vroeg in de nabijheid van de natuurkunde ontvouwd werd, liet in Nederland de algemene acceptatie ervan op dit kerngebied van toepassing van wiskunde het langst op zich wachten, tot in de jaren zestig. Het was natuurlijk niet een tot Nederland beperkte ontwikkeling. Internationaal waren het Rosenblueth en Wiener die in 1945 de stand opmaakten. De premisse van tastbaarheid was definitief overwonnen. Zij spraken van theoretisch of formeel model, met als paradigmatisch voorbeeld een stelsel wiskundige vergelijkingen.

'A formal model is a symbolic assertion in logical terms of an idealized relatively simple situation sharing the structural properties of the original factual system.'
'We have shown that scientific knowledge consists of a sequence of abstract models, preferably formal, occasionally material in nature.'¹²⁰

2.3.b Buiten de klassieke toegepaste wiskunde

'Een voorbeeld van een mechanisme dat verdragingsgolven vertoont is het volgende model. De volgende economische grootheden worden beschouwd:

L het arbeidersinkomen,

Z het niet-arbeidersinkomen, kortweg "winst" te noemen,

U de waarde der verkochte consumptiegoederen,

V de waarde der verkochte investeringsgoederen,

De volgende betrekkingen worden aangenomen tussen deze grootheden, welke alle worden gemeten als afwijkingen van een bewegend evenwicht.

(1) De winstvergelijking [...]

$$Z = U + V - L$$

(2) [...] een vertraging aangenomen van één tijdseenheid [...]

$$V_t = \beta Z_{t-1}$$

(3) [...] de uitgaven voor consumptiegoederen [...]

$$U_t = L_t + \varepsilon_1 Z_{t-1} + \varepsilon_2 (Z_{t-1} - Z_{t-2})$$

Men vindt op eenvoudige wijze dat voor b.v. Z de bewegingsvergelijking geldt:

$$Z_t - (\beta + \varepsilon_1 + \varepsilon_2)Z_{t-1} + \varepsilon_2 Z_{t-2} = 0$$
¹²¹

Zo besprak Jan Tinbergen, ook een leerling van Ehrenfest, in een artikel uit 1938 over conjunctuurgolven, een model, een zeer elementair voorbeeld van zijn economische modellen, alsof het de gewoonste zaak van de wereld was. Twee jaar eerder echter had hij hard gewerkt om dit te mogen doen, in het beroemde Prae-advies voor de Vereniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek over de vragen:

120 [Rosenblueth/Wiener 1945 p.317; p.320] 'The Role of Models in Science' /Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener. In: *Philosophy of Science* XII (1945) pp.316-321.

121 [Tinbergen 1938] 'Verdragingsgolven en levensduurgolven' /J. Tinbergen. In: [Strijdkracht 1938 pp.143-150] *Strijdkracht door Wetensmacht. Opstellen aangeboden aan S. de Wolff ter gelegenheid van zijn 60e verjaardag* /J. v.d. Wijk e.a. (red.). Amsterdam: Arbeiderspers, 1938, pp.145-146.



Jan Tinbergen: 'de noodzaak van een kwantitatieve stylering' voerde hem van "model" naar model (foto uit de tijd van propaganda voor het Plan van de Arbeid, 1935/1936).

'Kan hier te lande, al dan niet na overheidsingrijpen, een verbetering van de binnenlandse conjunctuur intreden, ook zonder verbetering van onze exportpositie? Welke leering kan ten aanzien van dit vraagstuk worden getrokken uit de ervaringen van andere landen?'¹²²

Het gaat, zei Tinbergen, bij deze vragen om repercussies van de ene economische grootheid op de andere, macro-economisch te beschouwen, maar:

'De kwalitatieve stylering, d.w.z. indeling van mensen, goederen enz. in grote groepen is nog niet voldoende. Er moet met *getallen* gewerkt worden; kwantitatief gestyleerd worden. [...]

'Ik concludeer dus tot de noodzakelijkheid van de *kwantitatieve stylering van het economisch proces*.'¹²³

122 [Tinbergen 1936] 'Prae-advies van Prof.dr. J. Tinbergen' /J. Tinbergen. In: [Prae-adviezen 1936 pp.62-108] *Prae-adviezen over de vragen: Kan ... landen?*/H.A. Kaag e.a.; Vereniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek. 's-Gravenhage: Mart. Nijhoff, 1936. Zie ook: [Verslag 1936] Verslag van de Algemeene Vergadering gehouden te Amsterdam op zaterdag 24 oktober 1936. Vereniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek, 's-Gravenhage: Mart. Nijhoff, 1936.

123 [Tinbergen 1936 p.67; 68] cursivering in origineel.

Nadat de beschouwde grootheden waren geïntroduceerd, werd de lezer een stap verder gevoerd.

‘[...] het “model” dat in het volgende gegeven wordt van het Nederlands economisch leven [...]’¹²⁴

En op het punt waar ten slotte de 24 basisvergelijkingen waren gegeven, heette het geruststellend dat er geen principieel onderscheid was tussen de hier gevolgde methode en de gebruikelijke economische redeneringen.

‘de relaties [...] worden nu in de mathematische machine geworpen en het resultaat komt er min of meer pasklaar uit.
[...] het economische model [...]’¹²⁵

Hij had er welbewust naartoe gewerkt het begrip model te poneren en het vervolgens zonder aanhalingstekens te mogen gebruiken¹²⁶ in de ‘ingenieurswetenschap der econometrie’¹²⁷.

In de geschiedenis van de economische wetenschap is het belang van dit Prae-advies dat er voor het eerst een ‘macro-economisch model’ wordt opgesteld. Voor de huidige beschouwing ligt het belang in het feit dat voor het eerst een stelsel wiskundige vergelijkingen, een mathematische machine, werd gepresenteerd als model. In 1933 sprak Tinbergen bijvoorbeeld nog van ‘(verklarend) mechanisme’¹²⁸.

Tinbergens werk was exemplarisch voor wat er gebeurde in het veld van statistiek en politieke rekenkunde dat na 1800 buiten de zuivere en toegepaste wiskunde was komen te staan. Het vond daar ook navolging, allereerst in de econometrie zelf en vervolgens in de statistiek, de demografie, de bedrijfsleer en vele ander vakken.

Dat deze gebieden buiten de klassieke toepassing van de wiskunde stonden, was maar één aspect. Cournot en Walras hadden bijvoorbeeld in de negentiende eeuw wel degelijk pogingen ondernomen om tot een mathematische theorie van de economie te komen. Consequenter dan Condorcet met zijn *mathématique sociale* en Quetelet met zijn *physique sociale* hadden zij zich trachten te conformeren aan het voorbeeld van de natuurkunde. Het cruciale aspect was dat de

124 [Tinbergen 1936 p.69]

125 [Tinbergen 1936 p.92]

126 Tinbergen bevestigde deze interpretatie desgevraagd in een gesprek op 2 december 1987. Hij herhaalde met nadruk dat de inzet van mathematische methoden geen principieel onderscheid maakte ‘zoals sommige Duitse filosofen indertijd beweerden’. Vergelijk [Kleerekoper 1938] *Over het gebruik van de wiskunde in de economie* /S. Kleerekoper (diss. UvA). Groningen: Noordhoff, 1938.

127 [Tinbergen 1936 p.108]

128 [Tinbergen 1933 p.74] *De Konjunctuur* /J. Tinbergen. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1933.

overheersende intentie hier niet zonder meer werkelijkheidsapproximatie was, maar sturing van de beschreven werkelijkheid. Bij Tinbergen was deze intentie hét motief om zich überhaupt met conjunctuurverschijnselen bezig te houden: crisisbestrijding¹²⁹. Hoofdeis was wel ‘dat de gang van zaken in het mechanisme met de werkelijke gang van zaken overeenstemt’, maar men hoefde van Tinbergen strikt genomen niet de oorzaken te kennen, slechts

‘de opeenvolging der gebeurtenissen en hun samenhang te beschrijven; “slechts” de gevolgen van maatregelen die men neemt.’¹³⁰

Hertz had de mogelijkheid van uiterlijke beschrijving ook wel geopperd, maar doelmatigheid was toch allereerst zuinigheid, *Occam’s razor*, *Machs denkeconomie*. Bij Tinbergen ging het om adequaatheid aan een gegeven doel; de waarheid blootleggen of de werkelijkheid benaderen waren vanuit zijn perspectief mogelijke doelen, naast andere. Voorop stond het instrumentele perspectief met ‘het mechanisme’ en ‘de mathematische machine’. Hier in 1933 weerklonk nog Lorentz’ ‘voorstellingen over het mechanisme der verschijnselen’¹³¹ en ook in 1936 beriep Tinbergen zich nog op het voorbeeld van het fysisch-technisch model – het hierboven besproken mechanisch model.

‘De samenhang van een zo groot aantal verschijnselen als wij in een volkshuishouding waarnemen brengt enige noodzaak van een logische ordening met zich mede die natuurlijk verwantschap vertoont met sommige delen van de techniek en de natuurkunde van gecompliceerde “netten”. Als men deze [netwerken, circuits GA] in enkele punten een zekere beginstoot geeft, vertonen ze merkwaardige golfachtige bewegingen.

Met het economisch model is het soortgelijk. Als een beginsituatie gegeven is, dan zijn met behulp van het beschreven vergelijkingsstelsel alle daarop volgende systematische bewegingen uit te rekenen.’¹³²

Daarna zou hij een wezenlijke stap verder gaan. Ehrenfest had de logische weergave van fysische uitgangspunten scherp onderscheiden van de wiskundige structuur, scherper dan Hertz had gedaan, en behandelde net als Hertz het daaruit voortvloeiende ‘Rechenapparat’¹³³ afzonderlijk. In Tinbergens model vielen weergave en instrument samen.

129 ‘We komen nu tot de vraag die tenslotte de stoot heeft gegeven tot al onze voorafgaande studies: kan het conjunctuurverschijnsel bestreden worden? Dat de bestrijding wenselijk is, staat voor ons vast.’ [Tinbergen 1933 pp.151,152]. De uitspraak geldt ook voor Tinbergens persoonlijke motivatie.

130 [Tinbergen 1933 p.74; 73] cursivering in origineel.

131 [Lorentz 1905: p.67] ‘De wegen der theoretische natuurkunde’ /H.A. Lorentz (rede voor de Vereeniging ‘Secties voor Wetenschappelijke Arbeid’ te Amsterdam op 20 januari 1905). In: [Lorentz 1935 IX p.53] *H.A. Lorentz Collected Papers* Vol.I-IX. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1935-1939.

132 [Tinbergen 1936 p.92]

133 [Ehrenfest 1911 p.67]

Aanvankelijk waren voor Tinbergen geheel in de lijn van Ehrenfest, Cournot en Walras de voorbeelden geweest. Zijn aspiratie was om zijn sociaal engagement invulling te geven met een absolute mathematische theorie van de economische bewegingsleer. In die sfeer had hij ook in zijn proefschrift minimumproblemen van een bepaald type wiskundige vergelijkingen behandeld met appendices waarin de resultaten werden toegepast op natuurkunde en economie¹³⁴. Zo'n algemene theorie kwam er niet uit en zelfs de partiële theorieën hadden niet de eigenschap dat de systematische bewegingen, dat wil zeggen de dynamiek inherent aan het stelsel vergelijkingen, overeenstemden met de conjuncturele bewegingen in de door Tinbergen onderzochte economische sectoren¹³⁵. Hier liet hij zijn praktisch-politieke doelstellingen de doorslag geven en stelde hij zich tevreden met modellen als illustratie bij politieke voorstellen tot planning. In het licht van de criteria van Ehrenfest, vasthouden aan streven naar inzicht in de economie, had Tinbergen dus gefaald. Maar juist door tot het uiterste vast te houden aan deze criteria en pas op het laatste moment een pragmatische wending te nemen, faalde hij zo groots dat het resultaat niet zomaar een illustratie was, maar een nieuwe wetenschap, de econometrie. Tinbergen was ook in internationaal perspectief een van de grondleggers van deze 'ingenieurswetenschap'.

Net als in het geval van Burgers was het de vorming bij Ehrenfest, streven naar inzicht in een zeker kengebied en daaruit voortvloeiend een scherp oog voor de rol van de wiskunde, die ingaf zo lang mogelijk voort te gaan binnen het paradigma van de toegepaste wiskunde. Op basis hiervan waren zij beiden zich zozeer bewust van de manier waarop zij gebruik maakten van wiskunde dat zij konden komen tot de formulering van het begrip 'wiskundig model'. Met dat ze dit expliciteerden kwam een nieuwe manier van doen tot stand, een nieuwe praktijk.

Een vergelijkbare doorbraak naar een nieuwe onderzoeksdiscipline, als die welke Tinbergen met zijn econometrische modellen bewerkstelligde in de 'sociale economie', betekende Abraham Walds sequentie-analyse ten opzichte van kwaliteitscontrole; de speltheorie van Von Neumann en Morgenstern in de studie van (economische) concurrentie; Skinners gedragsmodellen in de psychologie; de Neyman-Pearson-theorie van statistisch testen in steekproeven en proefopzetten. Vanuit een veeleer technisch werkgebied dan een wetenschappelijk onderzoeksveld bereikten Von Neumann met zijn definitie van de

134 Die opbouw met economie, en dan ook natuurkunde, in de appendix was een compromis met promotor Ehrenfest. [Tinbergen 1929] *Minimumproblemen in de natuurkunde en in de ekonomie* /Jan Tinbergen. Amsterdam: Paris, 1929.

135 [Boumans 1992] *A Case of Limited Physics Transfer: Jan Tinbergen's Resources for Reshaping Economics* /Marcel Boumans (diss. UvA). Amsterdam: Thesis Publishers, 1992.

universele programmeerbare automaat, Wiener met de cybernetica, Shannon en Weaver met de informatietheorie, Romanovski met Markovketens, George B. Dantzig met het lineair programmeren iets soortgelijks: een discipline die zijn hele bestaan te danken had aan een bepaald type wiskundig model. Gemeenschappelijk in dit spectrum dat als geheel buiten de toegepaste wiskunde lag, was dat zich een reflectie voltrok op wat een begeleidende activiteit van iets anders was geweest.

Kwaliteitscontrole was al een zelfstandig werkterrein geworden bovenop de directe industriële productie. Het was een kernstuk van het streven naar rationalisering en efficiency in het 'scientific management'¹³⁶. Er werd al geteld, gerekend en gemeten. De reflectie van Wald zorgde voor aansluiting bij de wiskunde-beoefening. De kwaliteitscontrole werd in een veel breder kader gevat en ontplooid zich van relatief zelfstandige begeleiding tot eigenstandige discipline¹³⁷.

Regeling en sturing van apparaten en machines, ook van rekenapparaten, behelsde uiteraard rekenen, tellen en meten. Wieners reflectie stond mede aan de basis van de verschillende disciplines die systeemtheorie zouden gaan heten; één daarvan wordt er ten volle tot de wiskunde gerekend.

We zouden van toegepaste wiskunde kunnen spreken – zoals in de eerste naoorlogse jaren werd gedaan –, ware het niet dat het wiskundig modelleren, dat al deze disciplines kenmerkte, zich onttrok aan het patroon van de klassieke toegepaste wiskunde. Vanwege de begeleidende oorsprong van deze gebieden vat ik het gebruik van wiskunde in deze richting samen onder het begrip *organisatorische wiskunde*. Hieronder is ook begrepen de moderne geodesie, de accountancy en de verzekeringswiskunde en de kwantitatieve bedrijfskunde. Ook al waren dit reeds bestaande disciplines, ook al was de kern van de eerste het meten, van de tweede het cijferen, hun gestalte werd vanaf de jaren vijftig bepaald door een wiskundig modelleren bovenop de traditionele kwantitatieve inhoud.

Van Dantzigs 'General procedure'

Onder de wiskundigen waren het intussen helemaal niet de toepassers, voorzover die er in Nederland al waren, maar de filosofisch georiënteerden die zich

136 Vgl. [Bloemen 1988]

137 Men kan erover twisten of 1: verwetenschappelijking (van techniek, van bedrijfsvoering, van de industrie etc.) zou moeten staan voor het algemene verschijnsel, waarvan dan zelfstandiging van begeleidende activiteiten een facet is; 2: dit zelfstandig worden de verwetenschappelijking zelf is; of: 3: het tot eigenstandige disciplines worden van zulke activiteiten pas verwetenschappelijking is. De uitkomst zal moeten zijn dat het hele begrip 'verwetenschappelijking' op zijn minst genuanceerd, misschien geheel verlaten moet worden.

uitlieten over de relatie tussen wiskunde en werkelijkheid of die tussen wiskunde en toepassing. Beroemd was Brouwers 'sprong van doel op middel', waarmee hij uitdrukte dat het 'wiskundig bekijken van de wereld' de mens in staat stelde te profiteren van causale verbanden in de werkelijkheid, met andere woorden om doelrationeel te handelen¹³⁸. Mannoury citeerde deze uitdrukking graag en besprak de relatie tussen werkelijkheid en 'wiskundige denkvorm', tussen waarneming en 'wiskundig systeem'. De ballisticus, schreef Mannoury in zijn inaugurale rede, hanteert met betrekking tot kogelbanen de 'parabool-illusie'¹³⁹. Gangbaar waren termen als 'systeem' – zowel met betrekking tot de beschreven werkelijkheid, als tot het axiomastelsel –, 'schema', 'structuur' en zelfs 'structuurschema'¹⁴⁰. Er was dus wel degelijk een debat, maar dat had onder wiskundigen een filosofische inzet, geen praktische. Een aspect ervan had ook betrekking op de verhouding tussen wiskunde en logica en was zo direct gerelateerd aan het grondslagendebat, waarvan immers die verhouding de inzet was. Uit dit grondslagendebat zou zich onder meer de modeltheorie ontwikkelen, volgens welke een wiskundige theorie die een realisatie of interpretatie biedt voor een formeel logisch systeem, een *model* is van dit systeem. Deze modeltheorie was er echter nog niet. Tarski, de vader van de modeltheorie, formuleerde zijn ideeën met gebruik van dit begrip in het Pools in 1936, vertalingen volgden, maar pas rond 1950 maakte hij het expliciet als de 'modeltheorie'¹⁴¹. Hoewel het dus juist grondslagenmensen waren die het debat over de bruikbaarheid en toepasbaarheid van het wiskundig denken voerden, was de modeltheorie hooguit een parallelle ontwikkeling.

David van Dantzig was in eerste aanleg zo'n filosofisch georiënteerd theoretisch wiskundige, gevormd in de topologie, de grondslagendiscussies, het intuïtionisme en de signifi- van Mannoury en Brouwer. Hoewel hij zich graag in na-

- 138 [Brouwer 1907 p.81;83] *Over de grondslagen der wiskunde* /L.E.J. Brouwer (diss. UvA). Amsterdam/Leipzig: Maas en Van Suchtelen, 1907. (Heruitgave: D. van Dalen (red). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1981).
- 139 [Mannoury 1917 p.6] *De sociale beteekenis van de wiskundige denkvorm* /G. Mannoury (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1917.
- 140 [Schouten 1939 p.2] *Meetkunde en ervaringsstructuur* (rectorale rede TH Delft, 1939) /J.A. Schouten. S.l., s.a. Herdrukt in [Dijkhuis/Lauwerier 1994] *Schouten beschouwd* /B. Dijkhuis en H.A. Lauwerier (red.). Amsterdam: CWI, 1994.
- 141 [Tarski 1936] *O logice matematycznej i metodzie dedukcyjnej* /Alfred Tarski. Lwów/Warszawa: Atlas, 1936. Duitse vertaling in 1937. Engelse uitgebreide bewerking *Introduction to Logic – and to the Methodology of Deductive Sciences* in 1941¹; 1946². Nederlandse vertaling door E.W. Beth *Inleiding tot de logica – en tot de methodenleer der deductieve wetenschappen* (Amsterdam: Noord-Hollandsche Uitg. Mij., 1953).
[Tarski 1954] 'Contributions to the theory of models' I, II, III /A. Tarski. *Indagationes Mathematicae* 16 (1954) pp. 572-588, 17 (1955) pp. 56-64.
[Carnap 1942] *Introduction to Semantics* /R. Carnap. Cambridge (Mass.): Harvard UP, 1942.



David van Dantzig: 'wiskundig modelleren' als activiteit (foto 1934)

volging van Mannoury relativist noemde, lag zijn wetenschapsopvatting dicht tegen het logisch empirisme van bijvoorbeeld Hertz of Von Mises aan. Van Dantzig doorliep een enigszins grillige academische loopbaan. Vanuit de theoretische opleiding in Amsterdam naar klassieke toegepaste wiskunde met Schouten in Delft – van assistent in 1927 tot gewoon hoogleraar in 1940 – en na de oorlog terug naar Amsterdam als hoogleraar in de leer der collectieve verschijnselen, dat wilde zeggen mathematische statistiek.

Gedreven door maatschappelijk engagement, een veel diffuser engagement overigens dan dat van Tinbergen, stortte Van Dantzig zich eind jaren dertig op de waarschijnlijkheidsrekening en de statistiek. De wiskunde had zich daadwerkelijk maatschappelijk dienstbaar te maken, in het bijzonder door waar mogelijk begripsverheldering en rationalisatie te bieden. In 1939 schreef hij een aantal statistici in Nederland aan op zoek naar voorbeelden, modellen, in 1940 hield hij een voordracht over de 'mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening'.

Met heel zijn theoretische bagage zette Van Dantzig zich aan de toepassingskwestie. Het probleem van de fundering van de waarschijnlijkheidsrekening, dat hem bezighield, zou niet opgelost zijn met het geven van een 'formalistisch

systeem'; daarvoor was ook een empiristische grondslag vereist in een 'geregulariseerd model' van de werkelijkheid¹⁴². Voorzover hij bedoelde dat in die empiristische grondslag een inzicht in het objectgebied zelf verwoord zou zijn, was zijn benadering hier verwant aan die van Burgers en Tinbergen. Zelfs bezigde hij in een voetnoot de uitdrukking 'mathematisch model'¹⁴³. Dit gebeurde in het verslag van dezelfde studiedag, eind 1940, waar ook Burgers sprak over waarschijnlijkheidsrekening en de term 'mathematisch "model"¹⁴⁴ in de moderne zin gebruikte.

In 1945 kwamen deze drie elementen, 'formalistisch systeem', 'geregulariseerd model' en 'mathematisch model', samen in een expliciete behandeling van dat laatste begrip¹⁴⁵. Daar bereikte Van Dantzig een wezenlijke ommekeer. Het ging niet langer om een model dat grondslag of illustratie van iets zou zijn, maar om een activiteit, *wiskundig modelleren*. Met een uitdrukking van Manoury karakteriseerde hij dit ook als 'inschakelen en uitschakelen van het formalisme'.

1.	Experience	Forgetting
2.	Recollection	Simplification
3.	Observation	Ellipsis
4.	Description	Regularisation
5.	Model	Switching on
6.	Formalisation	Absolutising
7.	Induction	Arranging
8.	Axiomatising	Deduction
9.	Extension	Switching off
10.	Interpretation	Inductive behaviour
11.	Expectation	Volition
12.	Action	

De empirische cyclus: Van Dantzigs schema van in- en uitschakelen van het formalisme. Uit [Dantzig 1947].

142 [Dantzig 1941a p.78] 'Mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening' /D. van Dantzig. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden. Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 8 (1941) pp. 70-93.

143 'De somtijds gestelde vraag, of een mathematisch model van onregelmatigheid (randomness) mogelijk is, is m.i. een schijnprobleem' [Dantzig 1941a p.83].

144 [Burgers 1941] vgl. noot 118.

145 [Dantzig 1946a p.5] 'Wiskunde, Logica en Ervaringswetenschappen' (syllabus college Logica, TH Delft, 1945/46) /D. van Dantzig. S.l., s.a. [Delft: Studium Generale TH Delft, 1946].

De activiteit van het wiskundig modelleren, de procedure, de werkwijze, gaf Van Dantzig in verschillende publicaties weer in schematisch overzicht. Hij behandelde werkwijze en begrip ter inleiding van zijn colleges statistiek en waarschijnlijkheidsrekening. Hij gaf er afzonderlijk college over. Zijn bewustzijn dat hij een algemene manier van doen op het spoor was, bracht hij het duidelijkst tot uiting in de titel van het artikel 'General procedures of empirical science'¹⁴⁶.

Het waren vernieuwingen buiten de klassieke toegepaste wiskunde; toch was het een wiskundige, David van Dantzig, die de conceptuele doorbraak forceerde. Gelijk op met zijn generatiegenoten Burgers en Tinbergen formuleerde hij het wiskundig modelbegrip. Alledrie waren zij zich er blijkens de bewoordingen en de aanhalingstekens zeer wel van bewust iets nieuws te introduceren. De terminologie was uitkomst van kennelijke intellectuele strijd en de introductie werd omlijst met de nodige legitimerende reflecties¹⁴⁷. Van Dantzig formuleerde zijn modelbegrip aanvankelijk voor de mathematische statistiek en vervolgens in het algemeen. Die generalisatiestap hield tevens in dat hij onderkende dat het een procedure, een werkwijze was. Dat was een wezenlijke toevoeging. Van Van Dantzigs lessen over modelleren ging bovendien de meest brede verbreiding uit.

Tinbergens modelbegrip maakte niet alleen school via de econometrie en later via de 'ontwikkelingsprogrammering' maar had ook uitstraling naar de politiek en naar een breder publiek. Burgers' terminologie werd overgenomen in

146 [Dantzig 1947] 'General Procedures of Empirical Science' /D. van Dantzig. In: *Synthese* 5 (1947) pp.441-445.

[Dantzig 1946b] 'Syllabus Waarschijnlijkheidsrekening en Mathematische Statistiek' /D. van Dantzig. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1946/47 [syllabus van kadercursus VVS 1946/47 en college UvA 1947-1950. Gestencild 27+415 pag.].

147 Deze legitimerende – en zoekende – reflecties onderscheiden zich in strekking en toon van de historisch en epistemologisch onderzoekende –en bevestigende– reflecties in het volgende stadium, rond 1960. Zie bijvoorbeeld [Freudenthal 1961] *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences* (Proceedings van het gelijknamig colloquium, Utrecht januari 1960) /Hans Freudenthal (ed.). Dordrecht: Reidel (*Synthese Library*), 1961. [Hesse 1963] *Models and Analogies in Science* /Mary B. Hesse. London: Sheed and Ward, 1963. [Hesse 1966] *Models and Analogies in Science* /Mary B. Hesse. Notre Dame: Univ. of Notre Dame Press, 1966 (uitgebreide heruitgave van [Hesse 1963]). Daarnaast laat zich een derde stadium van reflectie, kritische reflectie, onderscheiden na 1970. [Berlinski 1976] *Systems Analysis. An Essay Concerning the Limitations of some Mathematical Methods in the Social, Political, and Biological Sciences* /David Berlinski. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1976¹; 1978². [Bloomfield 1986] *Modelling the World. The Social Construction of Systems Analysis* /Brian P. Bloomfield. Oxford: Basil Blackwell, 1986. [Habermas/Luhmann 1971] *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie. Was leistet die Systemforschung?* /Jürgen Habermas und Niklas Luhmann. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1971.

zijn eigen gebied en in de vliegtuigbouw en toegepaste mechanica. Er waren in zeer uiteenlopende wetenschappen vernieuwers die zich op Van Dantzigs ideeën beriepen, zoals A.D. de Groot in de psychologie, Engelfriet in het actuaariaat, Sittig in de industriële statistiek, Baarda in de geodesie en verscheidene wetenschappers in de biologie en de farmacie.

Het begrip wiskundig model kwam in de jaren vijftig centraal te staan in al deze disciplines. In de jaren zestig was de receptie volledig, ook in de klassieke toepassingsgebieden. Menigeen voegde nog zijn nuance aan het begrip toe, vooral in inaugurale redes: het was een gewone term geworden die zijn vernieuwende kracht had verloren. De vlotte en algemene acceptatie is begrijpelijk, gezien de beschreven verandering en uitbreiding van het gebruik van wiskundig denken.

De tendensen tot mathematisering die rond 1800 – bij de scheiding der geesten tussen Laplace en Cauchy – los van de zuivere en toegepaste wiskunde, zelfs buiten het onderzoek, waren komen te staan, hervonden rond 1950 de aansluiting. Het luidruchtige verlichtingsideaal keerde hier terug, gestold in instrumentele vorm. Het resultaat was een convergentie van de twee ontwikkelingen. De relativering van de toegepaste wiskunde van binnenuit en de ont-plooiing van kwantificaties daarbuiten leverden hetzelfde idee en dezelfde werkwijze van wiskundig modelleren op.

2.3.c Expliciete mathematisering als techniek: wiskundig modelleren

Mathematisering is een constante van moderne wetenschap. Het is er een van de constitutieve elementen van.

Galileis studie-object kwam pas tot stand onder het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid, dat wil zeggen in de veronderstelling dat de erin aan te wijzen structuur enerzijds als losstaand van het object beschouwd kan worden, anderzijds toch adequate kennis verschaft omtrent hetzelfde object. Als het om theorievorming gaat, en daar ging het steeds om, is mathematisering de veronderstelling dat de wezenlijke verbanden tussen de begrippen telkens in kwantitatieve relaties – in het algemeen: als structurelementen – uitgedrukt kunnen worden. Hoewel de geschiedschrijving sporen van mathematiseringsdebatten kan terugvinden¹⁴⁸, was mathematisering in de praktijk van de moderne wetenschap steeds een stilzwijgende aanname. Het duidelijkst, want meest op zichzelf, is de aanname terug te vinden in de experimentele traditie van Bacon¹⁴⁹. Hij is veel moeilijker te isoleren in het wiskundig wereldbeeld van de car-

148 [Dijksterhuis 1924] *Val en worp. Een bijdrage tot de geschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton* /E.J. Dijksterhuis. Groningen: Noordhoff, 1924.

[Dijksterhuis 1950] *De mechanisering van het wereldbeeld* /E.J. Dijksterhuis. Amsterdam: Meulenhoff, 1950¹; 1980².

149 [Kuhn 1979a] 'Wiskundige versus experimentele tradities in de ontwikkeling van de natuurwetenschap' /Thomas S. Kuhn. In: [Kuhn 1979 pp.49-94] *De noodzakelijke spanning*.

tesiaanse en de newtoniaanse traditie, dat zich bij Lagrange in zijn extreme, op de spits gedreven, variant laat zien. Daar was niet alleen mathematisering verabsoluteerd – andere gezichtspunten verwaarloosd –, maar de erop steunende feitelijke wiskundige formulering over de werkelijkheid heen geschoven. Binnen zo'n wiskundig wereldbeeld is het volkomen legitiem de objecten te behandelen alsof ze wiskundige objecten zijn, te doen alsof wiskundige inzichten zich zonder meer laten overplanten op fysische samenhangen; hetgeen dan ook gebeurde in de toegepaste wiskunde. Het *wiskundig model* kan gezien worden als relativisering van het wiskundig wereldbeeld.

'...“Erklärungen” werden zu Abbildungen...“Hypothesen” zu willkürlichen Festsetzungen...'¹⁵⁰

De vroegste vermeldingen van het begrip wiskundig model waren relativiserende reflecties uit deze hoek, synoniem met 'working model of the universe' bij Jourdain; met 'théorie partielle' bij Borel¹⁵¹. Toch waren de klassieke toepassingsgebieden relatief laat met het algemeen aanvaarden van het begrip.

Het wiskundig wereldbeeld was in feite een logisch-mathematisch wereldbeeld. Voorzover er onderscheid werd gemaakt tussen het wiskundige en het logische, in het bijzonder sinds Bolzano, verscheen het mathematische als interpretatie of uitbeelding van een in logische axioma's gevatte visie op de wereld. Nog bij Jourdain was de wiskunde niets dan een verbijzondering van de logica. In het *wiskundig modelleren* ontworstelde het wiskundig denken zich aan dit reductionisme. Het begrip wiskundig model verscheen in een empirisch georiënteerde reactie op de logicistische visie op de wiskunde.

Maar juist los van dergelijke verabsoluteringen is mathematisering een constante van moderne wetenschap. De herhaaldelijk optredende roep om wiskundige methoden en formuleringen, zoals van de verlichtingsfilosofen en van Laplace, was telkens een indicatie, het was niet de mathematisering zelf. Voor de betreffende werkelijkheidsopvatting was dan impliciet al gekozen. Zoals in de negentiende eeuw in de opkomst van onderzoek het criterium van wetenschappelijkheid veeleer kwam te liggen op de werkwijze, op houding en vraagstelling, dan op resultaat en waarheid, zo werd ook, naast de resulterende wiskundige formulering, het streven naar die formulering onderkend als een werkwijze. Mathematisering werd van stilzwijgende werkelijkheidsopvatting tot een manier

Opstellen over traditie en vernieuwing in de wetenschap / Thomas S. Kuhn. Meppel: Boom, 1979. (Vertaling van selectie uit: [Kuhn 1977] *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* / Thomas S. Kuhn. Chicago: University of Chicago Press, 1977).

150 [Ehrenfest 1911 p.52]

151 [Jourdain 1912 p.54]; [Borel 1912b p.319]

van doen die bijzonder productief bleek voor het wetenschappelijk kennen. In de twintigste eeuw, met het tot uitdrukking komen als methode begon ook de term 'mathematisering' vaker te verschijnen in de literatuur. Het expliciet maken van deze werkwijze, en daarmee van deze werkelijkheidsopvatting, resulteerde in de procedure van schematiseren, vereenvoudigen en idealiseren; uiteindelijk in het procédé van wiskundig modelleren.

Het conjunctuuronderzoek was op voorhand gemathematiseerd: economisch gedrag werd onderzocht aan de hand van (prijs)schommelingen. Tinbergen zocht onder de aanname dat hij een 'mechanisme' zou vinden. Deze manier van doen hernam hij, maar nu expliciet, in 1936, beginnend met een 'kwantitatieve stylering', eindigend met een 'economisch model'.

Karakteristiek van wiskundig modelleren

Mathematisering laat zich kenschetsen als het beschouwen onder het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid: het beschouwen van een zaak alsof hij voorgesteld kon worden als opgebouwd volgens een structuur die losstaat van de zaak zelf. Zo'n voorstelling biedt het wiskundig model: een structuur, in het algemeen een stelsel vergelijkingen, en daarbij een rijtje definities van de variabelen en samenhangen, dat het geheel tot een voorstelling van de zaak maakt. *Wiskundig modelleren* is daarom te beschouwen als expliciet geworden mathematisering¹⁵². In het procédé dat wiskundig modelleren is, blijkt dat het wiskundig denken zelf een technisch aspect heeft.

In de jaren veertig en vijftig kwam een reeks lijnen samen in het wiskundig modelleren. Gegroepeerd in drie stromen waren dit relativering van klassieke toegepaste wiskunde, onttrekken aan reductie tot logica en expliciet worden van mathematisering. Het samenkomen schiep veeleer een gelijkwaardigheid dan een eenheid. De verschillende achtergronden bleven herkenbaar in uiteenlopende stijlen binnen het wiskundig modelleren. Het accent kwam nu eens te liggen op deeltheorie, dan op uitwerking van op pragmatische gronden gekozen hypothesen, dan weer op kwantitatieve stylering. Altijd was het evenwel een uitdrukking in wiskundige 'stof' en telkens had het een praktisch doel.

Uitbeelding voor

Zo bleek een wiskundig model in dubbele betekenis een model voor iets te zijn. Ten eerste een uitdrukking voor iets en niet een afbeelding van iets. Ten tweede een uitdrukking voor, dat wil zeggen met een bepaald doel, ergens aan gegeven. Een wiskundig model is een uitbeelding van wat de opsteller van het model over een bepaald object denkt. Dit kan dus in het bijzonder de uitbeelding be-

152 Mathematisering blijft natuurlijk ook in een wiskundig model de achterliggende aanname; deze is, hoewel verzwegen, in het wiskundig modelleren relatief eenvoudig terug te vinden door het woordgebruik waaronder de 'werkelijkheid' verschijnt.

treffen van een stelsel logische axioma's, maar ook zonder de gedachten zozeer te formaliseren kan men ze uitdrukken in een wiskundig model.

Pragmatisme

Gemeenschappelijke kenmerk van die verschillende stijlen bleek ook een pragmatisme in verschillende betekenissen.

- Pragmatisme in de zin van gerichtheid op handelen, bijvoorbeeld op technisch ingrijpen of op rationalisering van een beslissing.
- Pragmatisme in de zin van betrekkelijke willekeur in het stellen van een beeld, in tegenstelling tot een strikt waarheidsstreven. De vraag of het gestelde een wezensinzicht bevat, wordt opgeschort.
- Pragmatisme in de zin dat hanteerbaarheid een kwaliteitscriterium is. Er moet met het model gewerkt, gerekend, kunnen worden. Weergave van de werkelijkheid en rekenapparaat vallen samen.

Het typisch wiskundige van wiskundige modellen ligt in het gegeven zijn van een wiskundige structuur, een domein van objecten met relaties daarop. Gegeven is niet primair de formele aanduiding van een structuur, zoals in de logica, maar de structuur zelf, als structuur, dat wil zeggen als vrij gesteld exemplaar van een bouwsel. Het vrij stellen is de wiskundige willekeur. Deze willekeur is de keerzijde van uitwendigheid: de voorwaarde dat die structuur, indien zij gezien wordt als structuur van iets anders, wordt opgevat als uitwendig (niet wezenslijk) aan dat andere. In het modelleren geeft dit de flexibiliteit zowel om aan te passen aan het te benaderen andere, buitenwiskundige, als om te schicken naar specifieke doelen. Evenzeer uit het wiskundig karakter volgt de mogelijkheid om de relaties op verschillende, gelijkwaardige wijzen te stellen, als relaties, functies of operaties. Men kan dynamiek in het beeld brengen; beeld en instrumentarium vallen samen.

In de praktijk van het modelleren blijken de hypothesen en axioma's waar in de voorgeschiedenis en in de legitimerende reflecties zoveel over te doen was, nauwelijks een rol te spelen. De inleidende overwegingen die op de bestudeerde zaak zelf betrokken zijn hebben, om Tinbergen te parafraseren, een stylerende functie. Ze leiden niet tot axioma's, maar monden rechtstreeks uit in de vergelijkingen die het model vormen. De symbolen – variabelen en constanten – waarmee gewerkt wordt, worden eenmalig gedefinieerd in woorden, veeleer gedeclareerd dan verklaard.

Hertz' criteria van consistentie, overeenstemming en doelmatigheid gelden in principe wel, maar het accent ligt helemaal op het laatste. Voor consistentie wordt eenvoudig gezorgd door binnen een bekende wiskundige theorie te werken. Deze optiek konden de wiskundigen kiezen, omdat anderhalve eeuw zuivere wiskunde een enorme rijkdom aan kennis omtrent structuren had opgeleverd. In plaats van overeenstemming op ieder punt vraagt men doeltreffendheid: relevantie en vertaalbaarheid van het resultaat voor de bestudeerde

situatie. Het criterium van doelmatigheid krijgt in het modelleren zijn volle betekenis van adequaatheid aan een zeker doel. Waarheid of inzicht is maar één van de mogelijke doelen. Binnen het spectrum van relevante modellen zijn zuinigheid en eenvoud vooral belangrijk, voorzover ze in dienst staan van uitvoerbaarheid van de berekeningen. Een cruciaal element in de kunst van het modelleren blijkt de gave te zijn het evenwicht te vinden tussen doenlijkheid van relevant rekenwerk, en mate van detaillering van het wiskundig model.

Al groeide in de verschillende gebieden niet helemaal dezelfde praktijk van wiskundig modelleren, de acceptatie van het begrip in de jaren vijftig was nagenoeg algemeen. Het benoemde een verhouding tussen wiskundig denken en 'werkelijkheid', tussen wiskunde en toepassingsgebied, die al enige tijd in ontwikkeling was. Het paradigma van het modelleren loste dat van de toegepaste analyse af.

De luidruchtige ideologie van de Verlichting, de utopie van mathematisering, die zich sinds Laplace los van de zuivere en toegepaste wiskunde ontplooid had, verscheen in de jaren veertig in de minder pretentieuze en concreter gestalte van wiskundig modelleren. Met de contemporaine commentatoren kan men spreken van een 'vooruitgangsgeloof', het was een *gestolde* Verlichting: geloof en energie gestoken in concreet geworden rationalisering, instrumenten voor idealen.

Het perspectief van werken aan een betere wereld was nog altijd aanwezig, toen ze in deze gestalte het contact hervond met de wiskunde-beoefening. Ongeacht dit perspectief kwam hier een traditie naar boven die nu gelijkwaardig naast de gerelativeerde klassieke toepassing stond. De gelijkwaardigheid hield niet in dat de toepassers hun dedain voor de statistici helemaal overwonnen hadden, noch dat beide groepen hetzelfde deden, wel dat er ruimte was voor gezamenlijk optrekken en, vakinhoudelijk, voor wederzijdse inspiratie.

Een vergelijkende praktijk in het bruikbaar maken van wiskundig denken werd bezegeld met het begrip van wiskundig modelleren. Anderhalve eeuw toegepaste wiskunde was daarmee afgesloten. In het volgende gaat het over toepassingsgerichte initiatieven.

Drie

Achtergronden van het Mathematisch Centrum

In 1945, onmiddellijk na de oorlog, werd de stimulering van de wetenschapsbeoefening in Nederland met voortvarendheid ter hand genomen¹. Niet alleen uit kringen van de wetenschap zelf, juist ook vanuit het kabinet-Schermerhorn-Drees kwamen de initiatieven. Van der Leeuw, minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen in dit 'nationaal kabinet', speelde een centrale rol. Wetenschapspolitiek was primair een onderdeel van cultuurpolitiek. Met name Van der Leeuws concept van 'actieve cultuurpolitiek' behelsde een duidelijke plaatsbepaling van en visie op wetenschap. Het belangrijkste initiatief van de regering op dit terrein, de aanzet die vijf jaar later zou resulteren in ZWO, werd evenwel mede door Schermerhorn genomen. Deze minister-president stelde het stimuleren van fundamenteel wetenschappelijk onderzoek in het perspectief van de economische politiek.

Het zijn deze twee polen, de culturele en de economische relevantie, die ook bij de nadere beschouwing van de oprichting van het Mathematisch Centrum aan de dag treden.

Wederopbouw, natuurlijk, en dus ook grootse nieuwe plannen bepaalden de universitaire agenda. De Civitas-gedachte deed professoren studenten op het middagmaal noden. Onvermoede talenten gaven Studium-Generale-colleges. De plannen met wetenschapsbeoefening betroffen wat werd genoemd 'fundamenteel wetenschappelijk onderzoek'. Al sinds 1930 bestond TNO, de organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek. TNO ondervond hernieuwde impulsen na 1945. Het zuivere onderzoek beleefde zulke initiatie-

ven voor het eerst. Wetenschappers *en* beleidsmakers hadden grote verwachtingen juist ten aanzien van het wetenschapsbedrijf, zoals zich dat tot op dit moment in Nederland vrijwel uitsluitend binnen de universitaire muren afspeelde. Van de kant van de wetenschap was nieuw dat groepen beoefenaren een direct *maatschappelijk belang* toekenden aan hun zuivere bezigheid en vorm probeerden te geven aan dit inzicht. Beleidsmakers deelden dit inzicht in het belang van zuivere wetenschap: voor het eerst werd daaraan de consequentie verbonden dat de overheid in dezen een *beleidsfunctie* heeft. Na 1945 was er een *wetenschapspolitiek*.

Bezinning onder wetenschapsmensen op de plaats van de wetenschap in de samenleving was al in de jaren dertig zichtbaar geworden². Tijdens en na de bezetting gingen de discussies door, zelfs diepgaander en onder een breder publiek. Boeken en manifesten, symposia en na 1945 Studium-Generale-colleges bestreken het scala van voorlichting en popularisering tot cultuurfilosofische en (wetenschaps)politieke reflecties³. Het expliciet geworden inzicht in het maatschappelijk belang van de wetenschap uitte zich in een streven naar organisatie: organisatie van de onderzoeker – in 1946 werd het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers opgericht⁴ –, en organisatie van het onderzoek – zowel op het vlak van laboratoria en instituten als in de vorming van ZWO, de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek⁵. De tendens

- 1 Dit hoofdstuk is een bewerking van 'Hoofdstuk twee. Achtergronden van het Mathematisch Centrum' uit: [Zij mogen 1987] *Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarlozen* /G. Alberts, F. van der Blij, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1987.
- 2 Zie bijvoorbeeld: [Wegen 1940] *Wegen der wetenschap. Uitgangspunt, richting en doel* /W.J. Aalders, J.G. van der Corput e.a. (derde interfacultaire leergang). Groningen-Batavia: J.B. Wolters, 1940.
[Betekenis 1940] *De betekenis en de rol der wetenschap in de maatschappij; Zaterdagmiddagvoordrachten in Teyler's Stichting te Haarlem op 18 en 25 November, 2 December 1939* /H.R. Kruyt, A.H. Blaauw, H.W. Julius, J. Tinbergen, J.H. van der Hoop en A.D. Fokker. 's-Gravenhage: Nijhoff, 1940.
- 3 Zie bijvoorbeeld: [Burgers 1944] 'Trekken van de moderne westerse wetenschap' /J.M. Burgers. *Mededeelingen van de Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afdeling Letterkunde Nieuwe Reeks* 7-5 (1944), pp.197-220.
[Vernieuwing 1945] *De Vernieuwing der Universiteit* /J.H. Brouwer, J.G. van der Corput, M.N.J. Dirksen, G. van der Leeuw, C.W. van der Pot, M.J. Sirks. Groningen-Batavia: J.B. Wolters, 1945.
- 4 Het VWO (1946) gaf het maandblad *Maatschappij en Wetenschap* uit. Na fusie met *Atoom* werd dit *Wetenschap en Samenleving*.
[Idenburg 1953] 'De maatschappelijke positie der intellectuelen' /Ph. J. Idenburg. In: [Prae-adviezen VWO 1953 pp.19-83] *Prae-adviezen voor het congres over de sociale positie van de werkers in de intellectuele beroepen (te houden op 14 maart 1953 te Amsterdam)* /Th. Keulemans, Ph.J. Idenburg, J. Pen. (uitgeg. door ISONEVO; VWO; Werkcomité Positie Intellectuelen). Assen: Van Gorcum & Comp, s.a.
[Molenaar 1994] 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten'. *De geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers 1946-1980* /Leo Molenaar. Rijswijk: Elmar, 1994.

zich te organiseren werd manifest rond 1940. De Werkgemeenschap van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland nam het initiatief tot een inventarisatie van wetenschappelijk onderzoek in Nederland. De publicatie volgde in twee gedeelten, in 1942 een overzicht over de natuurwetenschappen 1937-1942 en in 1948 een overzicht over de geesteswetenschappen 1933-1943⁶. In de Verenigde Staten was het de National Resources Planning Board die vanaf 1938 de Amerikaanse president vergelijkbare overzichten aanbood onder de veelzeggende titel *Research – A National Resource*⁷. Het ging bij research, zoals opgemerkt in het vorige hoofdstuk, veeleer om het doen van onderzoek dan om de resultaten. Deze praktijk te behandelen als resource, als te exploiteren hulpbron, gaf de algemene teneur aan van de verandering in visie op de betekenis van wetenschap⁸. Op het niveau van het onderzoek zelf was de veranderde visie

- 5 Naast de hierna te behandelen stichtingen en ZWO is het gegeven illustratief dat de verschillende subfaculteiten wiskunde pas sinds de jaren 1950 een Mathematisch Instituut – met alle toebehoren – kennen, alleen dat van de Gemeentelijke Universiteit, Amsterdam, is ouder.
[Sizoo 1987] 'Organisation and management of research' /G.J. Sizoo (interview door G. Alberts). In: [Zij mogen 1987 pp.98-103].
[Bannier 1987] 'De hoeder van de stichtingen' /J.H. Bannier (interview door G. Alberts en P.C. Baayen). In: [Zij mogen 1987 pp.104-114].
[Kersten 1996] *Een organisatie van en voor onderzoekers. De Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O) 1947-1988* /Albert E. Kersten. Assen: Van Gorcum, 1996.
- 6 Voorzitter van deze Werkgemeenschap was in 1942 prof.dr. F.A. Vening Meinesz, secretaris dr. J.A. Bierens de Haan. [Natuurwetenschappelijk 1942] *Natuurwetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1937-1942 is verricht op het gebied der natuurwetenschappen, der medische en technische wetenschappen* /Werkgemeenschap van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland. Amsterdam: Noord-Hollandsche Uitg., 1942.
[Geesteswetenschappelijk 1948] *Geesteswetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1933-1943 verricht is op het gebied der godgeleerdheid, der rechtswetenschappen, der taal- en letterkunde, der geschiedenis, der filosofie, psychologie en paedagogiek en der sociale wetenschappen* /Werkgemeenschap van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland. Amsterdam: Noord-Hollandsche Uitg., 1948.
- 7 [Research 1938] *Research – A National Resource. Report of the National Research Council to the National Resources Planning Board* (3 vols.) /Nat. Resources Planning Board (vol. I *Relation of the Federal Government to Research* (1938); Vol. II *Industrial Research* (1941); Vol. III *Business Research* (1942)). Washington: US Government Printing Office, 1938; 1941; 1942.
- 8 Dit was (actieve) wetenschapspolitiek. Eind jaren vijftig zou men een stap verder gaan met 'planning of science' en 'wetenschapsbeleid'. [Tweel 1959] 'W.F.S.W. hield symposium over "Planning of Science"' /L.H. van der Tweel. In: *Wetenschap en Samenleving* 13-10 (okt. 1959), pp.103-106. Zie ook *Scientific World* III (1959) en [Brookman 1979] *The Making of a Science Policy. A Historical Study of the Institutional and Conceptual Background to Dutch Science Policy in West-European Perspective* /F.H. Brookman (diss. VU) Amsterdam: Academische Pers, 1979.

Jaren van berekening

te herkennen in het gegeven dat academische wetenschappers hun werk in het perspectief stelden van het welvaren van de samenleving. In dit opzicht was het instituut voor Sociaal Onderzoek van het Nederlandsche Volk, ISONEVO, opgericht in 1940, een voorloper van instellingen als het Mathematisch Centrum. Het Instituut stelde zich 'naast sociaal onderzoek op eigen initiatief, o.a. ten doel, ten dienste van openbare lichamen onderzoekingen te verrichten'⁹.

9 Het ISONEVO verrichtte sociografische studies, voorzitter was H.N. ter Veen, directeur F. van Heek. [Heek 1948 p.429] 'Sociografie (Amsterdamse richting)' /F. van Heek. In: [Geesteswetenschappelijk 1948 pp.426-432].
[Gastelaars 1985 p.87] *Een geregeld leven. Sociologie en sociale politiek in Nederland 1925-1968* /Marja Gastelaars. Amsterdam: SUA, 1985.

3.1 Geloof in welvaart door wetenschap

Op 13 september 1945 vond onder leiding van de minister-president, prof.ir. W. Schermerhorn, een eerste overleg plaats over de stand van zaken in het fundamenteel wetenschappelijk onderzoek in Nederland en de mogelijkheden dit te stimuleren. Vanaf 1945 voerde de Nederlandse overheid een wetenschaps-politiek en men zou dit beraad kunnen aanmerken als het beginpunt. Schermerhorns gesprekspartners waren de minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, prof.dr. G. van der Leeuw, die van Handel en Nijverheid, ir. H. Vos, de voorzitter van de Nijverheidsorganisatie TNO, prof.dr. H.R. Kruyt, en mr. H.J. Reinink, de directeur-generaal Kunsten en Wetenschappen op het departement van OKW.

‘De vorming van wetenschappelijke onderzoekers moest worden gestimuleerd en het onderzoek zelf georganiseerd en gecoördineerd. [...] Verband zou moeten worden gelegd tussen T.N.O., de Universiteiten en de Industrie.’¹⁰

Uitkomst van deze besprekingen was onder meer een reis van prof.dr. F.A. Venning Meinesz naar de Verenigde Staten om na te gaan hoe daar dergelijke fondsen werkten en om te peilen hoe groot de achterstand was ten opzichte van dit buitenland. Uit hetzelfde initiatief vloeide de instelling voort van de commissie Reinink I¹¹ op 25 april 1946. Deze commissie ging op haar beurt in januari

10 [ZWO 1950 p.5] *Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek. Voorbereiding en werkzaamheden in de oprichtingsperiode 1945-1949. I* (eerste 'Jaarboek ZWO'). 's-Gravenhage: ZWO, 1950. Vergelijk [Kersten 1996 p.14].

11 Daarnaast was er een commissie-Reinink II, ingesteld bij Kon. Besluit 11 april 1946 nr.1, geïnstalleerd op 1 mei 1946. Reinink II hield zich bezig met de reorganisatie van het hoger onderwijs. Zie [Brookman 1979] en [Reorganisatie 1949] *Rapport van de Staatscommissie tot reorganisatie van het hoger onderwijs (ingesteld bij Koninklijk Besluit van 11 april 1946, Nr. 1)* (commissie-Reinink II). 's Gravenhage: Sdu, 1949.

Ik volg Brookman in de aanduiding 'Commissie-Reinink I' respectievelijk 'Commissie-Reinink II'. Voor de Commissie-Reinink I vindt men een enkele keer ook 'Commissie-Van der Leeuw'. Waar in geschriften over hoger onderwijsbeleid wordt verwezen naar de Commissie-Reinink wordt in het algemeen bedoeld op Reinink II, bijvoorbeeld: [Moor 1980] 'Hoger onderwijsbeleid' /R.A. de Moor. In: [Nederland 1980 pp.250-266] *Nederland na 1945. Beschouwingen over ontwikkeling en beleid* /H.B.G. Casimir e.a. (bundel opstellen aangeboden aan E.W. Hofstee; samengesteld door G.A. Kooy, J.H. de Ru en H.J. Scheffer). Deventer: Van Loghum Slaterus, 1980.

Bij Bannier en Kersten daarentegen staat commissie-Reinink natuurlijk voor Reinink I: [Kersten 1996]; [Bannier 1975 p.60] 'ZWO 25 jaar?' /J.H. Bannier. In: [ZWO 25 1975 pp.59-70] *Redes gehouden tijdens de feestelijke viering van het zilveren jubileum der Nederlandse Organisatie voor Zuiver-wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.), in het Nederlands Congresgebouw te 's-Gravenhage op 31 mei 1975*. S.l., s.a..

Bannier refereert aan Reinink II als 'het parlement', omdat deze commissie tot reorganisatie met al haar subcommissies net als het toenmalige parlement 100 leden telde [Bannier 1975 p.68].

1947 over in het Voorlopig Bestuur van wat zou gaan heten: ZWO-in-oprichting. In de officiële documenten uit 1945 tot 1947 was steeds sprake van 'fundamenteel wetenschappelijk onderzoek'. Elders kwamen ook 'basic research' en 'ongericht onderzoek' voor¹². In dit voorlopig bestuur legde men zich in 1947 vast op de term 'zuiver-wetenschappelijk': Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek. De wet hierop is gedateerd 5 januari 1950. Welke term de betrokkenen ook gebruikten, duidelijk was dat men de universitaire wetenschapsbeoefening op het oog had; daarop was de hoop gevestigd.

3.1.a De Groningse Connectie

Van der Leeuw, zelf hoogleraar godsdienstfenomenologie in Groningen, legde er de nadruk op dat naast de natuurwetenschappen de geesteswetenschappen niet zouden mogen worden verwaarloosd. De wetenschap zou bijdragen aan de welvaart van het Nederlandse volk, aan materiële welvaart door toepassingen in het bedrijfsleven, aan geestelijke welvaart door de zuivere wetenschap, door de geesteswetenschappen in het bijzonder – het woord 'welzijn' werd nog niet gebezigd. Zo zou een krachtig stimuleren van wetenschapsbeoefening het in materiële, morele en geestelijke¹³ nood verkerende Nederland opstoten in de vaart der volkeren en behoeden voor cultuurpessimisme. In zijn *Balans van Nederland* had Van der Leeuw al betoogd dat er aan de cultuurkant meer gewicht in de schaal gelegd moest worden. Dat vereiste een actieve cultuurpolitiek¹⁴. Zijn ideeën over de rol van de wetenschap waren verwerkt in het manifest, *De Vernieuwing der Universiteit*¹⁵, dat een groep Groningse hoogleraren na de bevrijding publiceerde. Tot deze groep behoorde ook J.G. van der Corput, korte tijd later mede-oprichter van het Mathematisch Centrum.

12 [Bannier 1975 p.64; 1987]

13 [Schermerhorn 1945 p.5] 'Radiotoespraak' /W. Schermerhorn. In [Herstel 1945 pp.5-22] *Herstel en Vernieuwing* /Koningin Wilhelmina en W. Schermerhorn (Radiotoespraken 27 juni 1945). S.l.: Sectie Voorlichting Mil. Gezag, 1945.

14 [Leeuw 1945] *Balans van Nederland* /G. van der Leeuw. Amsterdam: H.J. Paris, 1945. [Leeuw 1946] 'Actieve cultuurpolitiek' /G. van der Leeuw. In: *Socialisme en Democratie* 3-11 (nov.1946) pp.322-326.

15 [Vernieuwing 1945]. H.J. Reinink, in 1945 directeur-generaal OKW, was van 1931 tot 1939 secretaris van Curatoren geweest in Groningen en van 1939 tot 1941 hoofd van de Afdeling Hooger Onderwijs op het departement. [Smiers 1977] *Cultuur in Nederland 1945-1955. Mening en beleid* /Joost Smiers (diss. UvA). Nijmegen: SUN, 1977. [Leeuw A. 1954 p.306] 'De universiteiten en hogescholen' /A.J. van der Leeuw. In: [Onderdrukking 1954 III pp.301-337] *Onderdrukking en Verzet. Nederland in oorlogstijd* (4 dln.) /J.J. Bolhuis, C.D.J. Brandt e.a. (red.) Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1954. Tussen 1941 en 1945 zou Reinink een drietal discussiegroepen hebben opgezet, waarvan een met Van der Leeuw, over de toekomstige hervormingen van de universiteit, aldus [Brookman 1979 p.290]. Het lijkt aannemelijk dat dit manifest daaruit is voortgekomen. Over Reinink zie [Bannier 1975; 1987].



G. van der Leeuw (rechts), hoogleraar godsdienstfenomenologie aan de RUG en nu minister van OKW, en H.J. Reinink (links), voormalig secretaris van de senaat van de RUG en nu directeur-generaal Kunsten en Wetenschappen, vormden de kern van een Groningse connectie in Den Haag.

Het manifest zette op hoogdravende toon uiteen dat voor mensen van wetenschap een centrale rol in de samenleving was weggelegd, en dat de universiteiten zich op deze rol in te stellen zouden hebben, in nauwer contact onderling en met de maatschappij. Deze rol was een economische – daaraan wijdden zij slechts een enkel woord – en vooral een culturele. De universiteit moest zijn ‘de hoogste Nederlandse cultuurinstantie, de instelling waar de geestelijke elite van het land wordt gevormd’. De oorlogservaringen en later de schrik van de atoombom wakkerden het cultuurpessimisme juist aan. De wetenschap ontmoette kritiek. Er was een tegenstroom, dat realiseerden de Groningers zich ook. ‘De Universiteit staat temidden van de “crisis der zekerheden”,’ schreven zij, ‘De wetenschap als zodanig staat niet hoog in koers.’ Daarom moesten de universiteiten na de oorlog niet slechts hersteld, maar vernieuwd worden: ‘Een nieuwe geest moet een nieuwe academische orde scheppen’. De wetenschapper had, zo vonden zij, juist in die tijd de maatschappelijke verantwoordelijkheid om geestelijke leiding te geven. Zij wilden daarom aandacht voor de academische en sociale vorming van de studenten, en een actieve uitwisseling tussen we-

tenschap en praktijk¹⁶. Wetenschap moest niet gespecialiseerd en geïsoleerd bedreven worden.

‘Er is grote behoefte aan een punt, van waaruit men het gehele Nederlandsche Hooger Onderwijs kan overzien en regelen. [...] Er is noodig een Universitas Neerlandica.’¹⁷

Zo’n Universitas Neerlandica zou gestalte moeten krijgen enerzijds in een Hooge Academische Raad, anderzijds in een Civitas Academica. De Hooge Academische Raad zou deelraden per discipline kennen met verstrekkende bevoegdheden, zoals het voeren van een zwaartepuntenbeleid. Tot de Civitas Academica, de Academische Gemeenschap, zou iedere academicus door zijn afstuderen toetreden. Voor alle duidelijkheid voegden de Groningers er op voorhand aan toe dat in een eventueel meer corporatistisch staatsbestel na de oorlog deze Gemeenschap haar eigen vertegenwoordigers in een parlement zou moeten hebben...¹⁸. A.J. van der Leeuw beschrijft hoe dezelfde ideeën al in 1940 speelden.

‘Het streven naar eenheid en concentratie openbaarde zich niet slechts in de politieke sfeer. De kreet “Academische Gemeenschap”, allereerste gehoord, was niet slechts een leuze, maar zij gaf uitdrukking aan een diepgevoelde behoefte. Niet alleen studenten van verschillende verenigingen zochten nauwer contact, ook tussen hoogleraren en studenten werden vaak persoonlijke contacten gelegd, die voorheen nauwelijks bestonden, en in latere jaren van strijd zeer waardevol bleken. De beste realisatie van deze gedachte was wel de zomercursus der Groninger Universiteit in Ter Apel, waar hoogleraren en studenten een week lang bijeen waren in een werkelijke gemeenschap en waar de gedachte “tezamen werken aan een Nederlandse universiteit” ten schoonste werd gerealiseerd. De cursus werd voor allen die er waren een onvergetelijke belevenis.’¹⁹

In de Cleveringarede 1985 noemt Blom deze zomercursus, 20-27 juli 1940, als voorbeeld van actieve accommodatie aan de bezetting²⁰. Opportunisme is wellicht een beter woord: G. van der Leeuw en zijn collega’s grepen de ruimte en de aanleiding, die een crisissituatie daartoe nu eenmaal biedt, aan om hun eigen ideeën te ontplooien. Dit gold zowel voor 1940 als voor 1945.

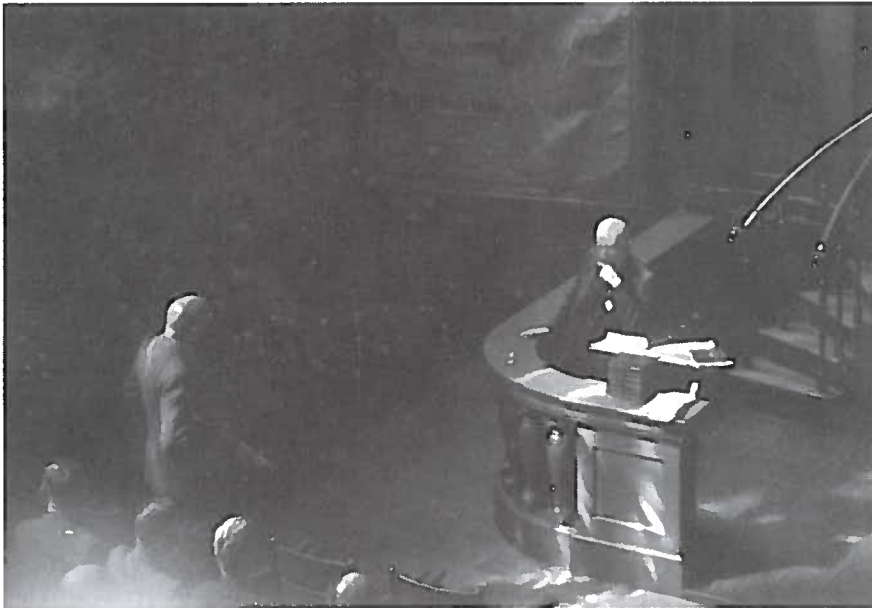
16 Organisatorische hervormingen die zij voorstaan zijn niet oninteressant: leraren- en praktijkvariant in de studie; Studium Generale, vgl. [Wegen 1940]; werkcolleges en stages in de studie; postacademisch onderwijs. Van der Corput doet verslag van zeer positieve ervaringen met vakantiecurssussen in de wiskunde in [Corput 1946b] ‘Het Mathematisch Centrum en het Middelbaar Onderwijs’ /J.G. van der Corput (Toespraak 6e Congres Leraren Wis- en Natuurkunde, 1946). In: *Simon Stevin 1946* pp.21-30.

17 Citaten [Vernieuwing 1945 p.5; 6; 4; 8]

18 [Vernieuwing 1945 p.31]

19 [Leeuw A. 1954 p.308]

20 [Blom 1986 p.24] ‘Verzet als norm’ /J.C.H. Blom (Cleveringarede 1985). In: *Maatstaf 1986-6* pp.20-28. Herdruk in [Blom 1989 pp.151-163] *Crisis, bezetting en herstel. Tien studies over Nederland 1930-1950* /J.C.H. Blom. Den Haag: Nijgh & Van Ditmar, 1989.



G. van der Leeuw was ook aanwezig in Ter Apel, juni 1940. Hier reageert hij, links op de foto, op de voordracht van I.B. Cohen.

Naar hun inhoud waren Van der Leeuws opvattingen namelijk een reactie op de jaren dertig. Het paradoxale bij Van der Leeuw was dat hij zelf behoorde tot de cultuurpessimistische stroming die hij wilde bestrijden. De industriële massacultuur vervulde hem met afgrijzen, de vervlakkings, de standaardisatie. Hij deelde in dezen de pessimistische visie van Spenglers *Der Untergang des Abendlandes* en Ortega y Gasset's *De opstand der horden*²¹. Crisis en werkloosheid hadden hem in deze visie bevestigd. Het opkomend antisemitisme en de geringe daadkracht van het parlementaire stelsel golden voor hem als tekenen dat er ingrijpende veranderingen nodig waren in de samenleving: 'vernieuwing!'. Hier was Van der Leeuw een verklaard aanhanger van de Fransman Denis de Rougemont, die een oplossing zag in een corporatistische maatschappijvorm en die dan ook waardering had voor de corporatistische tendensen in het Duitsland en vooral in het Italië van de jaren dertig. De grootste gruwel in Van der Leeuws ogen was wel neutraliteit. Hij was een fervent pleitbezorger van het openbaar onderwijs; 'openbaar' betekende dan niet neutraal, maar: op een gemeenschappelijke christelijk-humanistische en nationale grondslag.

21 [Ortega y Gasset 1933] *De opstand der horden* / José Ortega y Gasset (vert. Joh. Brouwer). 's-Gravenhage: 1933. Oorspr. *La rebelion de las masas*. Madrid: Revista de Occidente, 1930.

[Spengler 1920] *Der Untergang des Abendlandes. Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte* (2Bde) / Oswald Spengler. München: Beck, 1920,22.

Van Dulken is de eerste die in zijn studie over Van der Leeuw²² de verbanden exploreert tussen diens werk als theoloog en als minister. Van Dulken weet overtuigend de continuïteit tussen beide aan te wijzen. Het concept van actieve cultuurpolitiek, met daarin de voorrang voor het openbaar onderwijs, de grote aandacht voor 'vorming buiten schoolverband' en de bijzondere positie van de universitaire gemeenschap als geestelijke elite, wordt hierdoor veel begrijpelijker. Men kan, zoals Blom doet, de uiting van deze opvattingen in 1940 een geval van accommodatie noemen. Ik vermijd deze term, omdat hij nog steeds het misverstand oproept van bezetting als allesbepalend verschijnsel, en kies voor de iets andere invalshoek van continuïteit. Er is dwars door de bezettingstijd heen een continuïteit aanwijsbaar in de ontwikkeling en ontplooiing van Van der Leeuws opvattingen. Zeker zegt het gegeven dat ze in hun tijd stonden en dat ze zowel in 1940 als in 1945 een gunstige voedingsbodem vonden, iets over de inhoud van de ideeën. Zo kwalificeerde bijvoorbeeld ook collega-theoloog Van Niftrik Van der Leeuws *Balans van het christendom* in 1948 als 'het boek van een "rechtse" schrijver'.²³

Van der Leeuw stond bepaald niet alleen. Zowel Van der Corput als Den Hollander wezen op de veelvuldige cultuurpessimistische geluiden in de jaren dertig, die na de oorlog nog luider opklonken²⁴. Ortega y Gasset's *horden* en Huizinga's *In de schaduwen van morgen*²⁵ waren bepaald populair.

Nog meer medestanders had Van der Leeuw in de paradoxale bestrijding van pessimisme. Niet alleen Schermerhorn waardeerde hem om die houding van krachtige bestrijding van pessimisme en gevaarlijk geachte tendensen in de samenleving. In zekere zin was deze houding kenmerkend voor de eerste naoor-

22 [Dulken 1985] 'De cultuurpolitieke opvattingen van prof.dr. G. van der Leeuw (1890 - 1950)' /Hans van Dulken. In: *Kunst en beleid in Nederland 1* pp.81-162 (Amsterdam: Boekmanstichting/Van Gennep, 1985).

23 N.a.v. [Leeuw 1940] *Balans van het Christendom* /G. van der Leeuw. Amsterdam: 1940. [Niftrik 1948 p.113] 'Godsdienst en kerk' /G.C. van Niftrik. In: [Geestelijk 1948: dl I pp.75-113] *Geestelijk Nederland 1920-1940* 2 dln. /K.F. Proost en J. Romein (red.) Amsterdam: Kosmos, 1948.

Van der Leeuw wordt geplaatst in de context van de godsdienstwetenschap in [Hak 1994] *Stagnatie in de Nederlandse godsdienstwetenschap 1920-1980. De bijdrage van Gerardus van der Leeuw, Fokke Sierksma en Theo P. van Baaren aan de godsdienstwetenschap* /Durk Hak (diss. RUG). Amsterdam: Thesis Publishers, 1994.

24 [Corput 1949 p.22] 'Enkele universitaire problemen' /J.G. van der Corput. In: [Quaestiones 1949 pp.20-26] *Quaestiones academicae hodiernae* /K. Jaspers e.a. (voordrachten t.g.v. 67e lustrum RUG). Groningen: Wolters, 1949.

[Hollander 1948 p.144] 'Sociografie en sociologie' /A.N.J. Hollander. In: [Geestelijk 1948: dl 2 pp.119-146].

Vgl. [Aerts/Berkel 1996] *De pijn van Prometheus. Essays over cultuurkritiek en cultuurpessimisme* /Remieg Aerts en Klaas van Berkel (red.). Groningen: Historische Uitgeverij, 1996.

25 [Huizinga 1935] *In de schaduwen van morgen. Een diagnose van het geestelijk lijden van onzen tijd* /Joh. Huizinga. Haarlem: Tjeenk-Willink, 1935.

logse jaren. Uit in wezen cultuurpessimistische overtuiging verbood men zich, zo lijkt het, naar deze overtuiging te handelen – een verbod dat zich zelfs uitstrekte tot een taboe op verdriet.

Kossmann met zijn karakterisering ‘opgewekte energie’ en Blom in ‘Jaren van tucht en ascese’ illustreren een dubbelheid van stemming in ‘herrijzend Nederland’²⁶ die naadloos aansloot op dat paradoxale zelfverbod van cultuurpessimisme. De ironie wil dat Van der Leeuw en zijn collega-ministers in het ingenieurskabinet-Schermerhorn-Drees juist dankzij deze houding het startsein gaven voor de versnelde naoorlogse ontwikkeling van de eerder zo verfoeide ‘industriële massacultuur’.

De Groningse initiatieven vertonen continuïteit. Met *Wegen der Wetenschap* beleefde een Studium Generale avant la lettre in het seizoen 1939/1940 zijn derde cyclus, *De Vernieuwing der Universiteit* verscheen in 1945 en na de bevrijding werd het debat voortgezet²⁷. Hoe invloedrijk de Groningers waren met Reinink in de ambtelijke top, Van der Leeuw als minister en onder meer Van der Corput in een vooraanstaande rol in ‘het veld’, is niet zonder verder onderzoek te zeggen – invloedrijk genoeg voor Van der Leeuws opvolger J.J. Gielen om een aantal mensen weg te reorganiseren. Hun denkbelden waren niet uniek, wel meer dan elders doorgesproken in de richting van concrete voorstellen tot verandering.

Het gesprek over de maatschappelijke positie van de wetenschap was in Groningen al tien jaar gaande en had, getuige het manifest, tot zoveel consensus geleid dat de deelnemers elkaar daarop konden aanspreken bij het ontplooiën van initiatieven na de bevrijding.

3.1.b ZWO

In de vernieuwingsplannen van minister Van der Leeuw moest de wetenschap dienstbaar worden aan de samenleving door een leidende rol op zich te nemen. Ten eerste in de vorm van de hierboven bedoelde geestelijke leiding. Ten tweede door in nauwer contact te treden met de maatschappij, c.q. de industrie. Ten derde, intern, door in onderlinge samenwerking de Nederlandse wetenschapsbeoefening (terug) te brengen op hoog, dat wil zeggen internationaal concurre-

26 [Kossmann 1989 p.15] ‘Nederland in de eerste na-oorlogse jaren’ /E.H. Kossmann. In: [Alberts e.a. 1989 pp.7-16] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.

[Blom 1981] ‘Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945 -1950)’ /J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158] *Herrijzend Nederland. Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* /P.W. Klein en G.N. van der Plaat (red). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (=BMGN 96-2). Herdruk [Blom 1989 pp.184-217].

27 [Wegen 1940]; [Vernieuwing 1945]; [Quaestiones 1949].

rend, peil. Dit geloof in een op wetenschap stoelende vooruitgang en culturele verheffing vond een gewillig oor bij minister-president Schermerhorn en de ministers Vos, van Handel en Nijverheid, en Liefstinck, van Financiën. Schermerhorn had Van der Leeuw aangezocht juist vanwege deze plannen en meer in het algemeen om zijn visie op cultuurpolitiek. Van der Leeuw was immers wel een vooraanstaand intellectueel en genoot in zijn eigen vak internationaal aanzien²⁸, een ervaren politicus was hij zeker niet. Hij hoorde in het kabinet-Schermerhorn-Drees tot de groep van politiek daklozen, was zelfs in eerste instantie niet aangesloten bij de Nederlandse Volksbeweging²⁹. De ministers waren overtuigd van het cruciale belang juist van zuivere wetenschap en erkenden de stimulerende rol van de overheid in dezen. Gesproken werd, op die eerdergenoemde bijeenkomst bij Schermerhorn van 13 september 1945, van een fonds ter grootte van 5 miljoen gulden per jaar, te beheren door wetenschappelijke deskundigen. De overheid zou het wetenschappelijk onderzoek niet onder controle mogen krijgen: dat werd gezien als een zaak van de autonome universitaire gemeenschap. In feite nam het kabinet de visie van Van der Leeuw over, met dien verstande dat Schermerhorn zich vierkant achter de initiatieven stelde en een extra accent legde op het belang voor de welvaart. Met de volgende aanhef zocht de laatste op 26 maart 1946 een elftal leden voor de commissie-Reinink I aan.

‘Zoals U ongetwijfeld bekend zal zijn, heeft de Regering het voornemen om het fundamenteel wetenschappelijk onderzoek in Nederland niet alleen op natuurwetenschappelijk gebied, maar ook op het gebied van de zgn. “alpha-vakken” te stimuleren en te steunen op een schaal, zoals tot dusverre niet is geschied. Het uiteindelijke doel van dit onderzoek zal zijn, dat de resultaten er van ten nutte komen voor de welvaart van de Nederlandse samenleving.’³⁰

In de regeringsverklaring in 1945 had Schermerhorn wel de natuur- en technische wetenschappen in verband gebracht met rationalisatie en verhoging van kwaliteit en kwantiteit van de productie³¹. Deze brief was echter het eerste beleidsstuk dat met zoveel woorden de koppeling legde tussen zuivere wetenschap en welvaart, gerelateerd aan een overheidstaak. In deze visie was plaats voor instituten waar de wetenschapsbeoefening sneller kon worden opgebouwd en op een hoger niveau gebracht kon worden dan het herstel der universiteiten zou

28 Zie [Dulken 1985]. Van der Leeuw en zijn denkbeelden waren bekend in Sint Michielsgestel. Banning, Van der Goes van Naters en Schermerhorn erkenden in hem een geestverwant (personalisme). Brookman suggereert dat Van der Leeuw en Schermerhorn elkaar in de oorlog ontmoetten [Brookman 1979 p.290].

29 [Duynstee/Bosmans 1977 p.70; 520] *Het kabinet Schermerhorn-Drees; 24 juni 1945-3 juli 1946* /F.J.F.M. Duynstee en J. Bosmans. Assen/Amsterdam: Van Gorcum, 1977 (*Parlementaire geschiedenis van Nederland na 1945* 1).

30 [ZWO 1950 p.6]

31 [Herstel 1945 p.15]

toestaan. Daarnaast dacht men aan TNO-achtige instellingen die als intermediair tussen universiteit en industrie of TNO zouden kunnen fungeren. Zo, door te excelleren en door te bemiddelen, zou de wetenschap haar dienende functie kunnen vervullen.

Het Mathematisch Centrum was op 11 februari 1946 het eerste in een reeks van zulke instituten die werden opgericht. De doelstelling van de Stichting 'Mathematisch Centrum' weerspiegelde nauwkeurig de nieuwe wetenschaps-politiek:

'Artikel 2 De Stichting is gevestigd te Amsterdam en heeft ten doel de systematische beoefening van de zuivere en toegepaste wiskunde in Nederland te bevorderen, ten-einde daardoor eenerzijds de bijdragen van deze gebieden van wetenschap tot de verhooging van het welvaarts- en beschavingspeil in Nederland, anderzijds de bijdrage van Nederland tot de internationale cultuur te vergroeten.³²

Enige maanden later werd de FOM opgericht, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie. Het geplande instituut voor medisch-biologisch onderzoek is er niet gekomen. Het was uitdrukkelijk de bedoeling van Schermerhorn, dat de commissie-Reinink I zou zoeken naar een organisatievorm waar MC en FOM onder zouden vallen. Hij vermeldde ze in de brief onder de onjuiste maar veelzeggende namen 'Het Centraal Instituut voor Toegepaste Wiskunde' respectievelijk 'Stichting voor Atoomphysica'. Inderdaad werden beide stichtingen in 1947 de facto onder ZWO-i.o. gebracht³³.

De commissie kwam al snel, op 1 augustus 1946, met een voorstel en ging in januari 1947 over in het Voorlopig Bestuur van een nader uit te werken organisatie. Dat het tot 1950 zou duren eer ZWO bij wet werd ingesteld, lag behalve aan de normale ambtelijke traagheid aan de desinteresse van de volgende regering. Minister-president Beel, aangetreden op 3 juli 1946, liet de zaak geheel over aan zijn minister van OKW, Jos J. Gielen, die er ook niet hard aan trok en passief toezag hoe zijn ambtenaren de feitelijke organisatie opbouwden. De ambtenaren die de zaak doorzetten waren in de eerste plaats secretaris-generaal Reinink en de souschef van de afdeling Hoger Onderwijs, dr. J.H. Bannier. Van de geestverwanten van Van der Leeuw in de top van het departement was Reinink de enige die niet door Gielen was verwijderd.

Zo functioneerde ZWO-i.o. tot 1950 in feite reeds als subsidieverlenende instantie. Het wetsontwerp werd onder Gielens opvolger prof.dr. F.J.Th. Rutten, minister vanaf 7 augustus 1948, in normaal tempo afgehandeld. Maar toen was er inmiddels ook de steun in de rug van de industrialisatiepolitiek³⁴.

32 [Akte 1946] 'Akte van oprichting van de te Amsterdam gevestigde Stichting 'Mathematisch Centrum', d.d. 11 februari 1946. Archief CWI, K Ia.

33 Dit gebeurde in de brief van minister Gielen d.d. 16-1-1947, vergelijk [Bannier 1975; 1987]. Formeel zijn beide stichtingen nog altijd onafhankelijke werkgevers. Zie ook [Kersten 1996 p.41].

Rutten sloot weer aan bij Schermerhorn en Van der Leeuw in zijn verwachting van op wetenschap stoelende vooruitgang. Met instemming citeerde hij het pleidooi van een Amerikaanse senaatscommissie voor de oprichting van de National Science Foundation:

'Today no nation is stronger than its scientific resources.'³⁵

Het feit dat de organisatie van ZWO tegen de afstandelijke houding van Gielen tot stand kwam, illustreert de gedrevenheid van Reinink en Bannier en vooral de weerklink die het idee onder wetenschapsbeoefenaren ondervond. Van de gehonoreerde aanvragen, 12 in 1947, 62 in 1948, 82 in 1949, was ongeveer de helft afkomstig van stichtingen, instituten of fondsen – de overige van individueel opererende onderzoekers. Er bestond dus al een behoorlijke mate van georganiseerdheid in de praktijk van het onderzoek.

In de context van een vooruitgangsgeloof werd wetenschap vanaf 1945 tot voorwerp van beleid gemaakt: wetenschapspolitiek³⁶. Zuivere wetenschap werd ingezet voor beschaving en welvaart. De oprichting van het Mathematisch Centrum en FOM was exemplarisch voor deze ontwikkeling in opvattingen en het daaruit voortvloeiende handelen. Zo werd bij de behandeling van het wetsontwerp op ZWO het Mathematisch Centrum aangehaald als voorbeeld bij uitstek van de manier waarop deze nieuwe opvattingen gestalte zouden moeten krijgen.

3.1.c De Commissie tot Coördinatie

Op 26 oktober 1945 installeerde minister G. van der Leeuw van OKW de Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Ne-

34 Zie [Nederland industrialiseert 1981] *Nederland industrialiseert! Politieke en ideologische strijd rondom het naoorlogse industrialisatiebeleid 1945-1955* /Herman de Liagre Böhl, Jan Nekkens en Laurens Slot (red.). Nijmegen: SUN, 1981.

[Hen 1980] *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland. De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* /P.E. de Hen. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1980.

[Dercksen 1986] *Industrialisatiepolitiek rondom de jaren vijftig. Een sociologisch economische beleidsstudie* /W.J. Dercksen: Assen: Van Gorcum, 1986.

35 Memorie van toelichting op wetsontwerp ZWO, weergegeven in [ZWO 1950 p.26]. De parallel met de NSF is niet volledig: terwijl ZWO zich ook zou richten op de 'geesteswetenschappen', richt de NSF, zoals het begrip *science* aangeeft, zich op de β -wetenschappen en niet op de *humanities*.

De parlementaire behandeling in extenso in [Kersten 1996 pp.21-35].

36 De term 'vooruitgangsgeloof' is hier van toepassing. Ten eerste werd de term in deze tijd gebezigd, bijvoorbeeld [Hollander 1948 p.135]. Ten tweede was duidelijk waarneembaar een streven naar concrete vormen van rationalisering van productie en beleid. Het was een tendens tot rationalisatie op basis van een van de (natuur)wetenschap afgeleide – althans een door wiskundig denken geïnspireerde – benadering.

derland. Deze commissie stond onder voorzitterschap van de Groningse hoogleraar J.G. van der Corput, secretaris was J.F. Koksma van de Vrije Universiteit. De overige leden waren D. van Dantzig, T.H. Delft; J.A. Schouten, tot 1943 T.H. Delft; de Leidse natuurkundige H.A. Kramers en de Utrechtse sterrekundige M.G.J. Minnaert³⁷. Het was een hecht en machtig gezelschap. Machtig was het door zijn invloedrijke leden, door de eensgezindheid en vooral door de verstrekkende opdracht die de commissie van de minister meekreeg. Natuurlijk kende men elkaar, zo groot was de Nederlandse wiskundewereld niet. Toch was de doorsnede een niet-toevallige. Koksma was gepromoveerd bij en bevriend met Van der Corput. Beiden waren getaltheoreticus van naam, beiden waren, ieder op zijn eigen wijze, maatschappelijk geëngageerd. Minnaert vertegenwoordigde de Utrechtse universiteit, maar was ook, in de schaduw van Pannekoek, een gewaardeerd populariseerder van wetenschap. Van Dantzig was zeer goed bevriend met Koksma en had in Delft vele jaren samengewerkt met Schouten. Schoutens werk, gericht op toepassingen in de theoretische fysica, had hem in contact gebracht met de Leidse school van Lorentz en Ehrenfest, waar Minnaert gestudeerd had en waarvan Kramers de erfgenaam was. Omgekeerd was Kramers bijzonder hoogleraar in Delft, voor het Delfts Hoogeschoolfonds. Kramers was bovendien dé man met internationale contacten. Hij had de hand weten te leggen op een exemplaar van Bush-rapport *Science. The Endless Frontier*³⁸. Kramers was bovendien tezelfdertijd betrokken bij de oprichting van de FOM, vanuit een soortgelijke initiatiefgroep. Van der Corput had, zoals reeds opgemerkt, goede contacten met Van der Leeuw. Reinink had hij al in Groningen meegemaakt.

Er was een aantal leerstoelen in de wiskunde vacant. Naast de voordragende taak van de faculteiten en de politiek zuiverende taak van de Colleges van Zuivering en Herstel kreeg de commissie hier een adviserende en coördinerende taak toebedeeld. Haar voornaamste opdracht luidde echter:

‘de bestudering van de vraag of het mogelijk en wenschelijk is, in Nederland een centrum voor wetenschappelijke wiskundige werkzaamheid te doen ontstaan, en tevens, middelen te beramen om nauwer contact te leggen tusschen de zuivere wiskunde en hare toepassingen op andere gebieden’³⁹.

- 37 Blijkens een brief van secretaris Koksma, dd. 17-3-1947 bij de opheffing, is de commissie tussentijds aangevuld met J.M.W. Milatz, hoogleraar natuurkunde RUU (Archief CWI Corr. Van der Corput.) Men vindt de commissie ook aangeduid als Commissie voor de (Coördinatie en) (Re)organisatie etc., en in minder formele stukken wel als commissie-Van der Corput.
- 38 [Bush 1945] *Science. The Endless Frontier* [Vannevar Bush. Washington: US Government Printing Office, 1945. Vergelijk ook [Sizoo 1987]. Over Kramers [Dresden 1987] *H.A. Kramers. Between Tradition and Revolution* [M. Dresden. New York etc.: Springer, 1987.
- 39 Weergegeven in brief d.d. 25-11-1945 van Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland aan prof.dr. F.A. Vening Meinesz. In: Archief Min. O en W; brief en concept van deze brief in Archief CWI, K 1a.

Een verstrekkende opdracht, geheel passend in het beleid en de opvattingen van Van der Leeuw. De formulering gaf al een zeer duidelijke richting aan. De minister wist kennelijk waar hij om vroeg⁴⁰. Verder stonden al in november 1945 concrete plannen op papier en in februari 1946 was de oprichting een feit.

De commissie ontplooid verrassend snel initiatieven om te komen tot een 'instituut voor zuivere en toegepaste wiskunde', het 'Mathematisch Centrum'⁴¹. De plannen werden voor het eerst uiteengezet in een brief van 25 november 1945 aan prof.dr. F.A. Vening Meinesz, directeur van het KNMI en hoogleraar geodesie. Vening Meinesz maakte op dat moment juist zijn eerdergenoemde reis naar de Verenigde Staten om daar in opdracht van de regering studie te maken van financieringsstelsels voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek. De commissie riep zijn hulp in om in Amerika geld los te krijgen voor de opzet van het instituut. Men had namelijk grootse plannen om een eigen gebouw neer te zetten in Amsterdam met aan de Amsterdamse universiteiten te verhuren collegezalen en hoogleraarskamers, met rekenapparatuur en met een bibliotheek.

Intussen was een notaris aan het werk om een stichtingsakte te ontwerpen: het 'Mathematisch Centrum' moest een stichting worden die het beheer zou voeren over een 'Instituut voor Zuivere en Toegepaste Wiskunde'. Er was al overleg gevoerd met de gemeente Amsterdam. Wethouder A. de Roos was enthousiast en zou later zelf curator worden. Beide Amsterdamse Faculteiten voor Wis- en Natuurkunde, in het bijzonder L.E.J. Brouwer (UvA) en commissielid Koksma (VU), zegden steun en medewerking toe. Koksma was op dat moment de enige hoogleraar wiskunde aan de VU, met Grosheide en Haantjes als lectoren naast zich. Brouwer was directeur van het Mathematisch Instituut van de Universiteit van Amsterdam.

Al deze voortvarendheid hoeft niet te verbazen, als we bedenken dat de commissie niet anders was dan een voortzetting in ruimer gezelschap van beraadslagingen, die Van Dantzig, Koksma en Van der Corput tijdens en onmiddellijk na de oorlog hielden⁴². Na zijn verwijdering van de TH in 1940 woonde Van Dantzig in Amsterdam, waar hij nauw contact onderhield met Koksma, hetgeen 'zijn redding betekende'⁴³. Van der Corput nam 'in den regel de vertegen-

40 In augustus van dat jaar wist hij dat nog niet, toen heette het eerste streven nog 'dat werkelijk van een opleiding tot [wiskunde-]leeraar kan worden gesproken.' Brief min. OKW G. van der Leeuw aan College van Herstel TH te Delft dd. 7-8-1945 (ARA 3.12.08 dossier 701). Van der Corput memoreerde een bespreking van zijn plannen met de minister in [Corput 1946a p.19] *Het Mathematisch Centrum* [J.G. van der Corput (Inaug. rede UvA). Groningen/Batavia: Noordhoff, 1946.

41 Ibidem; behalve de brief van Schermerhorn, die van na de oprichtingsdatum is, zijn er geen stukken bekend waarin niet de naamsaanduiding 'Mathematisch Centrum' voorkomt. Dit duidt op vergaand uitgekristalliseerde ideeën.

42 Van der Corput hield het op 'onafhankelijk van elkaar', in [Corput 1946a p.13].

woordiging van Groningen bij de samenkomsten van het hoogleraren-verzet op zich⁴⁴, dat onder leiding van professor Oranje van de VU. Het is aannemelijk dat hij Koksma sprak, maar het intensieve overleg over de vernieuwingsplannen had gezien de evolutie van die plannen waarschijnlijk toch in de zomer van 1945 plaats.

Wat opvattingen betreft hoorde Van der Corput tot de Groningers die de ivoren toren wilden ombouwen tot vuurtoren. Het idee om hiervoor een afzonderlijk instituut te stichten nam hij over van Van Dantzig⁴⁵. Dit denkbeeld moet dus al bij de instelling van de Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde bekend zijn geweest aan Van der Leeuw. De commissie was klaarblijkelijk gericht samengesteld en ze ging gericht te werk.

Machtsgreep

De samenstelling van de commissie verdient een nadere observatie, omdat ze enerzijds impliciet iets weerspiegelde van de verhoudingen in wiskundig Nederland, anderzijds uitdrukking gaf aan die overheersende doelgerichtheid van het gezelschap.

In feite waren alleen de RU Groningen en de VU vertegenwoordigd door de ter plaatse leidende wiskundigen. En de representant van Groningen was de man die daar weg wilde. Nijmegen kende nog geen natuurwetenschappelijke faculteit. Met de Economische Hogescholen in Rotterdam en Tilburg werd niet eens contact gezocht. Dat daar toch interessante toepassingsgebieden voor de wiskunde lagen, was in dit stadium en met het oog op deze commissie klaarblijkelijk geen punt van overweging.

In Utrecht waren beide professoraten vacant; dat een andere hoogleraar uit deze faculteit in de commissie deelnam, lag voor de hand. De vertegenwoordiging van de RU Leiden daarentegen was curieus, niet zozeer door de deelname van Kramers, als wel in het passeren van Van der Woude en Kloosterman. Zeker, de eerste was oud en de tweede kwam als lector niet in aanmerking. Maar Kloosterman was nota bene degene die het overzicht van de wiskunde had verzorgd in de inventarisatie van natuurwetenschappelijk onderzoek in 1942, en daarin had hij aanmerkelijk meer oog gehad voor de ontluikende toepassings-

43 [Dantzig 1945b] 'Toespraak tot de Delftsche Studenten (gehouden door Prof.dr. D. van Dantzig bij de hervatting zijner colleges en als inleiding op zijn college Wiskunde, Logica en Ervaringswetenschappen op Woensdag, 3 oktober 1945)' /D. van Dantzig. In: *Het Orakel van Delft* 1-2 (23-11-1945).

[Grosheide 1965] 'In memoriam J.F.Koksma' /G.H.A. Grosheide Fwzn. In: *Jaarboek VU*. Amsterdam: VU, 1965.

44 [Pot 1946 p.30] 'Verslag van de lotgevallen der Rijksuniversiteit te Groningen in het studiejaar 1945-1946, uitgebracht door den aftredenden Rector Magnificus Mr. C.W. van der Pot op 16 september 1946' /C.W. van der Pot. *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Groningen 1946*. Groningen/Batavia: J.B. Wolters, 1946, pp. 23-41.

45 [Corput 1946a p.13]

gerichte wiskunde dan Van der Corput in diens overzichten⁴⁶. Desalniettemin stonden de Leidse wiskundigen, terecht of niet, te boek als representanten van het verzet tegen het vermengen van zuivere wiskunde met externe motieven.

Evenzeer wonderlijk was de relatie van de commissie met Delft. Schouten was al sinds 1941 niet meer actief aan de TH. Hij had er in 1943 ontslag genomen en woonde in Epe. Van Dantzig nam onder de Delftse wiskundigen bepaald geen centrale positie in. Hij woonde inmiddels in Amsterdam en zijn aanvechting om in Delft verder te werken was gering. Krachtige steun verwierf de commissie wel in een later stadium uit de technische afdelingen.

Het ontbreken van de Universiteit van Amsterdam in de commissie mag verklaarbaar schijnen uit de tijdelijke schorsing van Brouwer, er was meer aan de hand. Er was nauw contact met de fysicus Clay⁴⁷, voorzitter van de faculteit, die later als voorzitter zou optreden van het voorlopig bestuur en van het Curatorium van de Stichting Mathematisch Centrum.

De wiskundige gemeenschap, die gezag toekent aan haar leden bijna uitsluitend op grond van wiskundig talent, werd gedomineerd door L.E.J. Brouwer. Diens status en macht torende, ondanks twee decennia van improductiviteit, ver boven alle andere stervelingen uit. B.L. van der Waerden was op grond van zijn *Moderne Algebra* de meest vooraanstaande onder de gewoon uitzonderlijke talenten, maar hij had zich door zijn carrière in Duitsland voort te zetten enigszins buiten de orde geplaatst. Dan waren Van der Corput en Schouten de nestors. Zij waren van de generatie van Brouwer en hadden zich ook internationaal in de wiskunde geprofileerd en voerden feitelijk de Nederlandse wiskundige gemeenschap aan. Van de hierboven genoemden uit de in leeftijd volgende generatie, geboren rond 1900, hadden Van der Waerden, Koksma en Van Dantzig een hoogleraarschap verworven. Laatstgenoemde was de enige die in de crisisja-

46 [Kloosterman 1942] 'Wiskunde' /H.D. Kloosterman, rapporteur. In: [Natuurwetenschappelijk 1942 pp.234-255].

[Corput 1930] 'De ontwikkeling der wiskunde in Nederland in de laatste 50 jaren' /geen auteursverm. [J.G. van der Corput]. In: [Ontwikkeling/Luik 1930 pp.94-102] *De ontwikkeling der Natuurwetenschappen in Nederland gedurende de laatste halve eeuw, saamgesteld door verschillende schrijvers op verzoek van het comité ter voorbereiding van de wetenschappelijke afdeling in het Nederlandsche paviljoen der internationale tentoonstelling te Luik 1930*. Leiden: S.C. van Doesburg, 1930.

[Corput 1948a] 'Wiskunde' /J.G. van der Corput. In: [Geestelijk 1948: D1 2 pp.255-291].

[Corput 1954] 'Wiskunde' /J.G. van der Corput. In: [Ontwikkeling/Thijm 1954 pp.453-473] *De ontwikkeling der wetenschappen in de laatste halve eeuw. Gedenkboek van het Thijmgenootschap bij het vijftigjarig bestaan* /W.J.M.A. Asselbergs e.a. (red.). Amsterdam: Uitg.mij 'Joost van den Vondel', 1954.

47 Over Clay: [Berkel 1986] 'Wetenschap en wijsbegeerte in het werk van Jacob Clay (1882 - 1955)' /K. van Berkel. In: *Filosofie in Nederland. De Internationale School voor Wijsbegeerte als ontmoetingsplaats, 1916-1986* /A.F. Heyerman, M.J. van den Hoven (red.). Meppel: Boom, 1986.

ren een leerstoel in de wiskunde wist te verwerven, voetje voor voetje via een lectoraat een buitengewoon hoogleraarschap, uiteindelijk in 1940 tot een gewoon hoogleraarschap. Daarnaast haperden door de economische omstandigheden de carrières van talenten als H.D. Kloosterman, H. Freudenthal, A. Heyting en J. Haantjes. Nu waren er bij de bevrijding een aantal leerstoelen vacant. Er was ruimte voor deze en de alweer aanstormende volgende generatie, en nu wilden eerst Van der Corput en de zijnen nog iets.

Strikt genomen wilden Van der Corput, Koksma en Van Dantzig iets bereiken op het vlak van de maatschappelijke rol van de wiskunde, onder meer een instituut naast de universiteiten. Maar dat had natuurlijk repercussies op universitaire posities. Ze wilden nog meer, een instituut dat boven de universiteiten uit zou stijgen. En dat nu was niet minder dan een structurele machtsgreep. Natuurlijk, psychologisch gezien natuurlijk, moest die plaatsvinden in Amsterdam, de zetel van Brouwer. En natuurlijk rees er protest. Dat degene die in feite reeds de leiding had, zich opmaakte om de macht te grijpen, wekte wrevel.

De slagvaardigheid van de commissie in het tot stand brengen van het Centrum verried een gedrevenheid, een vernieuwingsdrang die veel, eigenlijk alles, verklaart. Dat wil zeggen, onder ieder ander gezichtspunt verschijnt het bestaan en de werkwijze van deze commissie met dit vergaand mandaat als lichtelijk bizar. Immers, de werkterreinen van de commissie waren min of meer afgedekt door andere. En waar de samenstelling van de commissie al geen getrouwe afspiegeling van de universitaire wiskundegroepen was, daar verliep het verkeer met diezelfde groepen ook niet overal even soepel.

Reorganisatie en stimulering van onderzoek was immers al voorwerp van een complex van initiatieven op nationaal niveau, in het bijzonder voorwerp van de commissie-Reinink II voor de reorganisatie van het hoger onderwijs en van de commissie-Reinink I, wier inspanning zou uitmonden in ZWO. Van der Corput zelf zat in Reinink II de sectie M, Wis- en Natuurkunde, voor en was lid van Reinink I.

Op lokaal niveau stelde bijvoorbeeld de Delftse Afdeling Algemene Wetenschappen op 14 september⁴⁸ een commissie in voor de reorganisatie van het wiskunde-onderwijs, met Bremekamp, Bottema en Van Dantzig. De instelling van de Commissie tot Coördinatie op het tussenliggende niveau betekende een voorschot op die initiatieven.

Het toevoegen van de coördinatietaak, het adviseren over benoemingen, aan de commissie-opdracht was volkomen rationeel in het licht van deze specifieke 'reorganisatie'-opdracht, maar afgezien daarvan een doublure. Het waren ten-

48 325^e Vergadering van de Afdeling der Algemene Wetenschappen, 14 september 1945. Archief Afd. A doos 27. Deze commissie-Bremekamp was overigens vooral een poging om het tij, de vernieuwingsdrang vanuit de andere Delftse afdelingen en vanuit de overheid, te keren. Vergelijk hoofdstuk 7.

slotte de faculteiten die een benoemingsvoordracht aan de minister deden. Weliswaar was het consulteren van zusterfaculteiten kennelijk in die tijd nog geen standaardonderdeel van de voorbereiding van een benoemingsvoordracht, het vertrouwelijke circuit van informele adviezen en passieve onderlinge afstemming bestond wel degelijk en draaide op volle toeren⁴⁹. Met name de Delftse wiskundigen voelden zich op dit punt bedreigd door het bestaan van de Commissie tot Coördinatie, niet zonder aanleiding, maar formeel ten onrechte.

‘Ik kan niet aannemen, dat het de bedoeling van rector-magnificus en assessoren zou zijn de Regeering in zake het inwinnen van adviezen bij benoemingen aan banden te leggen,’

antwoordde minister Van der Leeuw koeltjes op een bezorgde reactie op zijn melding van het voornemen zo’n commissie in te stellen⁵⁰.

Delft

In Delft was men al van tevoren gealarmeerd door van iedere tact gespeende mededelingen van Van Dantzig aan zijn Delftse collega’s: dat het wiskunde-onderwijs radicaal herzien moest worden, dat zij wel niets voor verandering zouden voelen, dat de minister voornemens zou zijn de hoogleraarsbenoemingen te centraliseren. Van Dantzig liet zich zelfs tot tweemaal toe verlokken tot discussie over personen die de commissie-in-spe dan wel aan Delft toegedacht had. Men was in Delft buitengewoon gevoelig op dit punt, omdat de Technische Hoogeschool veruit het grootste aantal leerstoelen in de wiskunde van Nederland had, zeven op dat moment, maar de functie stond er in lager aanzien dan een universitaire benoeming, zodat men altijd tobde met het beeld van hoogleraren van de tweede keus. Van Dantzig had in Delft carrière gemaakt van assistent tot hoogleraar, maar was er nooit een centrale figuur geworden in de Subafdeling Wiskunde. Hij voelde zich miskend en de herinnering aan de perikelen in de oorlog was uiterst pijnlijk.

‘Geestdrift over mijn voorstellen had ik nauwelijks verwacht. De vraag is alleen of de collega’s beseffen dat de operatie onvermijdelijk is.’⁵¹

49 Notulen vergaderingen van Hoogleeraaren in de wiskunde (aan de TH te Delft), passim. Archief Afd. A doos 27.

50 Correspondentie in Archief Curatoren/College van Herstel TH, in: ARA 3.12.08 dossier 701.

51 Brieven O. Bottema aan D. van Dantzig d.d. 7-6; 24-7; 31-7-1945; D. van Dantzig aan O. Bottema 18-6; 18-7; 26-7-1945. Citaat uit laatstgenoemde brief. Verder: Archief Afd A Map 30. Notulen Verg. Hoogl. Wiskunde 30-7-1945; 20-8-1945; 29-8-1945. Archief Afd A Doos 27.

Nu, in 1945, lag er bovendien een gevoelige kwestie onder de oppervlakte. De ontheffing van joodse ambtenaren van hun plichten in november 1940 had onder de hoogleraren in de Afdeling Algemene Wetenschappen Van Dantzig en de jurist Josephus Jitta getroffen. Bottema was in 1941 Van Dantzig opgevolgd en had zich in de tussenliggende jaren ont-

Op 7 augustus kondigde de minister de commissie-Van der Corput aan. In betrekkelijk vage bewoordingen motiveerde Van der Leeuw het instellen van een commissie in de behoefte aan coördinatie van benoemingsadviezen, aan een lerarenopleiding en aan de vorming van 'mathematici [...], die in staat zijn de wiskunde uit te breiden en Nederlandsch naam op dit gebied hoog te houden'. Het waren typisch de motieven van Van der Corput. De slotzin was daarentegen heel concreet.

'Het verheugt mij bijzonder U te kunnen berichten dat Prof.Dr. J.G. van der Corput zich bereid heeft verklaard het voorzitterschap der in te stellen commissie te willen aanvaarden.'⁵²

Dit werd in Delft gelezen als een regelrechte coup van Van der Corput en het joeg de vergadering van hoogleraren in de wiskunde, de vergadering van de Afdeling Algemene Wetenschappen en het College van Rector Magnificus en Assessoren⁵³ hoog in de boom.

'Het is het College niet bekend, of het in het voornemen van een Minister ligt, dat de bemoeiingen van deze commissie zich zullen uitstrekken tot vragen over de organisatie en de inrichting van het wiskunde-onderwijs aan de Technische Hoogeschool. Zij kan nauwelijks onderstellen dat zulks de bedoeling kan zijn.'

Voorts zou zich datgene waarmee de commissie zich niet had te bemoeien, zich reeds in de door de minister gewenste richting ontwikkelen. En het wiskunde-onderwijs in Delft zou zo'n specifiek karakter hebben dat over de geschikt-

popt tot de dragende figuur van de Subafdeling. Niemand wilde hem missen in 1945 en niemand vocht zijn positie aan. Toch vroeg hij geen ontslag, zoals Schilthuis die Josephus Jitta was opgevolgd dat deed. Binnen de Subafdeling Wiskunde verkoos men zowel in 1941 als in 1945 de gevoeligheid af te dekken met een verwijzing naar de in 1935 niet vervulde vacature Versluys. (Deze verwijzing, maar dat heeft kennelijk geen van de betrokkenen beseft, was pas echt pijnlijk, want die leerstoel was in 1935 vanwege bezuinigingen door het College van Curatoren opgeheven. Na langdurige onderhandelingen werd ter compensatie het lectoraat van Van Dantzig in 1938 omgezet in een buitengewoon hoogleraarsschap.) Notulen Verg. Afd. Algemene Wetenschappen: 270^c (9-5-1935), 273^c (21-11-1935), 276^c (29-6-1935), 301^c (26-11-1940), 303^c (31-3-1941), 325^c (14-9-1945); Verg. Hoogl. Wiskunde 31-3, 28-4 en 9-6-1941; 5-6, 30-7 en 29-8-1945. Archief Afd A doos 27.

52 Correspondentie in Archief Curatoren/College van Herstel TH, in: ARA 3.12.08 dossier 701. Minister OKW G. van der Leeuw aan College van Herstel der Technische Hoogeschool te Delft d.d. 7-8-1945 (V 3153^{II} Afd. H.O.); College van Herstel stuurt op 15-8 afschrift aan College van Rector Magnificus en Assessoren.

53 Notulen Verg. Hoogl. Wiskunde, dd. 20-8-1945: 'Het feit van instelling der commissie ontmoet ernstige tegenkanting, waaraan zich ernstige kritiek paart op de wijze waarop de commissie is samengesteld geworden.' En in Notulen 326^c Verg. Afd. Algemene Wetenschappen, d.d. 30-11-1945. (Archief Afd A doos 27).

Er is sprake van een andere Delftse hoogleraar dan Van Dantzig, die het lidmaatschap van de commissie niet geaccepteerd zou hebben. Brief Min. OKW G. van der Leeuw aan College van Herstel van de TH, d.d. 26-11-1945. ARA 3.12.08, dossier 701.

Jaren van berekening

heid van hooglerarskandidaten eigenlijk slechts Delftenaren konden oordelen⁵⁴; men wilde met andere woorden, verschoond blijven van hoogleraren van de vijfde keus – na Amsterdam, Leiden, Utrecht en Groningen. Het protest had geen effect. Om aan te geven hoe de verhoudingen lagen, wist zelfs de notulist van de vergadering van wiskunde-hoogleraren ijspegels in zijn verslag te vlechten.

‘Bij de rondvraag doet vDantzig mededeling over het Mathematisch Centrum in Amsterdam en over de opvatting van de Commissie vdCorput over de vervulling der wiskunde vacatures aan de T.H. Voor een en ander brengt de voorzitter hem Dank.’⁵⁵

Later kwam de afwerende houding de Delftse wiskundigen op het verwijt van Biezeno en Holst te staan dat het Mathematisch Centrum eigenlijk in Delft en niet in Amsterdam had moeten staan⁵⁶.

Groningen

Van der Corput, een groter diplomaat toch dan Van Dantzig, bracht het er aan de Rijksuniversiteit Groningen nauwelijks beter af. Er was daar een vacature door het overlijden van G. Schaake. De lessen van Schaake werden waargenomen door een leeropdracht aan diens leerling J.C.H. Gerretsen. Het was niet onbekend dat Van der Corput zelf wilde vertrekken, toch bemoeide hij zich actief met de voordracht. Om te beginnen stelde hij het zijn collega's in de Natuurwetenschappelijke Faculteit voor alsof de door de minister benoemde 'interfacultaire' commissie-Van der Corput de taak zou hebben de benoemingsvoordracht voor te bereiden⁵⁷. Het bleek dus niet zomaar een onhandigheid van Van Dantzig te zijn, maar de oprechte overtuiging van de commissie dat zij zich op deze wijze actief in benoemingszaken te mengen had.

Toen Van der Corput bovendien Gerretsen naar voren schoof als enige geschikte, en schijnbaar enige voor Groningen beschikbare kandidaat, barstte de bom⁵⁸. De Faculteit stelde alsnog een eigen commissie in, Zernike, Van der Corput, Coster en Van Rhijn, die met een meervoudige voordracht kwam.

54 Correspondentie in Archief Curatoren/College van Herstel TH, in: ARA 3.12.08 dossier 701.

Rector Magnificus en Assessoren aan College van Herstel de Technische Hoogeschool d.d. 28-8-1945; opgesteld op instigatie van de wiskundigen, door College van Herstel doorgezonden aan Minister op 6-9-1945.

55 Notulen Verg. Hoogl. Wiskunde, 31-1-1946. Archief Afd. A, doos 27.

56 Staatscommissie voor de Reorganisatie van het Hooger Onderwijs (Cie. Reinink II) Sectie N (Technische Wetenschappen, voorzitter C.B. Biezeno). Notulen 9^e vergadering, 12-11-1946, in aanwezigheid van de hoogleraren in de wiskunde. Archief Afd A Map 30. G. Holst (Philips Nat. Lab.) was invloedrijk curator van de TH en lid van drie secties van deze commissie-Reinink.

57 Brief D. van Os aan College van Herstel RUG, 17-12-1945. Archief RUG, dossier Gerretsen.



J.C.H. Gerretsen (foto uit 1959); problemen rond zijn benoeming waren het averechts effect van de dadendrang van Van der Corput en de commissie tot coördinatie.

Daarop week het College van Herstel van de RUG af van het advies van de faculteit en droeg nummer twee voor. Voor deze hoogst ongebruikelijke stap werd dit college vervolgens door de minister op de vingers getikt. Na een onverkwikkelijke correspondentie over de karaktereigenschappen van de verschillende kandidaten benoemde de kroon ten slotte alsnog Gerretsen⁵⁹. Zo was de inbreuk op de normale procedure door de voorzitter van de Commissie tot Coördinatie en Reorganisatie de opmaat tot een hele reeks ongebruikelijke of onzuivere stappen. Ook in Groningen deed de commissie haar naam geen eer aan.

- 58 Brief D. van Os aan College van Herstel RUG, 17-12-1945, met bijlagen. Archief RUG, dossier Gerretsen. Deze Van Os, hoogleraar scheikunde (farmacie), won bovendien in oktober 1945 langs de Cie. tot Coördinatie en langs de latere facultaire commissie heen, adviseerde in bij personen uit de zusterfaculteiten, juist bij de in de Commissie tot Coördinatie ontbrekende geledingen. Hij kreeg antwoord van W. van der Woude in Leiden, Chr. van Os (geen familie) in Delft en L.E.J. Brouwer in Amsterdam.
- 59 Archief RUG, dossier Gerretsen. Toen het College van Herstel, in navolging van D. van Os, over het vermeend onaangename karakter van Gerretsen was begonnen als argument om van de voordracht af te wijken, vroeg de minister verklaringen over het karakter van alle kandidaten.

Utrecht en Amsterdam

Waarom het Amsterdam moest worden? Van der Corput wilde weg uit Groningen, Van Dantzig uit Delft, en ze hadden zich in een zodanige adviespositie gemanoeuvreerd dat ze min of meer voor het uitkiezen hadden waarheen. En dat deden ze. Beiden leken even een benoeming in Utrecht te ambiëren, vervolgens kozen ze toch voor Gemeentelijke Universiteit in Amsterdam. Van Dantzig liet zich zelfs in Utrecht benoemen⁶⁰; Van der Corput gaf de stellige indruk naar Utrecht te willen komen. Het is aannemelijk dat dit gedrag de werkelijke reden was van het terugtreden van de Utrechtse hoogleraar Minnaert uit de commissie-Van der Corput. In Utrecht werd vervolgens H. Freudenthal benoemd⁶¹.

Het was dit gebrek aan bestuurlijke smaak, aangereikt door de dubbele opdracht van de commissie en ingevuld door haar opereren vanuit overmacht, dat voor de nodige scepsis onder de Nederlandse wiskundigen zorgde. Zo werd al vóór de oprichting van het MC de voedingsbodem voor het herhaaldelijk opkomende verwijf van centralisme gelegd. In Delft zouden de wiskundigen, net als elders, een vrijblijvend positieve houding ontwikkelen ten opzichte van het Mathematisch Centrum; wanneer echter in later jaren een zweem van bedreiging van de autonomie van de subafdeling verscheen, riep men de commissie-Van der Corput in herinnering als stond Hannibal voor de poort. Het lijkt erop dat Van der Corput zijn eigen positie onderschatte en zo een deel van het krediet voor de zozeer verlangde krachtenbundeling verspeelde.

Amsterdam: het ontbreken van motivatie voor deze vestigingsplaats doet vermoeden dat de keuze vanzelf sprak, dat de stad gezien werd als de hoofdstad van wiskundig Nederland. Daar was de internationale faam van L.E.J. Brouwer; daar was een gemeentebestuur dat geld in de zaak wilde steken. De sociaal-democratische wethouder van onderwijs, Mr. A. de Roos, was een van de pleitbezorgers van Van der Leeuws 'actieve cultuurpolitiek'⁶². Op diens instiga-

60 De data van benoeming zeggen genoeg. Benoeming tot gewoon hoogleraar aan de RUU in de Zuivere en toegepaste wiskunde en de grondslagen van de wiskunde, KB 13-3-1946. Benoeming tot gewoon hoogleraar aan de GU in de 'Leer der collectieve verschijnselen', door de Amsterdamse gemeenteraad 22-5-1946. (Archief Van Dantzig)

61 H. Freudenthals carrière was door de oorlog geblokkeerd en Brouwer verzette zich ertegen hem alsnog te benoemen in Amsterdam. Freudenthal werd voor de keus gesteld een lectoraat aan de UvA te aanvaarden of een hoogleraarschap in Utrecht. Hij had van Van der Corput en Van Dantzig meer steun verwacht. Het idee om het Centrum in Utrecht te vestigen was volgens hem niet meer dan een dreigement aan de Gemeente Amsterdam. [Freudenthal 1987b] 'Tegen de gerontocratie' /H. Freudenthal (interview door H.M. Nieland en P.C. Baayen) In: [Zij mogen 1987 pp.115-120]. [Freudenthal 1987a] *Schrijf dat op, Hans. Knipsels uit een leven* /Hans Freudenthal. Amsterdam: Meulenhoff Informatief, 1987.

62 Van der Leeuw, De Roos en Ph. Idenburg waren de sprekers op het PvdA-symposium over actieve cultuurpolitiek in december 1946.



Freudenthal, staand met vlinderstrik, en L.E.J. Brouwer, zittend met jas op schoot, in tijden van betere verstandhouding (vgl. noot 61): samen op congres in Moskou, 1935.

tie was de gemeente niet alleen bereid om het Centrum mede te financieren en te zoeken naar een onderkomen, maar ook om een nieuwe leerstoel in de mathematische statistiek aan de Gemeentelijke Universiteit te creëren⁶³.

Brouwer werd omzichtig behandeld. Immers, Van der Corput trad wel op als de leidende figuur in wiskundig Nederland, Brouwer was met afstand de meest vooraanstaande en invloedrijke wiskundige. Met deze man, die zo notoir grillig was in het bestuurlijke en persoonlijke vlak, had de commissie dan ook terdege rekening te houden. Bovendien, zo iemand zou geweldig veel betekenen voor het aanzien van het instituut. Hij was aanvankelijk bereidwillig in de veronderstelling dat hij, als vanzelfsprekend, de leiding over het instituut zou krijgen. Nadat echter duidelijk was geworden dat men hem wilde omzeilen – het ere-

63 Al in november 1945 was, getuige de brief aan Vening Meinesz, gekozen voor Amsterdam. De nieuwe leerstoel was toegedacht aan B.L. van der Waerden (Van Dantzig zou dan naar Utrecht gaan), maar diens verleden, tot 1945 hoogleraar in Leipzig, stuitte op bezwaren in de gemeenteraad, december 1945. Bij hernieuwde aanvraag, ten behoeve van Van Dantzig, heette de stoel de 'Leer der collectieve verschijnselen'.

voorzitterschap van het Curatorium werd hem aangeboden – kwam het nooit meer helemaal goed. Brouwer probeerde nog de gemeentelijke steun aan het MC te voorkomen⁶⁴, maar op dit punt was de machtsgreep van de Commissie tot Coördinatie compleet. Op de verdere ontwikkelingsgang van het Centrum had Brouwer geen invloed. In benoemingskwesities aan de Universiteit van Amsterdam wist hij herhaaldelijk strijd te ontketenen, zonder succes. Overigens werd de correspondentie tussen Brouwer en Van der Corput gekenmerkt door een blijvend collegiaal respect⁶⁵. Naast de selectieve vertegenwoordiging van de universiteiten en de hogeschool in de commissie ontbrak de inbreng van de aankomende groep, die in de positie van leraar, assistent of lector verkeerde. Opvallend was dat deze mensen, die in verschillende besprekingen als pionnen over het bord geschoven werden, ook informeel niet bij de plannen betrokken werden. Er is van Van Dantzig een klasje bewaard gebleven met een schets van het Centrum⁶⁶. Het verlanglijstje van bij het Mathematisch Centrum te betrekken personen bevatte, naast Brouwer, Van der Waerden en de wiskundige commissieleden, de initialen van A. Heyting, H.D. Kloosterman, S.C. van Veen, H. Freudenthal en J. Haantjes. Deze vijf behoorden in alles, behalve in academische carrière, tot de generatie van Van Dantzig en Koksma⁶⁷. De bemoeienis van de commissie met hun respectieve hoogleraarsbenoemingen was hooguit tegendraads. Later zouden al deze mensen meermalen optreden voor het MC, doch slechts als nevenactiviteit. Juist de krachten van deze groep wist de commissie niet te bundelen. De eerste echte medewerkers van het centrum zouden uit een volgende generatie gerekruteerd worden.

De Commissie tot Coördinatie bracht van het coördineren in hoogleraarsbenoemingen niet veel terecht en was daarin ook niet wezenlijk geïnteresseerd. Waarmee gezegd wil zijn dat de reden van bestaan en van opereren van de commissie geheel gezocht moet worden in de vernieuwingsplannen. Het waren de plannen tot kadervorming en concentratie van Van der Corput, die tussen juli

- 64 De gemeente was Brouwer herhaaldelijk tegemoetgekomen, met salaris, boekenkrediet, extra leerstoel en de instelling van een Mathematisch Instituut, om hem in Amsterdam te houden. Geld voor een instituut van enige omvang was er echter niet gekomen. Nu er wel geld was, vond Brouwer dat dit aan 'zijn' Mathematisch Instituut toekwam. Brief L.E.J. Brouwer aan B. en W. Amsterdam d.d. 8-10-1946, afschrift in Archief CWI, Corresp. Van der Corput. Voorgeschiedenis in: Archief Coll. v. Cur. UvA, en Notulen Fac. Wis- en Natuurkunde 1920 e.v. (Gemeente-archief Amsterdam PA 279).
- 65 Archief CWI, corr. Van der Corput. Strijd, die als machtsstrijd geïnterpreteerd kan worden, wordt gevoerd met Brouwer door Van der Corput c.s. over het tijdschrift *Compositio Mathematica*, over hoogleraarsbenoemingen en over hun beider opvolging.
- 66 Aantekeningen van Van Dantzig, ongedateerd maar overeenstemmend met de punten in de brief aan Vening Meinesz, derhalve oktober-november 1945. Archief Van Dantzig.
- 67 Freudenthal had zelfs in 1940 gelijk met Van Dantzig kandidaatlid van de Koninklijke Akademie gestaan. Lid zouden beiden pas later worden (Notulen Natuurwet. Afd. KNAW).

en oktober 1945 meer inhoud en richting zouden krijgen dankzij de inbreng van Van Dantzig en vervolgens in hoog tempo zouden uitmonden in de oprichting van het Mathematisch Centrum. Dat de bemoeienis met de vervulling van vacatures de verhoudingen niet echt ten goede kwam, verscheen niet binnen het door de preoccupatie met de eigen initiatieven beperkte blikveld. Men was gedreven; ten opzichte van de minder gehaasten ontleende men zonder omzien een moreel gelijk aan het vernieuwingsstreven.

3.2 Wiskunde gezien als cultuurfactor en als productiefactor

De vernieuwingsplannen van Van der Leeuw richtten zich op de hele wetenschap, dus ook de wiskunde. Het Mathematisch Centrum was evenwel niet zomaar het resultaat van een aardig plan van een minister; daarvoor kwam het ook te snel en te doelbewust tot stand. De ideeën en de inzet kwamen primair vanuit de kring der wiskundigen zelf. Het belang van steun van bovenaf werd hierbij wel onderkend, getuige een uitnodiging van Van der Corput aan Van der Leeuw om het Mathematisch Centrum te komen bezichtigen, 'dat mede zijn bestaan aan jou te danken heeft'⁶⁸. Conceptueel vulden de initiatieven van beide kanten elkaar treffend aan; praktisch kreeg Van der Corput de vereiste ruimte van de minister, omdat het in diens beleid paste.

Dit betekent dan wel dat de wiskundigen, althans een voldoende groot deel van hen, een behoorlijke ommezwaai hadden gemaakt sinds de jaren dertig. Men kan niet eens stellen dat toen een gerichtheid op toepassingen afkeurenswaardig werd bevonden. Het kwam eenvoudigweg in het bewustzijn van de wiskundigen nauwelijks voor⁶⁹. Schouten in Delft en meer nog Van Uven in Wageningen waren uitzonderingen⁷⁰. De periode 1900-1940 in de wiskunde werd internationaal gekarakteriseerd door de grondslagenstrijd en door het streven naar rigoureuze abstractie in de wiskunde en in de weergave ervan. Nederlandse bijdragen die geschiedenis maakten, waren op het eerste terrein Brouwers intuitionisme en Heytings formalisering hiervan, op het tweede terrein Van der Waerdens baanbrekende *Moderne Algebra*⁷¹. Daarnaast was Brouwers bijdrage aan de topologie van uitzonderlijk belang. Ook op dit gebied had hij internationale contacten en trok hij leerlingen aan, onder wie H. Freudenthal en W. Hurewicz. In de omgeving van Van der Waerden en van Brouwer werd, in onderling verschillende stijl, topologie bedreven. Van meer dan natio-

68 Brief van Van der Corput aan Van der Leeuw 1949, afschrift in Archief CWI, corr. Van der Corput.

69 Niet de praktijk, maar wel het bewustzijn van de toepasbaarheid van wiskunde komt voor in het denken van Brouwer [Brouwer 1907] *Over de grondslagen der wiskunde* /L.E.J. Brouwer (diss. UvA). Amsterdam/Leipzig: Maas en Van Suchtelen, 1907. (Heruitgave: D. van Dalen (red). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1981.)
[Brouwer 1933] 'Willen, weten, spreken' /L.E.J. Brouwer. In: *Euclides* 9 (1932/33), pp. 177-193.

Ook in het denken van Mannoury [Mannoury 1917] *De sociale beteekenis van de wiskundige denkvorm* /G. Mannoury (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1917.

70 [Uven 1935] *Mathematical Treatment of the Results of Agricultural and other Experiments* /M.J. van Uven. Groningen: Noordhoff, 1935.
[Schouten 1949] *Over de wisselwerking tussen wiskunde en physica in de laatste 40 jaren I* /J.A. Schouten (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949. Herdruk in [Dijkhuis/Lauwerier 1994 pp.171-191].

71 [Waerden 1930] *Moderne Algebra* /B.L. van der Waerden. 2 dln. Berlin: Springer, 1930, 1931.

nale betekenis waren verder de scholen van Van der Corput in Groningen, getaltheorie, en van Schouten in Delft, differentiaalmeetkunde.

Nog in 1948 behandelde Van der Corput, in zijn overzicht van wiskundig Nederland 1920-1940, de mathematische statistiek en de toegepaste wiskunde in twee korte paragraafjes tot slot. Kloosterman was in 1942 uitvoeriger over statistiek geweest, omdat hij daar, terecht, een nieuwe ontwikkeling signaleerde⁷². Van der Corput overdreef dan ook, toen hij schreef:

‘Voor de laatste oorlog werden de enkelen, die de noodzakelijkheid een andere richting in te slaan, opperden, vaak scherp becristiseerd door hun collega’s, die het kristalzuivere in hun onderwijs en onderzoek predikten en nastreefden.’⁷³

Hij overdreef, omdat een dergelijk debat in het geheel niet aan de oppervlakte trad; als het al gevoerd werd, dan als afgeleide van andere thema’s⁷⁴. Dat deed natuurlijk niets af aan de correctheid van het sfeerbeeld dat hij schetste. Ten opzichte van die mentaliteit was er in 1945 veel veranderd. Streven naar contact met toepassingsgebieden, bijdragen aan cultuur en welvaart: het was kennelijk relevant geworden om *als wiskundige* maatschappelijk bewogen te zijn.

De betrokkenheid van de wiskunde-beoefening op de samenleving en op de werkelijkheid werd anders gezien dan voorheen, werd überhaupt gezien. Dit veronderstelde een nieuwe opvatting van de eigen wetenschap, van haar aard en

72 [Corput 1948a], [Kloosterman 1942]; het moet gezegd dat Kloosterman een evenwichtiger weergave biedt dan Van der Corput. Bovendien rekent Van der Corput Van Veen en Kloosterman in een korte vermelding onder de ‘Groningse kring’ van getaltheoretici; dat zal hem niet in dank afgenomen zijn [Corput 1948a p.271]. [Corput 1930] behandelt de wiskunde die in verband zou kunnen worden gebracht met toepassen niet eens als zodanig. Al deze overzichten zijn erg vlak. Een beeld met meer diepte beidt [Two decades 1978] *Two Decades of Mathematics in the Netherlands. 1920-1940 (A Retrospection on the Occasion of the Bicentennial of the Wiskundig Genootschap)* (2 dln) /E.M.J. Bertin, H.J.M. Bos, A.W. Grootendorst (eds). Amsterdam: Mathematical Centre, 1978.

73 [Corput 1948b] ‘Betekenis der wiskunde heden ten dage voor andere wetenschappen’ /J.G. van der Corput. In: *Natuurkundige voordrachten Nieuwe Reeks* no. 25 (voordrachten gehouden in de maatschappij Diligentia te ’s-Gravenhage). ’s-Gravenhage: Van Stockum, 1948.

74 De kwestie van toepassingsgerichtheid speelde wel impliciet mee op de achtergrond van de felle debatten in *Euclides* over wiskunde-onderwijs op de middelbare school. Aan de discussie over het ‘leerplan voor het onderwijs in de wiskunde, mechanica en kosmografie op de 5 jarige HBS’ (Commissie H.J.E. Beth), eind jaren twintig, dankte *Euclides* mede zijn ontstaan. Discussiepunt was: hoeveel wiskunde, en vooral: hoe abstract mag je het presenteren. Freudenthal heeft gewezen op Van Dantzig’s bijdrage aan het debat als vroege introductie van het argument van de sociale betekenis van de wiskunde [Dantzig 1927] ‘Over de maatschappelijke waarde van onderwijs in wiskunde’ /D. van Dantzig. In: *Bijvoegsel van het Nieuw Tijdschrift voor Wiskunde, gewijd aan onderwijs belangen* [later: *Euclides*] 3 (1926/27) pp.186-196. Zie [Freudenthal 1987a p.335 ff]. Zie [Berkel 1996] *Dijksterhuis. Een biografie* /Klaas van Berkel. Amsterdam: Bert Bakker, 1996.

functie. Althans, de heersende opvatting was veranderd. Enerzijds hield dit in dat sommige mensen hun opvatting gewijzigd hadden, zoals Van der Corput, anderzijds dat andere mensen de heersende opvatting mee gingen bepalen. Tot die laatsten behoorden zeker ook Van Dantzig en Schouten.

3.2.a Van der Corput en Assepoester

Het vooroorlogse Göttingen was het centrum van wiskundig Europa, de 'Hochburg der reinen Mathematik'. Die functie over te nemen was Van der Corputs ambitie. In het concept van de brief aan Vening Meinesz kwam deze ambitie letterlijk voor. Daarna niet meer; toen heette het: 'de bijdrage van Nederland aan de internationale cultuur te vergroten'. In de jaren 1948-1949 werd deze ambitie opnieuw zichtbaar in pogingen om in het kader van UNESCO aanvankelijk 'de Europese computer' en vervolgens 'het Europese rekencentrum' in Amsterdam gevestigd te krijgen. Van der Corput was bijzonder actief in deze pogingen⁷⁵, zoals het ook in 1950 zijn lobby was die ICM'54, het Internationaal Congres van Wiskundigen in 1954, naar Amsterdam wist te halen.

Voor wie de wiskunde als cultuurgoed zonder meer beschouwde, kon de bijdrage aan de cultuur bestaan uit het koesteren van dit goed: wiskunde op hoog peil beoefenen. Dit was zeker een aspect van wat Van der Corput wilde, maar zijn ideeën gingen verder. Anderen zouden in contact gebracht moeten worden met dit cultuurgoed en leren er hun voordeel mee te doen. Wiskundigen hadden in zijn ogen de plicht aan de gemeenschap hun kennis uit te dragen. Reeds in 1940 en 1941 had Van der Corput in Groningen vakantiecursussen in de wiskunde gegeven voor leraren en andere belangstellenden. Vakantiecursussen zouden de oudste traditie aan het Mathematisch Centrum worden, van 1946 tot heden. Vanuit het Centrum werden in de beginjaren door het hele land kadervormende cursussen georganiseerd. Van der Corput stimuleerde deze activiteiten met een ware missiegeest⁷⁶, het was hem een plicht.

'De enige verklaring, waarom iemand de wiskundestudie kiest is deze, dat hij door die wetenschap gegrepen wordt. Iemand moet geen wiskundige worden om voor zich zelf persoonlijke succesjes te willen behalen, maar om bij te dragen tot de uitbreiding van een wetenschap, die voor de mensheid van zeer veel belang is. Doet hij dat, dan is hij een gelukkig mens, want wat hij doet, doet hij met plezier. Doch niet alleen uit plezier, ook uit plichtsbesef, want de gemeenschap, die hem onderhoudt, heeft het recht van hem te eisen, dat hij zijn gaven besteedt in haar belang. Hardy zegt wel, dat het nog zo heel erg niet is, als een professor zijn hele leven verprutst aan onbelangrijke dingen, maar ik vind het voor de gemeenschap wel erg.'⁷⁷

75 Koksma schreef in 1949 een verslag van deze pogingen, Archief CWI, K1a.

76 Uitdrukking van J. Korevaar, interview 7 oktober 1983.

77 [Corput 1946b p.24] Van der Corput refereerde aan de Engelse getaltheoreticus Hardy die trots had uitgeroepen nog nooit iets nuttigs te hebben verricht en badinerend opmerkte dat



J.G. van der Corput, de man die het zo graag over assepoester had.

Van der Corput zou overigens zelf in zijn Mathematisch-Centrum-tijd nog maar een enkele keer optreden in dergelijke cursussen buiten de universiteit. Hij bedreef voor en te na zuivere wiskunde. Hij constateerde tot zijn genoegen dat hetzelfde werk dat hij al deed, belangrijke toepassingen vond buiten de wiskunde⁷⁸. Het denkbeeld dat het verschil tussen zuivere en toegepaste wiskunde niet in het werk zelf zou liggen, doch uitsluitend in de motivatie, buitte hij ten volle uit. Sprekend over de wiskunde in relatie tot zijn toepassingsgebieden gebruikte Van der Corput telkens het beeld van Assepoester.

'Assepoester had twee booze zusters, die, toen zij door den Prins tot aanzien en macht gebracht was, met blindheid gestraft werden. Met vrouwe Mathesis is het anders gesteld. Haar beide zusters, Physica en Astronomie, meenen het goed met haar en prijzen haar zeer. Dat mag ook wel, want, entre nous gezegd, ze zouden er allebei maar heel ongelukkig aan toe zijn, als Assepoester niet voortdurend bijsprong. Ook nu nog is Cinderella bereid af te dalen in de keuken van haar twee gezusters, maar ze

het toch niet zo erg was dat een paar 'university dons' hun leven verbeuzelden met onnutte zaken. [Hardy 1940] *A Mathematician's Apology* /G.H. Hardy. (Reprinted with a foreword by C.P. Snow). Cambridge: University Press, 1967 (1st edition 1940).

78 [Colloquium 1947] 'Colloquium asymptotische ontwikkelingen' /S.C. van Veen, J.G. van der Corput (eds). Rapport MC AM 47 TC-4, MC AM 48 TC-8, MC AM 50 TC-13. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1947-1950.

weet ook, dat zij daar niet steeds vertoeven mag, omdat zij, als soevereine, ook nog andere verplichtingen heeft, die ze niet mag verwaarlozen.⁷⁹

Wiskunde was hier in de eerste plaats een cultuurgoed, dat niet verwaarloosd mocht worden. Bovendien bracht dit goed elders verheffing, bijvoorbeeld door de toepassingsgebieden in het duister te leiden. Daarom was het een cultuurfactor. In een dergelijke visie op de wiskunde was het vak soeverein: autonoom. Vanaf het einde van de jaren dertig liet Van der Corput zich leiden door de opvatting van *wiskunde als cultuurfactor*⁸⁰.

Van der Corputs denken maakte binnen dat kader bovendien een duidelijke ontwikkeling door. In 1948, acht jaar later, was het assepoestercomplex geradicaliseerd:

‘Als de tekenen niet bedriegen, zal Cinderella in de komende tientallen jaren weer afdalen in de keuken, waar haar grootheid begonnen is, en zal ze opnieuw bereid zijn de nederige diensten te verrichten, die van haar gevraagd zullen worden, overtuigd, dat ze daardoor niet haar koninklijke waardigheid zal verliezen, maar dat ze op die manier de gemeenschap het beste zal dienen.’⁸¹

Hij sprak herhaaldelijk met liefde over numerieke wiskunde en moderne rekenmachines⁸² en vond daar de zin van zijn eigen werk bevestigd. ‘Asymptotische ontwikkelingen’ heetten aanvankelijk ‘vaak onontbeerlijk bij de beschrijving van een natuurverschijnsel’⁸³; gaandeweg zag hij in dit gebied een totaalconcept van toegepaste wiskunde, waarvoor hij eind jaren vijftig de term ‘neutrix-rekening’ introduceerde. Uiteindelijk vatte Van der Corput het ideaal op om aan de hand van het begrip van neutrices de gehele analyse te herformuleren en zo de vorm van uiterste algemeenheid te geven, wat tevens de vorm van de algemene toepasbaarheid zou zijn.⁸⁴

79 [Corput 1940 p.43] ‘De wiskunde’ /J.G. van der Corput. In: [Wegen 1940].

80 ‘Cultuurfactor’ was in die tijd een gangbaar begrip. ‘Wiskunde is een cultuurfactor’, kwam in correspondentie voor. Zie ook [Beth 1948] ‘De wetenschap als cultuurfactor’ /E.W. Beth. In: [Functie 1948 pp.7-19] *De functie der wetenschap. Tweede symposium der sociëteit voor culturele samenwerking te 's-Gravenhage* /E.W. Beth, D. van Dantzig, C.F.P. Stutterheim. 's-Gravenhage: H.P. Leopolds Uitg., 1948.

81 [Corput 1948b p.28]

82 [Corput 1948b]; [Corput 1953] ‘Moderne rekenmachines’ /J.G. van der Corput. In: *Simon Stevin* 29 (1953) pp.203-228.

83 [Corput 1948b p.22]

84 Van der Corput dacht nog volkomen in de stijl van de klassieke toegepaste wiskunde, meer in het bijzonder volgens het al door Felix Klein in dit opzicht verouderd verklaarde concept van ‘Approximationsmathematik’, de ‘Theorie der Ungleichungen’. Vgl. hoofdstuk 2. Van der Corputs publicaties handelden in de jaren vijftig over ‘Asymptotics’ en ‘Asymptotic Expansions’ en ten slotte over [Corput 1959] ‘Neutrices’ /J.G. van der Corput. In: *Journal SIAM* 7-3 (1959) pp. 253-279. Het programma liep dood; de neutrices werden ten grave gedragen in ‘Omhullende reeksen’, een van zijn laatste publicaties: [Corput 1968]

Veel wezenlijker was evenwel het eenvoudige gegeven dat Van der Corput zich uitsprak. Karakteristiek voor hem en voor de periode waarin zich dit afspeelde, was de retoriek van de stellingname. In 1939 begon een reeks voordrachten over wiskunde en over haar maatschappelijke functie⁸⁵. Daarmee verscheen ook de toepasbaarheid binnen het blikveld. Van der Corput had echter school gemaakt in de getaltheorie, onversneden wiskunde. Zijn inaugurale rede uit 1923, *Grepen uit de getallenleer*⁸⁶, verhaalde nog *van* en niet *over* wiskunde. De reflectie en de omslag in zijn denken, eind jaren dertig, beschreef hij kort daarop.

‘In mijn gymnasiumtijd, was ik overtuigd van het bovenmenselijke, onvermijdelijke, van eeuwigheid zo-bepaalde en zo-zullende-zijn der wiskunde, die onafhankelijk van de mens was, is en zal zijn en alleen door de mens “ontdekt” kan worden. Voor bewondering was plaats, niet voor verwondering en zo is het heel lang gebleven.’
‘Dat komt als volgt: B.v. van de stelling van Taylor wordt een bewijs in een half uur afgedraaid. Nou en dan is het zo: praktisch iedere functie is in een reeks te ontwikkelen. Als iemand twijfelt, dan draai je even het bewijsje af. Het bewijsje, waaraan de knapste koppen generaties lang gewerkt hebben. Van de opgetogenheid, waarmee die stelling in de dageraad van de analyse begroet is, is geen spoor overgebleven. Het is te eenvoudig geworden dan dat men er zich nog over verwondert. Maar nu verbaas ik me er wel over, dat iedere fatsoenlijke functie zich zo gemakkelijk laat vangen, nu zet ik wel grote ogen op, als ik constateer, dat het allemaal zo mooi uitkomt en dat we telkens weer nieuwe, nooit vermoede regelmaat en harmonie ontdekken en nu vind ik het wel onbegrijpelijk, dat de natuur zo braaf gehoorzaamt aan onze krabbeltjes en dat de mathesis, stokoud als geen andere, zich al maar door verjeugdigt en zich verjeugdigen zal met het gevolg, dat we de wiskunde, die onze kindskinderen over 3 generaties zullen leren, niet meer zullen herkennen.’⁸⁷

Van der Corput was van zijn naïef platonisme afgefallen, om ditmaal echt platonist te worden. Weliswaar was wiskunde, in zijn opvatting van 1946, mensenwerk geworden, maar de knappe koppen zouden het *bewijs* leveren. Hij zei niet dat ze de stelling leverden, die begroetten ze. Hij kwam dus niet tot bijvoorbeeld een constructivistische opvatting van de wiskunde. Bij alles bleef de toepasbaarheid een wonder. Van der Corput was bovenal een echt platonist, waar hij wiskunde opvatte als cultuurfactor. Immers, waarom moesten de toekomstige beheerders van de staat bij Plato kennismaken van de wiskunde, niet met het oog op praktisch nut, maar om wijze mannen te worden. ‘Geestelijke leiding’ schreef Van der Corput. Net als Plato – maar met veel hogere waardering – ruimde hij daarnaast plaats in voor de “schmutzige” wiskunde’.

‘Omhullende reeksen I’ J.G. van der Corput. Mathematisch Centrum, Rapport MCAM 68 TN-51.

85 [Corput 1940, 1946a, 1948a, 1949, 1953] en [Vernieuwing 1945].

86 [Corput 1923] *Grepen uit de getallenleer* J.G. van der Corput (inaug. rede RUG). Groningen: Noordhoff, 1923.

87 [Corput 1946b p.24]; soortelijke passages in [Corput 1940].

Van der Corput kwam met dit uiterlijk vertoon in feite op voor de stille ideologie van de Verlichting. De propaedeutische functie van de wiskunde behoeft geen betoog, al vond Van der Corput van wel. Hij wilde binnen de wiskundige gemeenschap de collega's, leraren en hoogleraren, herinneren aan deze functie en naar buiten toe deze functie te gelde maken.

De wijziging van de heersende opvatting binnen de wiskundige gemeenschap weerspiegelde zich bij Van der Corput in een omslag in zijn denken. De culturele crisis van de jaren dertig was zichtbaar mede aanleiding geweest voor de omslag. Inhoudelijk was de invloed aanwijsbaar van Van der Leeuw⁸⁸, co-auteur van het manifest *De Vernieuwing der Universiteit*. Verwant met Van der Leeuws denken en een directe reactie op het cultuurpessimisme van auteurs als Huizinga en Fred. Polak⁸⁹ waren zijn speculaties over een toekomst met automatische rekenmachines.

'Die alarmkretten zijn gerechtvaardigd. Niemand twijfelt aan de onschuld van de elektronische rekenmachine. Algemeen worden zelfs haar verdiensten geprezen. Maar ieder werktuig wordt gemaakt voor een bepaald doel en bezit in verband daarmee een capaciteit tot constructie of destructie.'⁹⁰

3.2.b Schoutens teamwork

Anders was de opvatting van wiskunde van J.A. Schouten, een tweede belangrijke inspirator achter het Mathematisch Centrum. Voor Van der Corput was de wiskunde als cultuurfactor autonoom, leiding biedend temidden van de wetenschappen en van de samenleving als geheel. Het was een plicht dit cultuurgoed uit te dragen. In Schoutens visie zouden wiskunde en toepassingsgebied, in dit geval de theoretische fysica, elkaar telkens een stapje verder helpen⁹¹. Contact met de buitenwereld was dan wisselwerking. Deze wisselwerking zou niet zozeer afhangen van plichtsbesef, zoals in het eenrichtingsverkeer van het uitdragen, het was eenvoudigweg een levensnoodzaak voor de wiskunde. Wiskunde was in deze visie niet puur autonoom.

De differentiaalmeetkunde, waarmee Schouten in Delft school had gemaakt, was primair zuivere wiskunde. Toch was zijn werk erop gericht een adequaat wiskundig formalisme aan te reiken voor de natuurkunde van na de algemene relativiteitstheorie. Hij onderhield hierover ook contact met Lorentz en

88 Direct op Van der Leeuw terug te voeren is een uitspraak over de christelijk-humanistische grondslag van de universiteit. Dit is '[...] Een grondige kwestie, waartegenover ik oorspronkelijk vrij afwijzend stond [...]. Overtuigd, dat ook de openbare universiteit naast alle verscheidenheid een geestelijke eenheid moet vormen, heb ik mij intussen vertrouwd gemaakt met die idee'. [Corput 1949 p.25].

89 [Polak 1949] *De Wentelgang der Wetenschap en de Maatschappij van morgen* /Fred. Polak (inaug. rede R'dam). Leiden: Stenfert-Kroese, 1949.

90 [Corput 1953 p.227], zie ook hoofdstuk 9.

91 Zie [Schouten 1949]



J.A. Schoutens teamwork uitte zich dikwijls in gemeenschappelijke publicaties. Voor het Mathematisch Centrum was hij ook teamleider. Hier sprak hij slotwoorden tot het International Congress of Mathematicians in 1954.

Ehrenfest in Leiden, waar hij zelf naast zijn Delftse professoraat privaatdocent was. Weliswaar onderging hij in 1918 met een van zijn grootste vondsten, het parallellisme in de Riemannvariëteit, het lot dat het resultaat even eerder door een ander, T. Levi-Civita, was gepubliceerd; toch vestigde dit drama voorgoed zijn naam als vooraanstaand wiskundige. In een terugblik gaf Schouten aan hoe

de ontwikkelingen in de theoretische fysica niet alleen telkens nieuwe problemen stelden, maar ook nieuwe wegen wezen. Hij liet zijn vak dus verschijnen als toepassingsgerichte zuivere wiskunde.

Het betreffende gebied, dat Schouten zelf ‘moderne differentiaalmeetkunde’ noemde, tensorrekening in 4, 5, 6 dimensies, had tussen 1910 en 1940 een grote opbloei beleefd. Nadien besteedden de wiskundigen er weer minder aandacht aan.

Dit patroon was geheel overeenkomstig de wisselwerking zoals Schouten die zag. Hij bedoelde met wisselwerking afwisselend werken: het ene moment zorgden nieuwe ontwikkelingen in de fysica voor een ‘inslag’ in de wiskunde, het volgende moment zouden de resultaten van de hierdoor geïnspireerde *zuiver* – hij legde hier de nadruk op – wiskundige activiteit inslaan in de natuurkunde.

Binnen genoemd gebied verwierf Schouten met zijn groep een internationaal vooraanstaande positie. Hij publiceerde niet alleen zelf, maar ook vele malen samen met bovengenoemde Levi-Civita, met Cartan en vooral ook met zijn medewerkers, Struik, Haantjes, Van Dantzig en anderen⁹². Dit laatste was een bijzonder verschijnsel in een tijd waarover Duparc en Grootendorst opmerken dat het wiskundig onderzoek nog een sterk individuele, soms geïsoleerde aangelegenheid was⁹³. Schouten bouwde een onderzoeksgroep op en daarin gaf hij een blijvend voorbeeld. Er was verkeer met buitenlandse collega’s. Het stelselmatig uitwerken van onderzoeksthema’s leidde tot reeksen publicaties. Hij had als een van de weinigen in Nederland twee assistentplaatsen naast zich – Brouwer had in Amsterdam ook assistenten. Elders waren lector en hoogleraar de enige betaalde universitaire posities. Niet ongevoelbaar daarentegen was de onbetaalde verbintenis met een universiteit, het privatdocentschap.

Schouten had niet alleen medewerkers, deze mensen werkten ook mee. De assistenten waren, getuige de publicaties, actief betrokken in het onderzoek. Het was een onderzoeksteam. Het verschijnsel ‘organisatie van onderzoek’ zou een element van groeiend belang worden in de naoorlogse wiskunde-beoefening, in de gehele wetenschapsbeoefening trouwens. Dit Delftse voorbeeld was een precedent op het organisatorische microniveau⁹⁴.

92 Vgl. literatuurlijst in [Dijkhuis/Lauwerier 1994] en de hierin herdrukte biografieën [Nijenhuis 1972] ‘J.A. Schouten. A Master at Tensors (28 August 1883 - 20 January 1971)’ /A. Nijenhuis. In: *Nieuw Archief voor Wiskunde. Derde Serie XX-1* (1972) pp.1-19. [Struik 1971] ‘Levensbericht van Jan Arnoldus Schouten (28 augustus 1883 - 20 januari 1971)’ /D.J. Struik. In: *Jaarboek Ned. Akad. Wetenschappen* 1971 pp.94-100.

93 [Duparc/Grootendorst 1978 p.vi] ‘Historical Survey’ /H.J.A. Duparc en A.W. Grootendorst. In: [Two Decades 1978 pp.v-xxiv].

94 Over verandering in de wiskunde-beoefening in het algemeen, zie hoofdstuk 8.

Vergeleken met Van der Corput was Schouten geen platonist. Weliswaar legde hij de nadruk op autonome ontplooiing van de wiskunde binnen de wisselwerking, de wederzijdse 'inslagen' waren ook niet te voorspellen of af te dwingen, maar

'de voortdurende dagelijkse wisselwerking, 'de kleinhandel', bestaat even goed en er zijn tal van tusschenvormen.'⁹⁵

Het inzicht dat wiskunde mensenwerk is, had, anders dan bij Van der Corput, al vanaf Schoutens aantreden in 1914 gestalte gekregen in een concrete organisatievorm. Aan het MC volgde Van der Corput hem ten slotte na met de colloquia en werkbesprekingen over asymptotische ontwikkelingen. Dit element, samen met het open oog voor het toepassingsgebied, was Schoutens herkenbare inbreng in het Mathematisch Centrum.

3.2.c Het productiefactormotief bij Van Dantzig

Van de assistenten van Schouten was D. van Dantzig degen die het langst aan de TH was gebleven. Hij werd in 1932 lector, in 1938 buitengewoon hoogleraar en in 1940 gewoon hoogleraar naast Schouten. Van Dantzig werd ongetwijfeld mede gevormd door deze langdurige samenwerking, van 1927 tot 1940, met een korte onderbreking van 1929-1931. Zijn opvattingen waren echter veel radicaler, zowel wat betreft de toepassingen, als in de consequenties voor de wiskunde-beoefening. Van Dantzig onderkende een grote behoefte aan wiskundigen op allerlei terreinen, zoals overheid, industrie en verzekeringswezen, en wel wiskundigen met een op de praktijk toegespitste opleiding. Al voor de oorlog pleitte hij in Delft voor zo'n opleiding. Ook voor een wiskundige service-afdeling had hij plannen.

'Geef een stel mensen rekenmachines en laat ze rekenen, opdrachten uitvoeren', moet hij in 1940 geroepen hebben⁹⁶. Hij vond geen gehoor. Pas in 1956 zou de opleiding tot wiskundig ingenieur van start gaan op initiatief van Timman. Universitaire rekencentra zijn van nog later datum.

In het Mathematisch Centrum konden al deze plannen juist wel gerealiseerd worden. Van Dantzig gold dan ook als de geestelijke vader van het instituut⁹⁷. Van hem kwam de gedachte aan een afzonderlijk instituut voor zuivere en toegepaste wiskunde. Van hem kwam de gedachte afgestudeerde wiskundigen perspectief te bieden op een andere baan dan leraar. Van hem kwam ook de gedachte steun te zoeken bij het bedrijfsleven door opdrachten uit te voeren, de gedachte om de maatschappelijke functie van wiskunde te gelde te maken. Van

95 [Schouten 1949 p.15]

96 Naar mededeling van N.G. de Bruijn, die in 1940 enige tijd assistent was bij Van Dantzig. Zijn voorganger J. de Iongh herinnert zich soortgelijke uitspraken.

97 Volgens overlevering en in [Corput 1946a p.13].

meet af aan had Van Dantzig in navolging van Mannoury het wiskundig denken beschouwd in het licht van de sociale waarde. Alles bijeengenomen was Van Dantzigs opvatting die van *wiskunde als productiefactor*⁹⁸.

Er lagen nieuwe terreinen open waar het wiskundig denken zijn nut zou kunnen bewijzen. Naast de klassieke toepassingen in de natuurwetenschap en de verbreiding daarvan in de ingenieurswetenschappen, had het doordringen van de gemathematiseerde werkelijkheidsopvatting een opening gemaakt voor het toepassen op terreinen van organisatie en beleid, in de sociale wetenschappen en in de medisch-biologische sfeer. Van Dantzig was ervan overtuigd dat wiskunde, met name statistiek, een grote rol zou gaan spelen in die wetenschappen en in het bedrijfsleven.

'Als de actuarisopleiding goed wordt, zal er een tijd komen, dat allerlei plaatsen in het bedrijfsleven, het ambtelijke leven enz. enz. zullen worden bezet door wiskundigen, die thans nog door juristen en economen worden ingenomen.'⁹⁹

De maatschappelijke rol van de wiskunde was inderdaad groeiende. Anderen zagen dat ook wel, maar verbonden er niet dezelfde consequenties aan. Van der Corput zette zijn waarneming om in het retorisch inspireren van anderen en in het scheppen van institutionele voorwaarden. Schouten stelde zich open voor problemen uit toepassingsgebieden. Van Dantzig onderscheidde zich wezenlijk van hen door er consequenties aan te verbinden voor de wiskunde-beoefening zelve. Opdrachten en consultaties kenschetsten de gevolgen voor de wijze van beoefenen; de overstap naar de mathematische statistiek toonden de verandering in themakeuze. Het grote verschil met Van der Corputs eenrichtingsverkeer, de radicalisering ten opzichte van Schoutens wisselwerking, was dat de

98 Anders dan 'cultuurfactor' kwam de term 'productiefactor' in de besproken periode niet voor met betrekking tot wetenschap. Dat gebeurde pas eind jaren vijftig in samenhang met ideeën over 'planning of science' (waarin een kiem lag van het latere wetenschapsbeleid). De econoom Galbraith introduceerde in 1967 een nieuwe productiefactor in het economisch denken, naast de traditioneel onderkende factoren grondstoffen, arbeid en kapitaal, namelijk 'georganiseerd intellect'. Daaronder begreep hij natuurlijk ook de wetenschap. Pas in georganiseerde vorm echter wees Galbraith het intellect aan als productiefactor. [Galbraith 1967 pp.73, 74, 62] *The New Industrial State* /John Kenneth Galbraith. Hammondsworth (UK): Penguin, 1974 (1st ed. 1967 Hamish Hamilton, 2nd revised edition 1972, André Deutsch Ltd).

Buiten de economische, in het bijzonder de marxistische, beschouwingwijze tredend, gebruik ik de term 'wiskunde als productiefactor', net als 'wiskunde als cultuurfactor', primair om een bepaalde visie op de wiskunde te interpreteren. Die visie behelst zowel een opvatting over wat wiskunde is, dat wil zeggen over de aard van het wiskundig denken, als de daarmee samenhangende opvatting over de rol van de wiskunde in ruimer kader, dat wil zeggen in 'de cultuur', of 'de samenleving'.

99 Van Dantzig in vergadering van de Raad van Beheer met de Commissie ingesteld door het verzekeringswezen tot bestudering der eventuele universitaire opleiding tot actuaris, d.d. 10 januari 1947. Notulen Raad van Beheer. Archief CWI, K1a.

D. van Dantzig gaf concrete invulling aan de mogelijke maatschappelijke dienstbaarheid van de wiskunde en was daarmee conceptueel de belangrijkste figuur in de oprichting van het Mathematisch Centrum



wiskunde zelf veranderde. In de visie van Van Dantzig lag besloten dat de stand van de wiskunde niet langer een autonoom gegeven was, maar samenhang met de rol die ze vervulde.

Wiskunde was productiefactor geworden – in sociaal-economische zin – en Van Dantzig propageerde niet alleen deze rol van de wiskunde, hij ontwikkelde bovendien een visie op de wiskunde die hiermee in overeenstemming was.

De opvatting van ‘wiskunde als productiefactor’ was Van Dantzigs bijzondere bijdrage aan de motieven die ten grondslag lagen aan het MC. Het was van zijn visie op de wiskunde maar een facet¹⁰⁰, maar een facet dat juist bij de anderen ontbrak. Zonder dit motief zou een Mathematisch Centrum er heel anders hebben uitgezien, als het al tot stand gekomen was: reden om juist van dit motief bij Van Dantzig de achtergrond nader te belichten.

100 Van Dantzig onderkende in de wiskunde wel degelijk ook een cultuurfactor, had daarover een zeer eigen opvatting, in het bijzonder over de eventueel ‘vormende waarde’ van het wiskunde-onderwijs [Dantzig 1927].

Graduering

Wat bracht deze man, met zijn voorliefde voor zuivere wiskunde en dan liefst de meest abstracte, deze man, die vertelde door Mannoury tot de wiskunde gebracht te zijn, die bij Brouwer topoloog werd, die bij zijn studievriend Van der Waerden met lof promoveerde op het 27 bladzijden tellende *Studiën over topologische algebra*¹⁰¹, wat bracht dan deze man tot zulke praktisch gerichte activiteit? In de topologie, in de differentiaalmeetkunde, in de waarschijnlijkheidsrekening en de mathematische statistiek had Van Dantzig zich telkens in de meest abstracte en formele uithoeken begeven. Ook in zijn denken over de wiskunde, in de intuitionistische grondslagen van de wiskunde, in zijn beschouwingen over didactiek, in de filosofie van het wiskundig denken, in de significatie, telkens zocht hij de meest fundamentele vragen. En dan, vóór hij in staat was geweest op zulke vragen antwoorden te formuleren, dook hij dikwijls in de daar weer achter liggende vragen.

De reflectie ijldde telkens de activiteit vooruit, zozeer dat de verschillende boeken die hij zich voornam te schrijven, er nooit kwamen. Zelfs de cruciale wending in zijn carrière in de richting van de mathematische statistiek werd gemarkeerd door een reflectie op de grondslagen¹⁰². De rust om iets te aanvaarden zoals het zich voordeed, al was het maar tijdelijk, was hem niet gegeven.

Een relativist noemde hij zichzelf, qua filosofische opvatting, in navolging van G. Mannoury. Naar deze opvatting leefde hij ook. Van Dantzigs relativisme moet allerm minst geassocieerd worden met de lichtvoetige levenshouding die uitgaat van het inzicht dat alles maar betrekkelijk is. Zijn relativisme stond tegenover en trok ten strijde tegen ieder absolutisme¹⁰³. Alles was voor hem betrekkelijk, ieder standpunt, iedere uitspraak was relatief aan zekere vooronderstellingen, was slechts waar of waardevol met betrekking tot een achterliggend kader. Wat telde, voor Van Dantzig en voor Mannoury, was de menselijke intentie: de wil, de bedoeling of de emotie. Geen enkele uitdrukking deed daaraan in hun ogen volkomen recht. Het absoluut stellen van een uitspraak zou dus de mens tekort doen, de vrijheid beperken.

'Graduering' was hun tegengif, gradueel onderscheid aanbrengen waar absolute grenzen gepostuleerd werden. In het licht van deze opvatting valt het te begrijpen dat Van Dantzig het zichzelf en anderen niet gemakkelijk maakte, telkens op pad met de moersleutel om persoonlijk iedere aanname, elk dogma

101 [Dantzig 1931] *Studiën over topologische algebra* /David van Dantzig (diss). Amsterdam: H.J. Paris, 1931.

102 [Dantzig 1941a] 'Mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening' /D. van Dantzig. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden*, *Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 8 (1941) pp.70-93.

103 [Dantzig 1949 p.21 e.v.] *Blaise Pascal en de betekenis der wiskundige denkwijze voor de studie van de menselijke samenleving* /D. van Dantzig (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949. Ook in: *Euclides* 25 pp.203-232.

en iedere absoluutheidsaanspraak op losse schroeven te zetten¹⁰⁴. Het was hem overigens niet genoeg om absolutistische ‘ja-nee’ terminologie te ondergraven, hij wilde deze evenzeer op het eigen niveau relativiseren, dat wil zeggen vervangen door ‘meer-minder’-aanduidingen. Tegengestelde begrippen moesten plaatsmaken voor een gegradeerd onderscheid¹⁰⁵.

Absolutistisch woordgebruik stond in Van Dantzig's ogen voor een absolutistische houding en die was schadelijk voor de gemeenschap. Terwille van ‘het behoud der menselijke samenleving op ons cultuurniveau’ ware de ideologisch-absolutistische houding in de samenleving te vervangen door een wetenschappelijk-relativistische, de kapitalistische ik-houding door een wij-houding. Voor de wij-houding leken Van Dantzig de ‘woordsystemen van socialisten en communisten’ bevorderlijk.

‘Onder de hedendaagse wetenschappen zijn het de waarschijnlijkheidsrekening en de significa, waarin deze [de wetenschappelijk-relativistische] levenshouding het duidelijkst tot uitdrukking komt.’¹⁰⁶

Overgang naar mathematische statistiek

Schouten en zijn assistenten namen van de wiskundige kant deel aan de turbulente ontwikkeling van de theoretische fysica. Van Dantzig was erdoor gefascineerd en correspondeerde over zijn bevindingen met Ehrenfest en Einstein.

104 Zie bijvoorbeeld [Dantzig 1927] en [Dantzig 1938] *Vragen en schijnvragen over ruimte en tijd. Een toepassing van den wiskundigen denkvorm* /D. van Dantzig (inaug. rede THD). Groningen: Wolters, 1938. [Dantzig 1941b] ‘Punti di vista’ /D. van Dantzig, met reactie van B. de Finetti en dupliek van Van Dantzig. In: *Statistica* (It.) 1941 pp.229-242.

[Dantzig 1957a,b] ‘Statistical Priesthood I (Savage on Personal Probabilities)’; ‘Statistical Priesthood II (Sir Ronald on Scientific Inference)’ /D. van Dantzig. In: *Statistica Neerlandica* 11 (1957) pp.1-16; resp. pp.185-200.

Vergelijk ook de volgende herinneringen:

‘Van Dantzig kon scherp, zeer scherp zijn.’ J. Bakker (TUE), 19-10-1986.

‘Stelt u zich voor zaterdagmiddag voordrachten van het Wiskundig Genootschap in de jaren dertig. Waar de voordracht ook over ging, Van Dantzig had altijd een vraag, en altijd terzake.’ G.H.A. Grosheide fwzn. (VU), 21-8-1986.

‘Van Dantzig sliep nooit – hij werkte altijd ’s nachts. Alleen tijdens voordrachten. Hij luisterde een kwartier, noteerde zijn vraag en ging slapen. Als dan de discussie kwam stelde hij zijn vraag en dat was altijd een fundamentele vraag. Hij raakte altijd de kern van de zaak.’ G. de Leve (UvA), 6-10-1986.

105 Gradering veronderstelt dat de (tegengestelde) begrippen behandeld kunnen worden als behorend tot een zeker *domein* waarop een zeker *orde* (meer-minder) gegeven is, dus als elementen in een zekere structuur. *Gradering* is daardoor een voorbeeld van *mathematisering*, een dankbaar voorbeeld zelfs: het is geen kwantificering, wel mathematisering; er is geen maat, wel een structuur verondersteld.

106 Parafrasering en citaat: [Dantzig 1949 p.24-26]. Als toonbeeld van ‘ideologisch absolutisch’ noemde hij: ‘het Katholicisme en het Communisme (beide in hun huidige actueel-politieke gedaante beschouwd)’. Binnen de wetenschap: ‘de klassiek-axiomatische’ wiskunde.

Waarschijnlijkheidsrekening viel zo als vanzelf binnen het gezichtsveld van Schoutens groep¹⁰⁷. Al leverde men er geen actieve bijdrage aan, het baanbrekende werk van Von Mises, Kolmogoroff en Reichenbach werd wel gevolgd. In 1934 probeerde Schouten Struik naar Delft te krijgen voor een gastdocentschap in waarschijnlijkheidsrekening¹⁰⁸. Van Dantzig debatteerde met Van der Waerden over de betekenis van Kolmogoroffs werk¹⁰⁹ en voorzag zijn door Schouten geïnspireerde bijdrage aan de tensorrekening ten dienste van een algemene veldtheorie voor de fysica van een speculatief slotakkoord met zijn 'flitsenhypothese'. De theorie van 'flitsen', die hij niet verder uitwerkte dan een schets in 1938¹¹⁰, zou aan de wiskundige kant berusten op een puntloze meetkunde en in de natuurkunde de begrippen 'tijd' en 'ruimte' overbodig maken. Het was een speculatie die bijna schreeuwde om een waarschijnlijkheidstheoretische benadering, net zoals de toen nieuwe quantummechanica dat deed. De waarschijnlijkheidsrekening kwam nog dichterbij, toen Van Dantzig zich vervolgens bezighield met de thermodynamica, maar werd pas echt hoofdonderwerp in zijn fundamentele beschouwing in 1940: 'Mathematische en empiristische grondslagen van de waarschijnlijkheidsrekening'¹¹¹.

Voor 1945 was er onder Nederlandse wiskundigen weinig actieve belangstelling voor mathematische statistiek of waarschijnlijkheidsrekening. Colleges mathematische statistiek konden gevolgd worden in Wageningen bij Van Uven, bij Koopmans in Rotterdam en bij verschillende sterrekundigen. Van Dantzig stond met die statistiekbeoefening niet in contact, maar ging haar, in tegenstelling tot zijn collega-wiskundigen, niet per se uit de weg. In 1931 bijvoorbeeld was hij bereid geweest aan conjunctuuronderzoek bij het CBS te werken¹¹². Met Schermerhorn overlegde hij over de verwerking van meetgegevens van de Snelliusexpeditie¹¹³.

107 Het gaat hier om Van Dantzigs motieven voor de overstap naar statistiek. Zijn opvattingen over het vak komen afzonderlijk aan de orde in §4.2.

108 Het benoemingsvoorstel stuitte af op politieke bezwaren bij de regering tegen Struik (notulen 265^e en 266^e Vergadering Afdeling Algemene Wetenschappen TH, 19-9-1935 resp. 9-11-1934. Archief Afd A doos 27). D.J. Struik, leerling van Ehrenfest, oud-assistent van Schouten, was op dat moment een van die wiskundige alleskunnens die ook nog de waarschijnlijkheidstheorie wist mee te nemen, getuige [Struik 1935] 'Five Papers on the Theory of Probability' /D.J. Struik. In: *Journal of Mathematics and Physics* XIV-1 (1935) pp.1-3. Struik nam het college waarschijnlijkheidsrekening aan het MIT over van T.C. Fry. Vgl. [Alberts 1994b] 'On Connecting Socialism and Mathematics. Dirk Struik, Jan Burgers, and Jan Tinbergen' /G. Alberts. In: *Historia Mathematica* 21 (1994), pp.280-305.

109 Corr. Van Dantzig-Van der Waerden, o.m. 27-10-1936. Archief Van Dantzig.

110 [Dantzig 1938]

111 [Dantzig 1941a]

112 Brief D. v. Dantzig aan J.A. Schouten; 1931. Archief CWI corr. Schouten

113 Dossier in Archief Van Dantzig, ongedateerd: de Snelliusexpeditie vindt plaats in 1929-30, correspondentie uit jaren dertig.

Van Dantzig nam actief deel in de Internationale Signifische Studiekring, die de tweede bloeiperiode van de signifische beweging in Nederland markeerde¹¹⁴.

Massapsychologie was in deze kring een veelbesproken thema, zoals te begrijpen, eind jaren dertig¹¹⁵. Op deze en vergelijkbare terreinen onderkennen verschillende signfici, deels in navolging van de Wiener Kreis, het nut van mathematische statistiek. Wellicht nog belangrijker waren de schriftelijke en mondelinge discussies met Wiener-Kreis-voorman Otto Neurath tussen 1937 en 1940. Weliswaar ging dit debat niet primair over statistiek, Neurath was wel de uitvinder van ISOTYPE, grondslag van de beeldstatistiek¹¹⁶. Het werk bij Schouten, de aanraking met mathematische statistiek en de debatten in signifische kring vormden een vruchtbare bodem voor Van Dantzigs expliciete bemoeienis met statistiek. Enerzijds zette hij zich in 1939 aan het bijeenbrengen van voorbeelden terwille van een boek over 'de wiskunde der massaverschijnselen', anderzijds was de genoemde voordracht in 1940 over de grondslagen van de

114 [Schmitz 1990] *De Hollandse Significa. Een reconstructie van de geschiedenis van 1892 tot 1926* /H. Walter Schmitz. Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1990.

115 Vanaf 1940 kende de Studiekring zelfs een aparte sectie Massapsychologie. Een van de deelnemers aan de discussie was de latere (1948) hoogleraar massacommunicatie Kurt Baschwitz. Zie ook [Bochove 1986 p.12] 'Waarom het leger de oorlog verloor. Het debat tussen Gerrit Mannoury en Otto Neurath 1937-1940' /Aart van Bochove. (Doctoraalscriptie sociologie, RUG). Groningen: bij de auteur, 1986.

116 Neurath, de grote organisator en propagandist van de Wiener Kreis en socialistisch voorman, vluchtte in 1934 naar Nederland. Vanaf 1937 voerde hij een discussie per brief met Mannoury, waaraan ook Van Dantzig en anderen deelnamen, vanaf 1938 woonde hij tevens bijeenkomsten van de Studiekring bij. (Deze geschiedenis, met alle ins and outs, is beschreven door Aart van Bochove in zijn scriptie [Bochove 1986]).

Neurath werkte samen met de graficus Gerd Arntz in de Stichting voor Beeldpaedagogie. Toen Neurath in 1940 naar Engeland ontkomen was, werd Arntz in staat gesteld zijn werk voort te zetten in de Stichting voor Beeldstatistiek, min of meer onder de hoede van het CBS. Beeldstatistiek sprak als uitbeelding van de utopie van ondubbelzinnige communicatie zeer velen aan, zeker ook de signfici. Daarnaast was er een parallel met de mathematische statistiek; beide zijn het resultaat van een reflectie op de empirische statistiek, de beeldstatistiek een niet-mathematische reflectie.

[Stadler 1982] *Arbeiterbildung in der Zwischenkriegszeit. Otto Neurath - Gerd Arntz* /F. Stadler (Hrsg.). Wien/München: Löcker Verlag, 1982.

[Arntz/Broos 1979] *Symbolen voor onderwijs en statistiek* /Gerd Arntz, Flip Broos. Amsterdam: Mart Spruijt, 1979.

[Nemeth 1981] *Otto Neurath und der Wiener Kreis. Revolutionäre wissenschaftlichkeit als politischer Anspruch* /Elisabeth Nemeth. Frankfurt/New York: Campus (Forschung 229), 1981.

[Neurath 1940] *De moderne mensch onstaat* /Otto Neurath. Amsterdam: Noordhollandse Uitg. Mij., 1940. Oorspr. *Modern Man in the Making*. New York: Knopf /London: Secker and Warburg, 1939.

[Faludi 1989] 'Planning According to the "Scientific Conception of the World". The Work of Otto Neurath' /A. Faludi. In: *Environment and Planning D: Society and Space*, 7, pp. 397-418

Jaren van berekening

waarschijnlijkheidsrekening zijn eerste publieke uiting op dit terrein¹¹⁷. Mathematische statistiek bleef voor hem immers toegepaste waarschijnlijkheidsrekening. In het bijzonder zou het toetsen van een hypothese neerkomen op het toetsen van een waarschijnlijkheidstheoretisch model. In 1940 legde hij nog de nadruk op het 'axiomatisch systeem'; vanaf 1945 zou het 'wiskundig model' centraal staan.

Hij correspondeerde vanaf 1939 met verschillende gebruikers van statistiek en voorzag in de oorlog in zijn levensonderhoud mede door het uitvoeren van statistische consultaties¹¹⁸.

Sprong van doel op middel

Van Dantzig's eigenlijke motief om zich met zoveel vuur op de mathematische statistiek te storten lag dieper dan deze directe aanleidingen. Het motief was nauw verbonden met zijn relativistische filosofie. En bood niet de mathematische statistiek de methode bij uitstek voor het genereren van gegraduateerde uitspraken? Nee, de eerste plaats was hier voorbehouden aan de significa.

'Nu is het zeker niet mijn bedoeling, te betogen, dat de sociale wetenschappen alleen tot bloei zouden kunnen komen door toepassing van rechtstreeks mathematische methoden, al geloof ik, dat deze op enkele punten van groot nut zouden kunnen zijn. Ik ben er echter ten stelligste van overtuigd, dat de sociale wetenschappen eerst dan tot bloei zullen komen, als zij in hun *begripsvorming* gaan streven naar een ongeveer gelijke graad van exactheid, als vooral in de wiskunde, en in bijna even hoge mate ook in de sterk gemathematiseerde gebieden als astronomie en physica wordt bereikt. [...]

'Dit is de belangrijke bijdrage [...], die de wiskunde kan geven: niet zozeer de "wiskundige techniek", als wel de wiskundige begripskritiek, die in de wetenschap der *significa* haar vorm voor toepassing op andere gebieden vindt.'¹¹⁹

117 [Dantzig 1941a,b] mogen gezien worden als vingeroefeningen voor de inleiding. Over de publicatie van dit boek, gelijktijdig in het Nederlands en in het Engels, bereikte hij al in 1939 overeenstemming met uitgever Nijhoff. Afschrift brief Van Dantzig aan Nijhoff, dd. 15-6-1939, in Archief Van Dantzig. In de volgende jaren verzamelde hij actief een aantal Nederlandse voorbeelden van 'statistische modellen'. Kloosterman vermeldt ook Van Dantzig's voornemen [Kloosterman 1942 p.253]. Er rust een zekere tragiek van perfectionisme en diepgraverij op de kwestie Van Dantzig-en-boeken. Ook in 1927 kondigde hij een boek aan 'Over de Psycho-Genese der Mathesis' [Dantzig 1927 p.189]. Ook zonder boeken had hij op beide terreinen een merkbare invloed.

118 [Koksma 1959 p.332] 'In memoriam David van Dantzig 23 September 1900-22 July 1959' /J.F. Koksma. In: *Synthese* XI-4 (Dec. 1959) pp.329-334. Van Dantzig gaf onder meer adviezen aan een brandverzekeringsmaatschappij. Schadeverzekering was indertijd een betrekkelijk nieuw thema in de verzekeringswiskunde. Dossier in Statistiek-Archief, ongedateerd, correspondentie uit 1944.

Van Dantzig kreeg in de oorlog ook opdrachten van het NLL, Greidanus bracht ze hem. Deze hadden minder resultaat. Interview J.H. Greidanus, 17-1-1989.

119 [Dantzig 1948a p.32,34] 'Over de maatschappelijke functie van zuivere en toegepaste wetenschappen' /D. van Dantzig. In: [Functie 1948 pp.20-40]. Cursivering van Van Dantzig.



G. Mannoury, 'in- en uitschakelen van het formalisme', en L.E.J. Brouwer, 'sprong van doel op middel', waren belangrijke figuren in de ontwikkeling van Van Dantzig's visie.

Significa was, naar Mannoury, de leer der verstandhouding. Het was in feite een psychologische theorie van taaldaden, die pretendeerde meer te omvatten dan het onderwerp van de formele theorie van semiotiek (inclusief syntax, semantiek en pragmatiek), doordat ze juist niet op voorhand greep naar formele methoden, maar nauw aansloot bij de werkelijkheid van de taal¹²⁰. Voor Mannoury en meer nog voor Van Dantzig was de significa niet zomaar een theorie, ze stond voor een actieprogramma, een programma om woord- en begripsverwarring in de taal (met name in de taal van de ervaringswetenschappen) te overwinnen. Overwinnen betekende niet het uitbannen van woorden met een te grote 'signifische spreiding',

'maar is veeleer het naspeuren van gedachten-, wils- en voorstellingscomplexen, die de sprekers op onbeholpen wijze door zulke woorden trachten weer te geven. Eerst daarna kan een stelsel van termen ingevoerd worden, die de gedifferentieerde aspecten weergeven, die oorspronkelijk door één term werden uitgedrukt. Van het grootste belang daarbij is het, dat bij de omschrijving dezer termen zo min mogelijk de

120 [Dantzig 1948b] 'Significs, and its Relations to Semiotics' /D. van Dantzig. In: *Library of the xth International Congress of Philosophy, Vol II, Philosophical Essays*. Amsterdam, 1948, pp.176-189.

[Mannoury 1947] *Handboek der Analytische Significa* (2 dln: I. *Geschiedenis der begripskritiek*. II. *Hoofdbegrippen en methoden. Ontogenese en Fylogenesen van het verstandhoudingsapparaat*). /G. Mannoury. Bussum: Kroonder, 1947-1948. [Mannoury 1949] *Significa, een inleiding* /G. Mannoury. Den Haag: Servire, 1949.

Jaren van berekening

emoties van spreker of hoorder betrokken worden, maar dat zij in termen geschiedt met overwegend “indicatieve” betekenis, d.w.z. termen die waarneembare verschijnselen weergeven.¹²¹

Van Dantzig geloofde niet dat significante spreiding overal opgeheven zou kunnen worden; hij ontkende expliciet dat alle tegenstellingen aldus zouden verdwijnen. Met Mannoury wees hij de verdergaande aanspraken af van de door hen te formalistisch bevonden Wiener Kreis en Unity of Science Movement¹²². Zijn signifiisch programma was een programma van *mathematisering*. Stelling 15 bij Van Dantzigs proefschrift luidt:

‘Het is wenschelijk en mogelijk, het indicatieve element in een waarderingsoordeel van het emotioneele element te onderscheiden, de betrekkingbasis ervoor te onderzoeken en het vervolgens te mathematiseren.¹²³

Zowel met betrekking tot de significa als tot de toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening sprak Van Dantzig van mathematisering. Nader bepaald gaf hij hiervoor Mannoury’s uitdrukking ‘inschakelen en uitschakelen van het formalisme’. Cruciaal in het uitschakelen was het ongedaan maken van de betekenisverschuiving die bij de vereenvoudiging en regularisering van de werkelijkheidsbeschrijving tijdens het inschakelen was opgetreden. In de statistiek was het formalisme voor Van Dantzig steeds een waarschijnlijkheidstheoretisch model. In de uitvoering van het signifiisch programma lag niet vast welk soort wiskundig model ontwikkeld werd.

Onder wiskundigen was het in de jaren vijftig niet ongewoon te verwijzen naar Brouwers ‘sprong van doel op middel’. Dat deze uitdrukking werd begrepen als verwoording van het maatschappelijk belang van het wiskundig denken kwam minder door Brouwer zelf dan doordat Mannoury en Van Dantzig de term telkens herhaalden. Brouwer had in zijn proefschrift in 1907 geschreven:

121 [Dantzig 1948a p.34,35]. Het programmatische van de significa komt tot uitdrukking waar herhaaldelijk gesproken wordt van signifiische arbeid die verricht moet worden, bijvoorbeeld in [Dantzig 1949]. Voorts in het *Handboek* [Mannoury 1947].

122 Vergelijk [Dantzig 1941a, 1948a,b], [Mannoury 1947]. Zie ook [Nieuwstadt 1978] ‘De Nederlandse significa: een documentatie’ /J. van Nieuwstadt. In: *Kennis en Methode* 1978-4 pp.341-362.

123 [Dantzig 1931]; met toelichting opgenomen als ‘Aanhangsel’ in [Mannoury 1947: D.I p.157-159]. Met ‘het onderzoeken van de betrekkingbasis’ werd kennelijk bedoeld: semantische analyse. Het begrip ‘semantiek’ was echter in 1931 nog niet gecreëerd. Op gevaar af van verwarring reken ik de hele door Van Dantzig gewenste operatie onder het begrip ‘mathematisering’, zoals dat in het hoofdstuk ‘Perspectief’ in dit boek is omschreven. Van Dantzig zelf beperkte nog de term, zoals meer auteurs, tot waar er zichtbaar wiskunde in het spel kwam, maar hij beoogde een operatie van veel algemener strekking (vgl. bovenstaand citaat over sociale wetenschappen).

‘Den menschen is een vermogen eigen dat al hun wisselwerkingen met de natuur be-geleidt, het vermogen n.l. tot *wiskundig bekijken* van hun leven, tot het zien in de we-reld van herhalingen van volgreexsen, van causale systemen in den tijd.’ [...]

‘Intusschen in ’t algemeen blijkt de taktiek, bestaande in het beschouwen der volgreexsen en het op grond daarvan teruggaan van doel op middel, waar in het mid-del gemakkelijker ingegrepen schijnt te kunnen worden, eene doeltreffende en be-zorgt de menschheid haar macht.’¹²⁴

Brouwer had zo een direct verband, namelijk ‘wiskundig bekijken’, gelegd tus-sen wat tegenwoordig veelal doelrationeel handelen wordt genoemd, en het wiskundig denken. Dit was het inzicht dat voor Van Dantzig en de zijnen de wiskunde in maatschappelijk perspectief plaatste. Brouwers negatieve cultuur-filosofische connotatie weerklonk nog wel zachtjes in vermaningen de sprong niet te groot te maken; Mannoury en Van Dantzig namen het toch vooral als neutraal inzicht. Dat de ‘wiskundige denkvorm’ zou bijdragen aan een ratione-le wereld, was de basisgedachte op grond waarvan zij een politiek¹²⁵ engagement konden vertalen in een wetenschappelijke inzet. Een algemeen vooruitgangsgelooft liet zich langs deze weg toespitsen op de wiskunde. Hiermee was de luid-ruchtige ideologie van de Verlichting ten aanzien van wiskunde niet alleen her-leefd, ze was opnieuw geijkt.

Met Brouwers woorden was de toepasbaarheid van wiskunde geen mirakel¹²⁶ en dit inzicht hield Van Dantzig vast. Hij zocht naar die vormen van wiskunde die de wereld zouden verbeteren, die instrumenten konden zijn in een streven naar rationalisering. Het optimisme was, anders dan het verlichtingsdenken, een voorwaardelijk vooruitgangsgeloof: het moest voorzien worden van de ge-schikte instrumenten.

Het algemene patroon van inschakelen én uitschakelen van het formalisme was nu volgens Van Dantzig dé geschikte werkwijze om de sprong van doel op middel te maken, hét instrument om de rationaliteit van denken en handelen te verhogen. Toepassing van signifi-ca in begripsverheldering en van waarschijn-lijkheidsrekening in statistische consultatie waren zijn favoriete concretiserin-gen. Het instrumentarium werkte hij nader uit in de procedure van het wiskun-

124 [Brouwer 1907 p.81,82], cursivering in origineel. De hele paragraaf heeft bij Brouwer in de marge de titel ‘Het intellect en de sprong van doel op middel’. Afgezien van de fundering in de tijdsinstuutie biedt Brouwer met *wiskundig bekijken* een van de scherpste aanduidingen in de literatuur van wat in dit boek met *mathematisering* is bedoeld.

125 Het ging niet per se om een partijpolitieke affiliatie, meer om progressiviteit in de richting van een rationalistisch vooruitgangsgeloof. Mannoury was overigens wel overtuigd com-munist, maar uit de CPN gestapt. Van Dantzig was geen partijganger, globaal wel socialist of sociaal-democraat. Hij was actief op het tweede plan in *De Vrije Katheder*, en in het VWO. Van der Corput, ter vergelijking, was net als Van der Leeuw een typische door-braakfiguur.

126 Vgl. [Wigner 1960] ‘The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Scien-ces’ /Eugene P. Wigner. In: *Comm. Pure and Applied Math.* 13 (1960) pp.1-14.

dig modelleren. Door de niet-aflattende aandacht voor het terugvertalen naar het niveau van de ervaring, voor het 'uitschakelen van het formalisme' toonde het sciëntisme – want dat was Van Dantzig's wetenschappelijk relativisme nog altijd¹²⁷ – zich hier in zeldzaam milde vorm. Twee voorbeelden mogen Van Dantzig's houding karakteriseren.

In 1948 droomde Van Dantzig hardop van significante adviesbureaus. Hij had in 1945 de Vrije Katheder-werkgroep over het annexatievraagstuk voorgezeten en in dat kader significante beschouwingen over de begrippen 'schuld' en 'straf' ontvouwd¹²⁸; hij had de 'vrijheid van meningsvorming' geopperd in *De Groene Amsterdammer* en in *De Linie*; hij zou later het begrip 'vrijheid' onder de loep nemen en college geven over significante begripsanalyse van politieke termen. Van Dantzig stelde zich voor hoe een priester op weg naar een vakbonds-bijeenkomst bij de significante aan zou gaan met het verzoek een in katholieke terminologie gestelde toespraak 'even voor me in het Marxistisch te vertalen [...] met behoud van de aanwijsbare inhoud en zoveel mogelijk ook de wils- en gevoelswaarde'¹²⁹. Voor dergelijk werk zag Van Dantzig significante adviesbureaus voor zich naar het voorbeeld van de statistische bureaus. In de rij van deskundigen die in de jaren veertig, vijftig en zestig een plaats in de Nederlandse samenleving veroverden, trad echter geen significant consultant naar voren.

Van Dantzig gaf college over speltheorie, beslissingsfuncties, Markovketens, stochastische processen en dergelijke thema's, zodra hij ermee kennisgemaakt had. Ze sloten aan bij zijn voorkeur voor die kant van de mathematische statistiek waar de waarschijnlijkheidstheorie, en dus de wiskunde, zichtbaar was. Hij vervulde zo een cruciale rol bij de receptie van deze nieuwe theorieën in Nederland. Hij was bovendien gefascineerd door de belofte die ze inhielden machtige instrumenten te leveren voor het nemen van rationele beslissingen en het bepalen van optimale strategieën. Speciaal de (statistische) beslissingstheorie inspireerde hem om dit hele veld – inclusief de Operations Research, die toen juist

127 Vergelijk bijvoorbeeld [Dantzig 1948c] 'Over de mogelijkheid ener wetenschappelijke houding tegenover politieke en ideologische vragen'. /D. v. Dantzig. In: *Maatschappij en Wetenschap* 1 (1948).

128 [Dantzig 1945a] 'Annexatie, een nationaal gevaar' /D. van Dantzig. In: *De Vrije Katheder* 5-22 (1945), pp.7-9. [Dantzig 1946c] 'Significante beschouwingen over de begrippen "Schuld", "Straf", e.a. in verband met het annexatievraagstuk'. 'Praeadvies ter voorbereiding der vergadering der Vereeniging inzake annexatie van Duitsch grondgebied door Nederland' /D. van Dantzig. In: *Mededeelingen van de Nederlandsche Vereeniging voor Internationaal Recht* 24 (1946), pp.1-38.

[Dantzig 1945a] was de voorzitter voor de werkgroep, [Dantzig 1946c] een resultaat. Secretaris van de werkgroep was J. de Jager, die enige maanden daarna Van Dantzig eerste assistent aan het MC zou worden. Interview J. de Jager 28-3-1989. Vergelijk ook [Burg 1983] *De Vrije Katheder 1945-1950. Een platform van communisten en niet-communisten* /Fenna van den Burg (diss. RUG). Amsterdam: Van Gennep, 1983.

129 [Dantzig 1949 p.22]

in de theorie van het lineair programmeren wiskundig houvast had gevonden – te vatten onder de noemer ‘besliskunde’. De term ‘besliskunde’, die hij in 1957 introduceerde¹³⁰, is de naam geworden voor die Nederlandse academische traditie in Operations Research die specifiek op hem teruggaat.

Dat wiskunde productiefactor werd, had te maken met het streven naar rationalisatie en efficiency, waarvoor met name in de statistiek en de Operations Research instrumenten ontwikkeld werden. Dat Van Dantzig wiskunde opvatte als productiefactor sloot die rol van ‘instrumentmaker’, van leverancier van methoden en technieken, wel in, maar had een veel algemenere strekking. Producteren, naar voren brengen, is behalve ‘voortbrengen’ ook ‘tevoorschijn brengen’ en dit laatste dekt ten volle de maatschappelijke functie die Van Dantzig voor ogen stond. Wiskundig denken zou een factor zijn die tevoorschijn bracht en verhelderde, met name via de significante tevoorschijn bracht wat mensen *eigenlijk* wilden en bedoelden. Wiskunde zou een algemeen patroon van helder denken zijn.

Daar waar men meende dat de wiskunde zijn werking niet zou hebben door overdracht van methode of denkwijze, maar uitsluitend door voorbeeldwerking, bijvoorbeeld waar de exactheid van de wiskunde ten voorbeeld werd gesteld aan de sociale wetenschappen, daar lag de overgang naar de stille ideologie van de Verlichting, oftewel naar wiskunde opgevat als cultuurfactor. Van Dantzig dacht aan meer dan voorbeeldwerking. Hij stelde zich zo’n patroon van helder denken concreter voor, namelijk in de werkwijze van het wiskundig modelleren. Hij meende dat na gedane arbeid het wiskundig denken terug zou moeten treden, dat ‘het formalisme uitgeschakeld’ zou moeten worden. Dit klonk bescheiden, maar de gedachte dat het mogelijk zou zijn, was een sciëntisme. De gedachte dat de inbreng van de wiskunde uitgeveegd zou kunnen worden, als van een schoolbord, veronderstelde dat de wiskundige denkvorm volkomen neutraal zou zijn. En dat had Brouwer, om maar een enkel voorbeeld te noemen, toch heel anders geleerd.

Van Dantzig ging in 1948 zelfs zo ver voor zijn tijd ‘l’esprit de finesse’ in te vullen als ‘l’esprit géométrique’¹³¹. De klassiek geworden tegenstelling tussen beide denkwijzen, tussen verfijning en wiskundig denken, die het spectrum van cultuur zou opspannen was gepostuleerd door dezelfde Blaise Pascal wiens thematische werk Van Dantzig hier besprak. En nu identificeerde Van Dantzig

130 [Dantzig 1957c] ‘Van “Rekeningh in Spelen van Geluck” tot Besliskunde’ (Diesrede UvA 1957) /D. van Dantzig. In: *Jaarboek II UvA*. Amsterdam: UvA, 1957 pp.39-50.

Het is een opvallende coïncidentie dat Habermas precies de houding als die van Van Dantzig ten aanzien van de zeggingskracht van wetenschap aanduidt met de term (neo-)decisionisme. [Habermas 1968 p.104 ff.] *Technik und Wissenschaft als Ideologie* /Jürgen Habermas. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1968.

131 [Dantzig 1949 p.23]

Jaren van berekening

beide polen van cultuur. Zo verklaarde hij het wiskundig denken juist als productiefactor tot cultuurfactor¹³². Had hij daarin gelijk, dan zou dat een verstrekkende kwalificatie van de Nederlandse cultuur van 1948 inhouden. Slechts een cultuur immers die, zonder relativering of reflectie, doortrokken is van wiskundig denken, kan de geest van de meetkunde tot haar grootste 'finesse' verheffen, tot haar hoogste teken van beschaving verklaren.

132 Precies in deze zin noemde J. Clay 'de mathesis een cultuurfactor van grote betekenis', toen hij een leerstoel in de toegepaste wiskunde bepleitte. Brief J. Clay (Voorz. Fac. Wis- en Nat.) aan College van Rector en Ass. der UvA d.d. 13-3-1948. Afschrift in Archief CWI, corresp. Van der Corput.

3.3 Maatschappelijke dienstbaarheid

Wiskunde als cultuurfactor respectievelijk als productiefactor, dat waren de visies die ten grondslag lagen aan het Mathematisch Centrum. Men vindt ze terug in de opzet en in de latere praktijk. Het zal duidelijk zijn dat het verschil tussen beide visies niet samenvalt met een onderscheid tussen zuivere en toegepaste wiskunde. Beide visies laten beide activiteiten toe; het verschil ligt de motivering. Wie de wiskunde ziet als cultuurfactor, zal de schoonheid van het vak willen uitdragen: een voorbeeld van helder denken geven. Wie wiskunde ziet als productiefactor, zal de inzetbaarheid van het vak willen vergroten: toepassingsgerichte wiskunde beoefenen.

‘De stichting zal reeds nuttig werk kunnen verrichten’, zo schreef de Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde aan Vening Meinesz, ‘indien sommige wiskundigen zich onder haar invloed meer dan tot dusverre gaan toeleggen op toegepaste wiskunde, of op deelen der zuivere wiskunde die rechtstreeks met de toepassingen in verband staan’.

Het is niet onmiddellijk duidelijk hoe de inbreng van Van der Corput en die van Van Dantzig te verenigen waren. De laatste stelde langs wetenschappelijk-relativistische paden onvermijdelijk zijn eigen gelijk vast, een niet te verzilveren gelijk. De eerste leek aangewezen om binnen zijn omgeving vooruit te lopen en te heersen, gelijk te krijgen. De prikkelbare en weinig tactische zolderkamerfilosoof stond naast de redenaar met een uitgesproken politiek talent. Hoe konden zij tot een coalitie komen? Zonder de ideeën van Van Dantzig was er waarschijnlijk nooit een instituut gekomen, zeker geen instituut met een dergelijke toepassingsgerichte inzet. Zonder de overredingskracht van Van der Corput was er, getuige Van Dantzigs Delftse ervaringen, geen instituut van de grond gekomen.

In het persoonlijke vlak is het de verdienste van J.F. Koksma geweest de ambitieuze en zeer uitgesproken karakters van beide mannen samen te brengen. Die samenbindende rol is Koksma blijven vervullen in de verdere ontwikkeling van het Centrum. Zonder zijn inzet als zeer actief secretaris van de Commissie, respectievelijk van de Raad van Beheer zou de oprichting niet zo vlot zijn verlopen en had het voortbestaan somtijds aanzienlijk meer moeite gekost. Koksma was een uitgesproken verenigingsman en een samenbindend figuur. Niet dat hij altijd meegaand was, wel bemiddelend: ‘Koksma was altijd erg voorzichtig, altijd bang om iemand te kwetsen.’¹³³ Vanuit zijn sterk maatschappelijk verantwoordelijkheidsbesef, dat veel VU-hoogleraren kenmerkte en dat in de eerste plaats gericht was op de ‘kleine luyden’ die deze universiteit bekostigden, was hij lid van menig verenigingsbestuur en dan vaak weer secretaris. Zo kon het gebeuren

133 G.H.A. Grosheide Fwzn. in interview, 21-8-1986.

dat hij aan het eind van de jaren vijftig naast zijn directeurschap van het MC tegelijkertijd optrad als bestuurslid van het Wiskundig Genootschap, beheerder van de boekerij van het Genootschap, secretaris van de sectie Natuurwetenschappen van de KNAW, bestuurslid van de Fryske Akademy enzovoort.

Koksma bezat niet alleen tact, maar ook een buitengewoon organisatietalent. Hij stelde zichzelf niet erg op de voorgrond en is dan ook weinig zichtbaar in de annalen. Hij was iemand die in de eerste plaats dienstbaar wilde zijn, hier dienstbaar aan het Mathematisch Centrum. Hoewel hij dienstbaarheid ook als levensvisie uitdroeg, zijn er geen aanwijzingen dat hij haar op de inhoud van zijn wiskunde-beoefening betrok, zoals Van Dantzig dat deed. Wat dit betreft was zijn opvatting vergelijkbaar met die van Van der Corput.

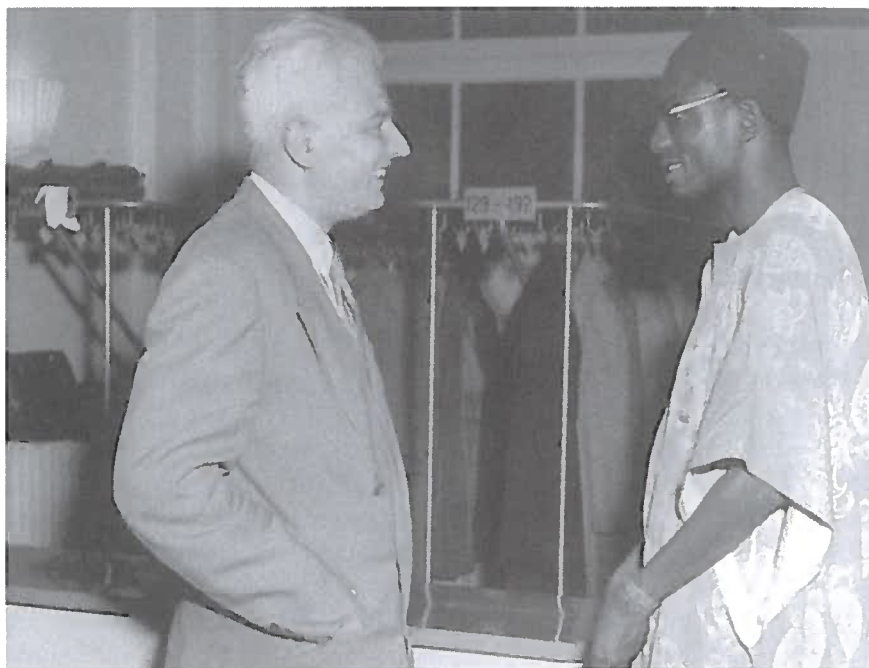
Ook inhoudelijk werd de combinatie van beide opvattingen, wiskunde als cultuurfactor en als productiefactor, gevonden in 'dienstbaarheid'. Maatschappelijke dienstbaarheid was de noemer waarop beide concepten te verenigen waren en feitelijk verenigd werden. Immers 'cultuurfactor' en 'productiefactor' hadden gemeen dat afstand werd genomen van wiskunde om zichzelf wille. Beide verwezen daarmee naar een dienstbaar karakter van de wiskunde: in het ene geval naar de beschavende werking, in het andere geval naar economisch nut. Als cultuurfactor zou wiskunde dienstbaar zijn door geestelijke leiding te bieden, zoals de Groningers het uitdrukten. Als productiefactor zou wiskunde dienstbaar zijn door het bieden van een leidraad, bij de productie op welk gebied dan ook. Beide partijen vonden elkaar in het streven naar een grondige verbouwing van de ivoren toren; dáártoe organiseerde men zich, al stond dan de een het model van de vuurtoren voor ogen, de ander veeleer het model van het adviesbureau.

Feitelijk stonden aanvankelijk twee doelstellingen los naast elkaar. De opleiding van leraren, in Van der Leeuws vooraankondiging van de commissie in augustus 1945 nog het eerste punt, verdween al snel weer naar de achtergrond. In de brief van 25 november 1945 aan Vening Meinesz sprak de Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde van

'een tweeledig programma: een mathematisch centrum [van Europa], dat den bloei der abstracte wiskunde zal moeten bevorderen; [daarnaast gaat het om het overbruggen van] de kloof tusschen de zuivere wiskunde en hare toepassingsgebieden.'

De gedachtenvorming was op dat moment nog in een beginstadium, zoals het vervolg van de brief laat zien.

'Wél gelooven wij, U uit tactische beweeggronden in overweging te mogen geven, tegenover de Amerikaansche wiskundigen op het element der *toegepaste* wiskunde niet te veel nadruk te leggen, daar de meesten onzer zich nog slechts weinig of pas



J.F. Koksma was de personificatie van dienstbaarheid; hier met een van de gasten van het International Congress of Mathematicians waarvan hij de grote organisator was

sinds enkele jaren op dit gebied bewogen hebben, en wij eerst geleidelijk tot het inzicht van de noodzakelijkheid eener ontwikkeling in deze richting gekomen zijn.¹³⁴

Enige maanden later, in de stichtingsakte van 11 februari 1946, werden inmiddels de zuivere en de toegepaste wiskunde in één adem genoemd en stond de dienstbaarheid, 'bijdrage tot', voorop:

'teneinde daardoor eenerzijds de bijdrage van deze gebieden van wetenschap tot de verhooging van het welvaarts- en beschavingspeil in Nederland, anderzijds de bijdrage van Nederland tot de internationale cultuur te vergrooten'.

Maatschappelijke dienstbaarheid was dus de noemer waarop het Mathematisch Centrum ook feitelijk tot een geheel kon worden. Wat het Mathematisch Centrum tot een unieke instelling stempelde, was de combinatie van zuivere en toepassingsgerichte wiskunde. In dezelfde periode ontstonden op verscheidene plaatsen in Europa en Amerika rekencentra, instituten voor statistisch en voor econometrisch onderzoek. In Nederland zag men dergelijke initiatieven bijvoorbeeld in het Centraal Planbureau, de Vereniging voor Statistiek, het Bouwcentrum en de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten van TNO.

134 Brief Commissie etc. aan prof.dr. F.A. Vening Meinesz, d.d. 25-11-1945, Archief CWI, K1a.

In het Centrum waren het echter de academische wiskundigen die zich ermee bemoeiden en de band met zuivere wiskunde levend hielden. Tegelijkertijd ook bestonden er verschillende centra van zuiver wiskundig onderzoek op hoog niveau: de MC-oprichters zagen Göttingen en Princeton (Institute of Advanced Studies) als voorbeelden; Oberwolfach¹³⁵ werd al in 1948 bezocht door Schouten. Die voorbeelden misten echter de uitdrukkelijke bedoeling contact te zoeken met de toepassingswereld. Nog in 1959 kon Hemelrijk daarom het instituut enig in zijn soort noemen¹³⁶.

Het nieuw gewonnen inzicht in het dienstbare karakter van de wiskunde – ook al werden daaraan verschillende interpretaties gegeven – maakte het voor wiskundigen relevant om *als wiskundigen maatschappelijk bewogen* te zijn. Aan deze bewogenheid, of zo men wil: dit maatschappelijk verantwoordelijkheidsbesef, was het samengaan van zuivere en toepassingsgerichte wiskunde te danken. Anders gezegd, enig besef van maatschappelijke dienstbaarheid van de wiskunde was constitutief voor de eenheid van het Mathematisch Centrum – voorzover die eenheid bestond, natuurlijk¹³⁷. Het was precies door de gemeenschappelijke noemer van maatschappelijke dienstbaarheid, dat het initiatief van Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland ten volle aansloot op het beleid van minister Van der Leeuw. De minister verwachtte dienstbaarheid van de wetenschap, dus ook van de wiskunde. De wiskundigen gaven aan dat zij hun wetenschap dienstbaar wilden maken en hoe dat specifiek voor de wiskunde gestalte kon krijgen. Het geloof in op wetenschap stoelende welvaart en cultuur kreeg in de opvatting van wiskunde als

135 Het ontstaan van 'Oberwolfach' is een voorbeeld van een gelijktijdige ontwikkeling. Het instituut ontstond in 1944 als Reichsforschungsinstitut für Mathematik, onder leiding van W. Süss, binnen het kader van een poging tot systematische organisatie – ook daar – van wetenschap. De legitimatie en wellicht ook het voornemen was dat wiskunde ook 'kriegswichtige Forschung' zou zijn. Er was sprake van het ter beschikking stellen van rekenapparatuur. In feite bood het Süss en zijn medewerkers een vrijplaats om het laatste oorlogsjaar te overleven. Daarna keerde het productiefactor-motief niet terug en ontwikkelde het zich langzamerhand tot het huidige conferentiecentrum. In 1948 was Schouten de eerste Nederlandse wiskundige die Oberwolfach bezocht. [Süss 1967] *Entstehung des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach im Lorenzenhof* /Irmgard Süss. S.l. (Oberwolfach) s.n., 1967. [Gericke 1984] 'Das Mathematische Forschungsinstitut Oberwolfach' /H. Gericke. In: [Perspectives 1984 p.23-39] *Perspectives in Mathematics. Anniversary of Oberwolfach 1984* /W. Jäger, J. Moser and R. Remmert (eds.). Basel etc.: Birkhäuser, 1984.

136 [Hemelrijk 1959] 'In memoriam Prof. Dr. D. van Dantzig' /J. Hemelrijk. In: *Statistica Neerlandica* 13 (1959) pp.416-432.

137 Natuurlijk, men kan over dit unieke samengaan ook spreken als een hybride instelling. We kunnen het hier gehanteerde interpretatiekader loslaten en een tweetal directe en pragmatische verklaringen geven: het streven naar toepassingen bood een nieuwe bredere legitimatie van de wiskunde-beoefening; de nadruk op zuivere wiskunde was nodig om de interesse van de academici te winnen.

productiefactor respectievelijk als cultuurfactor zowel steun als concrete uitwerking. De coalitie kan beschouwd worden als een pendant van het samengaan op politiek niveau van het streven naar geestelijke vernieuwing met de wederopbouwgedachte. Van der Corput was de vernieuwer van 1939 tot 1946, reagerend op de (culturele) crisis van de jaren dertig. Van Dantzig's visie was al ouder en, boven de aanleiding in de crisis uit, gericht op het verbeteren van de wereld. Zo beschouwd was hun samengaan een coalitie van de gevestigde macht in de wiskundige gemeenschap met een gedreven subcultuur.

In het licht van de traditie van het verlichtingsdenken ten slotte was het MC meer dan een coalitie. Van der Corput stond in de lijn van de stille ideologie van de Verlichting door zijn nadruk op de verbreiding van de wiskunde, verbreiding als manna uit de hemel vanwege de schoonheid ervan en vanwege de propaedeutische functie voor iets anders. Van Dantzig had al in een van zijn eerste publicaties¹³⁸ betoogd dat men wiskunde moet onderwijzen vanwege de wiskunde en niet omwille van iets anders; niet bijvoorbeeld om 'logisch te leren denken'. Het belang van wiskunde was zo goed mogelijk de wereld te beschrijven en te begrijpen. Van Dantzig stond in die andere, de luidruchtige, verlichtingstraditie: de mathematiseringstendens buiten de wiskunde. Hij was een van degenen die het contact herstelden tussen deze tendens en de wiskundebeoefening. Zijn radicale herziening van het klassieke toepassingsparadigma omsloot Van der Corput's node herwonnen waardering voor klassieke toegepaste wiskunde en had de potentie in zich een synthese te bieden van beide momenten van het verlichtingsdenken.

Kon het MC tot stand komen dankzij een coalitie, het spanningsveld van de uiteenlopende en soms strijdige opvattingen was daarmee natuurlijk in de constructie opgenomen. Ze waren nogal wat van plan, de oprichters. In eerste instantie ging dat spanningsveld verscholen achter de grote plannen. Alle eensgezindheid van de 'Taakomschrijving voor den Raad van Beheer' uit het najaar van 1946 kan echter niet de dubbelheid verhullen waarmee aan de vaststelling dat Van der Corput en Koksma zich 'uiteraard' moesten 'oriënteren en inwerken' in de toegepaste wiskunde, onmiddellijk werd toegevoegd:

'Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarlozen.'

138 Van Dantzig verwees hier naar Mannoury's politiek beladen uitspraak 'men moet niet het ene doen om het andere te bereiken', het doel heiligt met andere woorden niet de middelen. [Dantzig 1927]

Vier

Mathematisch Centrum: beginjaren

Volgens de akte is er een Stichting Mathematisch Centrum die, als één van haar activiteiten, een Instituut voor Zuivere en Toegepaste Wiskunde beheert. Deze gelaagde opzet is in de besproken periode nooit zo gerealiseerd. In feite was er maar één ding: het Mathematisch Centrum. Het was stichting, gebouw, groep mensen en instituut tegelijk. Het MC werd onder wiskundigen een begrip. Deze institutie wordt hier primair beschouwd als toepassingsgericht initiatief, in de overtuiging dat zo een wezenstrek van het MC zichtbaar wordt.

De beginjaren waren de jaren 1946 tot en met 1954. De fase van opbouw liep tot globaal 1950, met het leggen van contacten, met de invulling eind 1946 van een bestuursstructuur, met de creatie van afdelingen eind 1947, en met de verhuizingen. In 1950 volgde een flinke uitbreiding van het personeelsbestand.

Toen in 1952 de behuizing aan de Tweede Boerhaavestraat 49 was betrokken, waar het Centrum tot 1980 gevestigd zou blijven, zette een beleid van consolidatie in dat in 1954 zijn beslag had gekregen. De presentatie van de eigen computer ARRA in 1952, het MC-aandeel in het International Congress of Mathematicians te Amsterdam in 1954 en de grote opdracht van de Deltacommissie aan het Mathematisch Centrum, het waren pronkstukken van een zelfbewust instituut. Het feit dat de Stichting Mathematisch Centrum geen eigen leven leidde naast het instituut bood echter wel een aanknopingspunt voor kritiek. Reeds in 1947 klonk het verwijt van centralisme, dat in de loop van de MC-historie een aantal malen zou terugkeren.

Eensluitende plannen van een aantal wiskundigen en een overheid maken nog geen levensvatbare instelling. De plannen voor het Mathematisch Centrum behoefden de medewerking van vakgenoten én een vraag in de samenleving naar wiskunde en wiskundige hulpmiddelen.



Het International Congress of Mathematicians kwam in 1954 in Amsterdam bijeen. De Nederlandse wiskundige gemeenschap en het Mathematisch Centrum in het bijzonder profiteerden van alle aandacht. Schouten werd met enkele prominente congresgangers op de thee genood bij koningin Juliana op Soestdijk.

De wil tot samenwerken was er onder wiskundigen zeker. Ondanks de naam die de Commissie tot Coördinatie zich intussen had verworven¹, bleek het niet moeilijk van ieder tenminste passieve steun te verwerven in de zogenaamde Raad van Bijstand. Niet alle wiskundigen lieten zich daarbij overigens leiden door het motief van maatschappelijke dienstbaarheid, laat staan door de gerichtheid op toepassingen. Sommigen waren op dit kernpunt van de MC-gedachte onverschillig of afhoudend. Kritiek was er ook en tegenstand. De verhouding tot L.E.J. Brouwer bijvoorbeeld laat zich beter begrijpen als machtsstrijd dan als misverstand.

De vraag naar wiskunde in de samenleving was een potentiële vraag. Om te beginnen kwamen de ideeën van de oprichters natuurlijk niet uit de lucht vallen. Reeds in de jaren dertig had men voldoende aanleiding gehad om zich te bezinnen op de plaats van de wetenschap in de samenleving. Bovendien stonden de ideeën voor een Mathematisch Centrum niet op zich. Er was een maatschappelijke bedding voor de veranderende wiskunde-beoefening en men koesterde, heel even maar, de illusie dat het instituut zichzelf zou kunnen

1 Vgl. §3.1

bedruipen. De initiatiefnemers gingen op pad om de vraag naar wiskunde te mobiliseren. Deze descente had nauwelijks een weerslag op de afdelingen Zuivere Wiskunde en Toegepaste Wiskunde, des te meer op de Statistische Afdeling en de Rekenafdeling.

4.1 Het instituut

Het instituut was, zoals uitgebreid belicht in hoofdstuk 3, de uitkomst van een bezinning op de maatschappelijke rol van de wiskunde en dat werd meteen in de opbouwfase zichtbaar. Het cultuurfactor- en productiefactor-motief laten zich duidelijk aanwijzen.

Een bezinning op het isolement van de universiteiten was ingegeven door de geringe waardering die men van buiten ondervond. Het bracht de Groningse groep ertoe wetenschap op te vatten als cultuurfactor. De praktische consequentie van deze opvatting was dat het wetenschappelijk cultuurgoed uitgedragen zou moeten worden, immers om de waardering op peil te brengen. De vraag naar wiskundige beschaving bleek inderdaad aanwezig. Vooral onder wiskundeleraren bestond grote behoefte het vak bij te houden. Karakteristiek voor het Mathematisch Centrum was echter veeleer de doelstelling om afgestudeerden een ander perspectief te bieden dan een leraarsbetrekking. Volgens de doelstelling zou dit het perspectief zijn van wiskundige in het bedrijfsleven; in feite creëerde men het beroep van wiskundig onderzoeker. Ook in een ander perspectief was het beroep van wiskundig onderzoeker een alternatief voor het leraarsberoep, namelijk als tussenstap tussen studie en academische carrière².

Veel directer dan in het uitdragen van wiskunde aan belangstellenden kwam het cultuurfactor-motief tot uitdrukking in het bedrijven van zuivere wiskunde op hoog niveau. De meest geprononceerde vorm van dit motief, de 'Göttingen-ambitie' om een Europese kern van wiskundig onderzoek te zijn, werd zichtbaar in Van der Corputs optreden. Onder zijn aanvoering probeerde men om in UNESCO-verband de Europese computer respectievelijk het Europese rekencentrum in Amsterdam gevestigd te krijgen. Door Van der Corput had het MC een aandeel in het naar Amsterdam halen van het International Congress of Mathematicians van 1954, door Koksmas een hoofdaandeel in de organisatie van dit congres³.

Een verderstreckende bezinning op de plaats van de wetenschap, een die specifiek betrokken was op wiskunde en bovendien de samenleving in de overwe-

2 Vrijwel alle medewerkers van het MC werden hoogleraar, vergelijk [Koksmas 1962: appendix]. 'Het Mathematisch Centrum, 11 februari 1946 - september 1962' /geen auteursvermelding [J.F. Koksmas]. s.l., s.a [Nota Koksmas, Archief CWI K1a] met appendix 'Lijst van oud-medewerkers Mathematisch Centrum, en hoogleraren aan deze Stichting in actieve dienst verbonden'.

Deze nota is een aangevulde versie van [Koksmas 1960] 'Het Mathematisch Centrum 1946-1960' /J.F. Koksmas. In: *Jaarboek ZWO 1960*.

3 Koksmas en J. Haantjes, inmiddels hoogleraar in Leiden, vormden het gouden team in de organisatie van het congres. Het MC deed de administratie en oogste een flink deel van de publiciteit. Schouten zat het congres voor, bij ontstentenis van de naar de Verenigde Staten vertrokken Van der Corput.

ging betrok, had Van Dantzig ertoe gebracht wiskunde op te vatten als productiefactor. Zijn reflectie op de wiskunde en zijn significante studies hadden hem bovendien tot de waarschijnlijkheidsrekening en statistiek gebracht. Het inzetbaar maken van wiskunde was de uitwerking van de productiefactor-opvatting.

Evenzeer van voor de oorlog dateerde Van Dantzigs verwachting dat in het bedrijfsleven belangstelling zou bestaan voor met name statistiek en rekentechnieken. Deze verwachting was ingegeven door zulke ontwikkelingen in de industrie en het verzekeringswezen als efficiënte bedrijfsvoering, kwaliteitscontrole en taylorisme. De verwachting werd in Nederland wel versterkt, maar niet wezenlijk beïnvloed, door de berichten over grote rekenmachines, over 'scientific warfare' en over Operations Research in de oorlog, berichten die in 1945-1946 niet veel meer zijn dan geruchten. Zo werd een lezing van de Engelse rekenexpert Hartree in april 1947 over 'The E.N.I.A.C.' aangekondigd met de toelichting: 'dit is de mysterieuze Amerikaanse elektronen-rekenmachine.'

4.1.a Contacten met research en bedrijfsleven

Het passeren van de stichtingsakte op 11 februari 1946 was eigenlijk niet meer dan een verdichtingspunt in de organisatorische en inhoudelijke voorbereidingen. De Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland (J.G. van der Corput, D. van Dantzig, J.F. Koksma, H.A. Kramers, M.G.J. Minnaert en J.A. Schouten) vormde samen met de beide voorzitters van de Amsterdamse Faculteiten voor Wiskunde en Natuurwetenschappen (J. Clay van de UvA, G.J. Sizoo van de VU) het Voorlopig Bestuur van de Stichting. Vooral Van der Corput, Van Dantzig en Koksma vergaderden, bespraken en overlegden. Met verhoogde intensiteit zette dit drietal zijn inspanningen voort, nadat het op 8 oktober 1946, samen met B.L. van der Waerden, was benoemd tot Raad van Beheer. Tot soms driemaal in één week kwamen zij bijeen.

Op 8 oktober werd de volgende stap gezet. Het Voorlopig Bestuur hief zichzelf op door het Curatorium te installeren, dat op zijn beurt de Raad van Beheer benoemde. De besprekingen van het Voorlopig Bestuur met de diverse overheden en industrieën waren intussen succesvol verlopen, getuige de samenstelling van het Curatorium (figuur 1) en de verkregen steun (figuur 2).

Jaren van berekening

Figuur 1:

Curatorium Stichting Mathematisch Centrum per 8 oktober 1946

prof.dr. J. Clay	(UvA, voorzitter)
prof.dr. J.A. Schouten	(secretaris)
mr. A. de Roos	(wethouder Amsterdam)
dr. G. Bolkestein	(namens OKW)
prof.dr. G.J. Sizoo	(VU)
prof.dr. C.B. Biezeno	(TH, TNO)
prof.dr. W.J.D. van Dijk	(BPM)
prof.dr. Balth. van der Pol	(Philips)
prof.dr. J.Th. Thijsse	(TH, TNO)

Nadien trad nog prof.dr. G.M. Verrijn Stuart toe en in 1948, namens TNO, prof.dr. H.R. Kruyt. Sizoo legde in 1947 zijn functie neer, omdat hij voorzitter werd van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.

De gemeente Amsterdam was naarstig op zoek naar een gebouw – begin 1947 werd tegen milde huur een verbouwd schoollokaal aan de Nieuwe Kerkstraat 124 betrokken – en zegde een jaarlijkse subsidie van f 25.000,- toe. Wethouder Mr. A. de Roos had namens de gemeente zitting in het Curatorium. Het departement van OKW gaf f 25.000,- voor 1946, beloofde voor volgende jaren meer, en liet zich vertegenwoordigen door oud-minister dr. G. Bolkestein. De overige curatoren zaten er niet formeel namens hun organisatie. Van Dijk van de Bataafsche Petroleum Maatschappij (Shell) en Van der Pol van Philips brachten wel geld mee (figuur 2). Het Curatorium hield zich bezig met beleid en toezicht op de werkzaamheden van de stichting, die werden uitgevoerd onder leiding van de Raad van Beheer.

Figuur 2:

Inkomsten en uitgaven Mathematisch Centrum 1946-1953								
	ZWO	TNO	Gemeente Amster- dam	derden ³	cursus- gelden	opdracht	uitgaven	Relais ¹
1946	25.000	-	25.000	12.500	-	-	53.100	-
1947	100.000	-	25.000	7.250	3.905	-	117.100	-
1948	102.287	-	25.000	7.560	2.960	12.500	162.140	19.047
1949	133.911	35.825	35.000	7.400	712	27.920	197.305	21.044
1950	148.072	31.930	40.000	7.500	1.096	18.101	226.202	28.440
1951	131.007	50.000	55.000	7.500	2.442	50.788	317.925	26.545
1952	133.180	55.000	40.000	7.500	4.012	57.164	350.852	39.856
1953	244.000 ²	60.000	40.000	20.000	4.067	65.686	407.082	52.164

1 Relais = aanschaf van onderdelen voor de bouw van een relaismachine. De som tot en met 1952, f 134.932,-, geeft een benadering van de totale materiaalkosten van de ARRA.

2 Extra f 88.000,-. Suppletoire begroting voor de Afdeling Statistiek i.v.m. de watersnoodramp.

3 Subsidies van derden, hieronder

	BPM	Philips	Smit*	CBS	Arnhem **	Assur***	IBM	part.
1946	5.000	-	-	-	-	7.500	-	-
1947	5.000	2.000	250	-	-	-	-	-
1948	5.000	2.000	250	100	150	-	-	60
1949	5.000	2.000	250	-	150	-	-	-
1950	5.000	2.000	250	100	150	-	-	-
1951	5.000	2.000	250	100	150	-	-	-
1952	5.000	2.000	250	100	150	-	-	-
1953	5.000	2.000	250	100	150	-	12.500	-

* Willem Smit Transformatorenfabriek

** NV Levensverzekering Mij Arnhem

*** Fonds 'Verenigde Assurantie Bedrijven'

Bronnen: Archief MC; Jaarverslagen MC

Op 15 januari 1947 ging de voltallige Raad van Beheer op bezoek bij het KNMI om de mogelijkheden te bespreken tot samenwerking en tot het verwerven van opdrachten. Directeur F.A. Vening Meinesz en de KNMI-staf hadden zich meer een werkbezoek voorgesteld. Ieder had wel een te moeilijke wiskundige opgave of een verzoek om advies. Een aantal van deze kwesties werd onverwijld door de bezoekende leden van de Raad van Beheer opgelost. In ieder geval was hiermee impliciet de vraag van het MC positief beantwoord.

Meestal met iets minder misverstanden voerde de Raad van Beheer besprekingen met een reeks potentiële partners, c.q. klanten: met Van Dijck en Van der Waerden van BPM (Shell); met Van der Pol van Philips; met Koning en Greidanus van het Nationaal Luchtvaart Laboratorium; met Rijks-

waterstaat; met het CBS; met de Vereniging voor Statistiek; enzovoorts. Bij TNO sprak men met O. de Vries en H.R. Kruyt, bestuursleden van de Centrale Organisatie TNO, en met E. van der Laan, Th.J.D. Erlee en A. de Mooy Czn van de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten; bij Rijkswaterstaat met J.J. Dronkers, het hoofd van de Mathematische Dienst.

De reacties waren unaniem positief wat betreft de behoefte aan wiskundigen met een praktijkgerichte opleiding. Greidanus van het NLL beklagde zich erover dat de wiskundigen, die het al wel in dienst had, zo'n lange inwerkperiode nodig hadden. 'Waarom bijvoorbeeld blijven bij de universitaire opleidingen velden als Elasticiteitstheorie, Aerodynamica enz. buiten beschouwing?'⁴ Greidanus en anderen waren dan ook graag bereid mee te werken aan het met Dronkers (Rijkswaterstaat) opgevatte plan om een cursus op te zetten over wiskunde en research.

- De cursus kwam er. In het voorjaar van 1947 spraken achtereenvolgens:
- Dr. J.J. Dronkers over wiskunde en research; een algemene inleiding over de verhouding tussen wiskunde en research en 'Toepassingen op waterstaatproblemen';
 - Prof.dr. Balth. van der Pol over 'Wiskunde en radioproblemen';⁵
 - Prof.dr. F.A. Vening Meinesz over wiskunde en geofysica: 'Physica van de vaste aarde';
 - E. van der Laan over 'Toepassingen van varians-analyse bij de verwerking der uitkomsten van biologische proefnemingen';
 - J.H. Greidanus over het probleem van het trillende draagvlak: 'Mathematische structuur van de draagvlaktheorie';
 - Prof.dr. B.L. van der Waerden over wiskunde en de problemen rond oliewinning en -verwerking: 'Wat heeft wiskunde met olie te maken?'

Het bijzondere van deze cursus zat misschien niet eens zozeer in de inhoud van de voordrachten als wel in het feit dat hij daar en op dat moment werd gehouden. Een publiek van onder meer aankomend wiskundigen werd aangesproken op het belang en de wiskundige aantrekkelijkheid van fysisch-technische en statistische problemen. Een vervolg kwam in het najaar van 1947 met 'Voordrachten over toegepaste wiskunde' door R. Timman, P. de Wolff en C. Campagne. In het voorjaar van 1948 gaf J.M. Burgers een serie lezingen over

4 Notulen Raad van Beheer, 27-11-1946. Archief CWI, K1a.

5 Van der Pol was bekend om zijn mathematische analyse van trillingsverschijnselen, vergelijk [Pol 1936] 'Trillingen' /Balth. van der Pol. In: *Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde* III-3/4 pp.65-84; 97-108 (1936). Een speciaal type differentiaalvergelijking, dat hij formuleerde, is naar hem genoemd.



Het Mathematisch Centrum bouwde snel contacten op met research en bedrijfsleven. Gesprekspartners waren onder meer J.J. Dronkers (linksboven) van Rijkswaterstaat, J.H. Greidanus (rechtsboven) van het Nationaal Luchtvaartlaboratorium, W.J.D. van Dijk (linksonder) van de Bataafsche Petroleum Maatschappij en B. van der Pol (rechtsonder) van Philips

aerodynamica: ‘Gasstromingen met hoge snelheden’⁶. Soortgelijke cursussen keerden regelmatig terug. Bovendien organiseerde het Mathematisch Centrum op het gebied van toegepaste wiskunde verschillende colleges en colloquia.

De besprekingen met de verschillende organisaties hadden een tweede doel, namelijk het verkennen van de mogelijkheden om het Mathematisch Centrum opdrachten te laten uitvoeren. Op dit punt waren de reacties veel terughoudender.

Het Mathematisch Centrum had zelf in 1946 ook nog geen grote rekenmachine, maar men praatte graag alsof die er de volgende dag al zou zijn. Voor zo’n machine zagen de diverse gesprekspartners wel emplot, massaal of complex rekenwerk wilden zij best overdragen aan het Centrum. Voor het overige waren de organisaties waarbij de Raad van Beheer aanklampie, aanvankelijk nogal sceptisch. Ten eerste zagen zij niet onmiddellijk welke problemen er lagen waar wiskundig onderzoek steun zou kunnen bieden. Ten tweede sluimerden er onmiddellijk competentiekwesties: de meeste van deze organisaties beschikten al over zoiets als een wiskundige afdeling. Met name TNO, NLL en Rijkswaterstaat waren op dit punt zelf al heel ver.

Greidanus (NLL) bijvoorbeeld vond dat een mathematicus die hem zou ondersteunen in zijn stromingsonderzoek beter aan het NLL zelf verbonden zou kunnen zijn, omdat direct contact met techniek en experiment vereist was. ‘Problemen die mathematisch geïsoleerd kunnen worden zijn er niet veel, of als ze er al zijn, zijn ze veel te formidabel.’ Greidanus dacht bijvoorbeeld aan het probleem van het trillend elliptisch draagvlak. Hij zou zijn eigen mensen zo’n probleem nooit opgeven, maar hij kon ook wel doorwerken zonder dat: ‘t is wel nuttig, maar niet onontbeerlijk.’ De Raad van Beheer wist Greidanus van zijn negatieve houding af te brengen met een beroep op langere-termijn-

6 De syllabi van deze cursussen waren de rapporten: MCAM 47 TC 1a,b; MCAM 47 TC 3; MCAM 48 TC 5. Overzicht in [M.C. Publications 1971] *M.C. Publications 1946-1971* (2 Vols.) Amsterdam: Mathematical Centre, 1971. De sprekers in de eerste cursus ontmoeten we reeds in dit hoofdstuk. R. Timman werkte op het NLL, zie verder hoofdstuk 6. P. de Wolff was op dat moment hoofd Bureau Statistiek van de Gemeente Amsterdam, zie ook hoofdstuk 5. C. Campagne zou in 1948 naast J. Engelfriet hoogleraar Actuariële Wetenschappen worden aan de UvA, zie hoofdstuk 5. J.M. Burgers was hoogleraar Hydro- en Aerodynamica aan de TH, leermeester van o.a. Timman en Van Wijngaarden, zie §2.3 en hoofdstuk 6.

denken⁷. In de genoemde cursus behandelde hij juist dat niet-onontbeerlijke probleem van de draagvlaktheorie.

TNO was aanvankelijk eveneens terughoudend; de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten was bevreesd voor concurrentie. Ook hier concludeerde men echter dat het overwegend statistische werk van de afdeling vragen opwierp die een meer mathematische behandeling vergden. E. van der Laan van die afdeling trad op in dezelfde cursus.

De terughoudendheid van TNO kreeg nog een staartje. Het Mathematisch Centrum vroeg namelijk, naast de ZWO-steun, ook subsidie aan bij TNO. Het bedrag waar het om ging, f 34.000,-, was zelfs aanzienlijk groter dan de f 12.000,- die TNO's eigen Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten kostte. Op 3 april 1948 vond de confrontatie plaats.

Van der Corput, Van Dantzig en Van Wijngaarden werden ontvangen door de Centrale Organisatie TNO, voorzitter H.R. Kruyt en bestuurslid O. de Vries. Aanwezig waren ook Van der Laan, Erlee en De Mooy Czn van de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten (TNO-ABW). Inzet was de subsidie; TNO wilde slechts f 5.000,- geven. In wezen vond hier het eerste grote gevecht plaats om erkenning van het Mathematisch Centrum. Het debat werd glansrijk gewonnen door Van der Corput, Van Wijngaarden en Van Dantzig. H.R. Kruyt en de andere TNO-vertegenwoordigers gingen definitief om, toen zij overrompeld werden met een reeks suggestieve voorbeelden van mogelijkheden voor het Mathematisch Centrum om in de TNO-sfeer wiskundig werk te doen, dat niet tot het terrein van genoemde afdeling behoorde, 'mogelijkheden zowel op het gebied van het numerieke rekenen als dat van het wiskundig denken'⁸. Kruyt vroeg ten slotte nog om een vertegenwoordiger van TNO in het Curatorium van het Centrum, een positie die hij later zelf zou bekleden. Hierdoor kende het Curatorium een derde kwaliteitszetel, naast de curatoren benoemd op voorstel van de minister van OKW en van de Gemeente Amsterdam. Biezeno en Thijsse zorgden reeds voor feitelijke connecties met TNO, maar zaten niet namens die organisatie in het Curatorium.

Tussen de Statistische Afdeling van het MC en TNO-ABW zouden in de jaren vijftig met regelmaat zogenaamde 'probleembesprekingen' plaatsvinden.

7 Notulen Raad van Beheer, 27-11-1946. Archief CWI, K1a. Het noemen van dit voorbeeld door Greidanus was niet echt aardig. Het was hetzelfde probleem dat hij in de oorlogsjaren aan Van Dantzig had opgedragen bij wijze van financiële en morele steun vanuit het NLL. Van Dantzig had er niets van terechtgebracht. Het probleem behoorde overigens tot het terrein waarop een van zijn medewerkers van dat moment, R. Timman, furore zou maken; zie §4.3 en hoofdstuk 6.

8 Resumé van deze bespreking 4-3-1948, bij Notulen Raad van Beheer. Archief CWI, K1a.

Voor de contacten met het verzekeringsbedrijf hoefde het Mathematisch Centrum zelf niets te doen. Uit deze hoek werd al langer gelobbyd voor een universitaire opleiding tot actuaaris. Aanvankelijk kwamen de initiatiefnemers met het verzoek een bijzondere leerstoel aan de Universiteit van Amsterdam te doen instellen vanuit de Stichting Mathematisch Centrum⁹. Tegen deze constructie tekende de Haagse subsidiegever bezwaar aan. Er kwam een aparte stichting; er bleven wel hechte banden. In 1948 werden J. Engelfriet en C. Campagne beiden bijzonder hoogleraar vanwege deze stichting.

Een ander automatisch contact was dat met de Bataafsche Petroleum Maatschappij, waar Van Dijck de verantwoordelijke man voor research was. B.L. van der Waerden trad in oktober 1946 toe tot de Raad van Beheer om er de toegepaste wiskunde, in de meer traditionele zin van mathematische fysica, onder zijn hoede te nemen. Maar Van der Waerden was op dat moment in dienst van BPM¹⁰. In het begin kwam hij 's zaterdags naar het Mathematisch Centrum naast vijf dagen per week voor de BPM in Den Haag. Nadat er, onder andere in het Curatorium, druk op Van Dijck was uitgeoefend om Van der Waerden los te laten, werd hij voor vijf dagen aan het Centrum verbonden en één dag in Den Haag. Indirect werd hij ook toen betaald door de BPM; de jaarlijkse subsidie van f 5.000,- benaderde Van der Waerdens salaris als hoofd van Afdeling Toegepaste Wiskunde¹¹.

- 9 Notulen Raad van Beheer 10-1-1947. Archief CWI, K1a. Vergelijk ook fig. 2. De traditioneel hechte contacten tussen universitaire wiskunde en verzekeringswiskunde kwamen met name naar voren in het Wiskundig Genootschap. [Haaften 1923] *Het Wiskundig Genootschap. Zijn oudste geschiedenis, zijn werkzaamheden en zijn beteekenis voor het verzekeringswezen* /M. van Haaften. Groningen: Noordhoff, 1923.
- 10 Van Dijck, op zoek naar wiskundige ondersteuning voor zijn groep, was in 1945 door bemiddeling van Freudenthal in contact gekomen met de juist uit Duitsland teruggekeerde en werkloze Van der Waerden. Van der Waerden werkte in Den Haag, niet bij het Amsterdamse researchlaboratorium. Naast het advieswerk – ‘wiskundig modelleren’ noemt hij dit achteraf (interview 17 mei 1985) – gaf Van der Waerden voor BPM een cursus mathematische statistiek. Vergelijk [Waerden 1957] *Mathematische Statistik* /B.L. van der Waerden. Berlin etc.: Springer, 1957.
Het ‘Voorwoord’ uit 1957 vertelt dat het boek ontstond uit deze cursus voor Shell. In het voorwoord van het gestencilde manuscript uit 1947 vermeldt Van der Waerden echter dat hij het schreef in de winter van 1944/1945, toen het oorlogsgeweld hem dwong zich terug te trekken in de bossen.
- 11 Van der Waerden genoot internationaal groot aanzien, vooral op grond van [Waerden 1930] *Moderne Algebra* (2 dln.) /B.L. van der Waerden. Berlin: Springer, 1930-1931. Hij was echter in de oorlog in Duitsland (hoogleraar in Leipzig (1931-1945)) blijven doceren en gold als ‘four’. Benoemingsvoordrachten in Utrecht en in Amsterdam strandden.
De Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, met name Clay en Van der Corput, zette zich in om hem desondanks aan de Universiteit van Amsterdam te verbinden, aanvankelijk op een leerstoel in de waarschijnlijkheidsrekening (brieven 12-10-1945 en ongedateerd 1945; Onderwijsarchief Amsterdam).
Men was dus wel maatschappelijk bewogen, politiek allerminst blind, maar nogal hooghar-

De reeks van initiatieven en contacten legde in korte tijd de basis voor een behoorlijke goodwill, in concreto voor een potentiële klantenkring. Met uitzondering van de tamelijk existentiële confrontatie met TNO, maart 1948, vonden al deze besprekingen plaats tussen het aantreden van de Raad van Beheer, oktober 1946, en maart 1947. Met deze en verdere organisatorische voorbereidingen ging ook de tijd heen. In de eerste maanden van 1947, een jaar na de oprichting, kon het inhoudelijke werk echt een aanvang nemen met opdrachten, onderzoek en cursussen. Gaandeweg werd de goodwill omgezet in concrete opdrachten, niet in de laatste plaats van de kant van de aanvankelijk terughoudende TNO, NLL en Rijkswaterstaat.

4.1.b Zij mogen uiteraard...

Gedurende het eerste jaar van zijn bestaan vormde het Mathematisch Centrum een ongedifferentieerde eenheid. Het enige afzonderlijke onderdeel dat men van meet af aan voor ogen had, was een Computing Department – met deze buitenlandse term aangeduid. Verder waren er tot midden 1947 geen aanwijzingen voor een voorgenomen onderverdeling. De taakverdeling die er was, vloeide voort uit de speciale bekwaamheden van de aanwezigen. Van Dantzig nam het onderzoek op het gebied van waarschijnlijkheidsrekening en wiskundige statistiek onder zijn hoede, Van der Waerden de toegepaste wiskunde.

In het najaar van 1946 werd de eerste 'Taakomschrijving voor den Raad van Beheer' opgesteld, het eerste beleidsstuk¹². In het Curatorium was het telkens Thijssen die aanspoorde tot zulke beleidsmatige helderheid en explicietheid, als bleek uit het opstellen van een taakomschrijving in zo'n vroeg stadium. In dit geval hadden de zelfbewuste en doelbewuste oprichters zijn aansporing waarschijnlijk niet nodig. Men was zich zeer bewust iets nieuws en iets nuttigs te verrichten.

Deze taakomschrijving wijst nog allerminst in de richting van aparte afdelingen. Te minder, waar duidelijk wordt dat maatschappelijke dienstbaarheid inmiddels voor allen het ongedeelde hoofdmotief is geworden.

tig door te verwachten dat de Gemeente Amsterdam wel over zulke bezwaren heen zou willen stappen terwille van het vasthouden van een groot wiskundige. In 1947 werd Van der Waerden bijzonder hoogleraar vanwege de voor dit doel opgerichte 'Stichting voor Hooger Onderwijs in Toegepaste Wiskunde' (na hem zouden Van Wijngaarden resp. Lauwerier deze leerstoel bekleden). In 1950 werd hij na een intensieve lobby van Clay en Van der Corput toch gewoon hoogleraar, zij het voor korte tijd. Nog datzelfde jaar aanvaardde hij een benoeming in Zürich. Omstanders schamperden over deze ostentatieve lobby dat het het hele doel en streven van Van der Corput en zijnen was geweest om Van der Waerden een leerstoel te bezorgen. Brouwer had in 1945 zijn veto uitgesproken over Van der Waerden aan 'zijn' Mathematisch Instituut en liet zich in het verdere verloop niet onbetuigd.

12 'Taakomschrijving voor den Raad van Beheer', ongedateerd (okt./nov. 1946). Archief CWI, K1a.

'a. Gezamenlijk zullen zij [de leden van de Raad van Beheer] zich door litteratuur-onderzoek, colloquia, disputen en dgl. op de hoogte stellen van de behoeften, die door wetenschappelijke werkers op aangrenzende gebieden worden gevoeld ten aanzien van de wiskunde. Op deze wijze hopen zij het Centrum voor een leidinggevende taak ten aanzien der toegepaste wiskunde zoo goed mogelijk toe te rusten. [...]

b. Uiteraard beteekent dit voor den Directeur [Van der Corput] en den secretaris [Koksma], die zich tot nu op het gebied der zuivere mathesis bewogen, dat zij zich moeten oriënteeren en inwerken. Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarloozen, maar zullen trachten de beoefening daarvan te bevorderen door leiding te geven aan cursussen en onderzoekingen over gebieden, die binnen het kader der Universiteiten niet voldoende tot hun recht komen. [...]

c. Met den Heer van Dantzig staat de zaak iets anders, daar deze zich reeds voor de stichting van het Centrum meer naar het terrein der toegepaste wiskunde had gericht. [...]

d. Wat den Heer van der Waerden betreft, moet men twee gevallen onderscheiden. Zoolang hij slechts in staat wordt gesteld, één dag per week zich vrij te maken van zijn werk bij BPM, lijkt het aangewezen, hem in staat te stellen, dien dag zoo productief mogelijk te maken voor zijn in de knel gekomen zuiver wetenschappelijk werk.

Een aantal belangrijke ideeën wachten op uitwerking, bovendien zijn eenige boeken op stapel gezet, maar voor de uitwerking van een en ander ontbreekt hem ten eenen male de tijd. Hij is bovendien bereid over enkele onderwerpen uit de zuivere en toegepaste wiskunde in colloquia samenvattende overzichten ten aanzien van den stand der problemen te geven. (alg. meetk., het orde-wanorde probleem).

Wanneer hij de geheele week ter beschikking van het Centrum kan stellen, zal hij zich bovendien intensief wijden aan de boven onder a bedoelde bevordering der toegepaste wiskunde. Met name zal hij dan een uitvoerigen cursus met aansluitende werkgemeenschap opzetten over de moderne problemen der mathem. physica (in den trant van de werken van Courant - Hilbert etc.).'

Een *werkgemeenschap*¹³ voor mathematische fysica, daar lag werkelijk een visionair project. Een 'didactische werkgemeenschap voor leeraren', met J. de Groot, H.J.E. Beth, A. Heyting en E.J. Dijksterhuis, was eveneens voorzien. In het eerste contact met de oprichters van de Vereniging voor Statistiek, de VVS, rees een soortgelijk idee, namelijk om de Sectie Mathematische Statistiek van de VVS te doen samenvallen met de desbetreffende activiteiten van het MC. Maar bij de volgende gelegenheid deed Van Dantzig het voorkomen of dit idee op een misverstand berustte. Noch dit samengaan, noch de werkgemeenschappen kwamen tot stand.

De plaatsbepaling van het Mathematisch Centrum ten opzichte van de wiskundige gemeenschap in Nederland was, zo bleek hier opnieuw, een minder goed

13 De term 'werkgemeenschap' kreeg later met de instelling van nationale werkgemeenschappen voor deelgebieden van de wiskunde (eind jaren zeventig) in het kader van de Stichting voor de Wiskunde Stichting Mathematisch Centrum een heel specifieke betekenis. Ook destijds duidde de term op intensieve samenwerking op nationale schaal.

doordacht facet van de opzet van het instituut. De Commissie tot Coördinatie had in haar optreden op dit punt al een blinde vlek getoond. Hoe de Raad van Beheer zich nu voorstelde de in de taakomschrijving aangeduide leiding te geven, hoe voor het MC een plaats als centrum in wiskundig Nederland veroverd moest worden, was nog niet uitgewerkt.

Het gemakkelijkst was de positionering ten opzichte van het buitenacademische deel van de wiskundige gemeenschap. De wiskundeleraren hadden, blijkens het functioneren van het tijdschrift *Euclides*¹⁴, geen moeite de academische wiskunde-beoefening als het centrum van deze gemeenschap te zien en het Centrum daarin als middelpunt te erkennen.

In gesprekken met 'vooraanstaande leraren' kwam de behoefte naar voren om 'de nieuwste ontwikkelingen' en de didactiek te bestuderen¹⁵. Uit Harlingen en Maastricht kwamen brieven met het verzoek cursussen te verzorgen in de 'Moderne Algebra' of de 'Getallentheorie'. Het contact met leraren was, zeker in de beginjaren, een van de meest herkenbare activiteiten van het Mathematisch Centrum. Ook het Rotterdamse dispuut Thomas Stieltjes was een actief afnemer van wiskunde. De vakantiecursussen voor leraren zouden de oudste traditie van het MC worden.

De belangstelling van leraren om de wiskunde bij te houden was niet nieuw. Deze nam juist af en daardoor vormden dergelijke cursussen nu een aanbod op maat. Was voorheen het merendeel van de hoogleraren zijn loopbaan begonnen als leraar, na de oorlog zou het hoogst uitzonderlijk worden dat een leraar naast zijn onderwijsstaak aan een proefschrift werkte. Ook de leraren maakten een professionalisering door. De aandacht verschoof van de wiskunde naar de beroepsuitoefening: naar de didactiek van de wiskunde. Hoewel dit laatste terrein wel de interesse had van Van Dantzig, speelde het MC er geen rol van betekenis.

Lastiger was het natuurlijk om de relatie met de directe burens op te bouwen. Binnen de kleine gemeenschap van wiskundigen die zich met onderzoek bezighielden, was het een precaire onderneming zich als centrum op te stellen. In eerste aanleg stond Kokksma, Van der Corput en Van Dantzig een zeer open structuur voor ogen. Biezeno, Freudenthal en Kloosterman zouden uitgenoo-

14 Het tijdschrift *Euclides* was ontstaan in 1924-1927 uit een debat over de didactiek van de wiskunde, waarin ook Van Dantzig zich mengde. Vervolgens ontwikkelde het zich tot huisorgaan van de wiskundige gemeenschap in Nederland. Inaugurale rede, portretten van hoogleraren, in memoriams en discussies over wiskunde werden erin afgedrukt. Toen *Euclides* later, rond 1960, een echt didactiek-tijdschrift werd, zou het die functie verliezen. Vgl. [Freudenthal 1987a p.335 e.v.] *Schrijf dat op, Hans. Knipsels uit een leven* / Hans Freudenthal. Amsterdam: Meulenhoff Informatief, 1987.
[Berkel 1996 H.5] *Dijksterhuis. Een biografie* / Klaas van Berkel. Amsterdam: Bert Bakker, 1996.

15 Notulen Raad van Beheer dd. 24-12-1946. Archief CWI, K1a.

digd worden om cursussen te geven; Van der Pol en De Bruijn moesten colloquia houden over 'de differentiaalvergelijking der relaxatietrillingen'.

Toch gebeurde er tussen de ruime en ruimhartige opzet van de 'Taakomschrijving' en de veel beperkter en geslotener uitwerking die volgde niets anders dan dat de Raad van Beheer met de uitvoering begon; niets dan dat het Centrum verhuisde van de bureaula van Van der Corput naar een schoollokaal aan de Nieuwe Kerkstraat. Er was een sfeerverandering, waarvoor waarschijnlijk in de eerste plaats de confrontatie met de werkelijkheid verantwoordelijk was. Niettemin maakte reeds deze nuance kritiek los. Freudenthals centralisme-kritiek van april 1947¹⁶ liet een irritatie doorschemeren die ook elders gevoeld werd, en bijvoorbeeld in Delft geuit werd. Het was een ergenis niet eens over de gedrevenheid, maar over de daaruit voortvloeiende stellige en weinig open stijl van opereren van de Raad van Beheer.

Het was een algemeen kenmerk van de vernieuwingsinitiatieven van 1945 – die met de veelheid van hun brochures en manifesten doen twifelen aan de papierschaarste –, dat ze het publieke debat ontbeerden en zich schuldig maakten aan vergaande projectie van de eigen denkwereld op de buitenwereld. Zo opereerde ook de Raad van Beheer van het MC alsof alle Nederlandse wiskundigen met hetzelfde vuur en in dezelfde richting gemotiveerd waren als hijzelf. Te gemakkelijk interpreteerde hij de overwegend positieve reactie op de oproep om toe te treden tot een 'Raad van Bijstand' van het MC als algemene instemming. De stormachtige activiteit bleef, zoals Freudenthal reeds vreesde, in hoofdzaak een Amsterdamse aangelegenheid, de missiegeest van de tot in Sittard verzorgde kadercursussen ten spijt.

Freudenthal zelf was overigens wel een actieve medestander. Zijn kritiek kon dan ook een opbouwende zijn en uitmonden in de cursus 'Numerieke en grafische methoden', gegeven in Utrecht onder auspiciën van het MC.

De kritiek van Freudenthal leek prematuur en niet vrij van persoonlijke gevoelens; hij was tenslotte van Amsterdam naar Utrecht gedirigeerd¹⁷. Toch signaleerde hij terecht dat de aandacht op het MC naar binnen gericht was. In de loop van 1947 werd inderdaad gewerkt aan de interne opbouw van het instituut. De Stichting pretendeerde een nationaal karakter te hebben, in feite viel ze samen met haar instituut. Het waren geen werkgemeenschappen van de Stichting, maar Afdelingen van het instituut die eind 1947 werden ingesteld.

Afdeling Zuivere Wiskunde onder leiding van Van der Corput en Koksma.

Afdeling Toegepaste Wiskunde onder leiding van Van der Waerden.

Statistische Afdeling onder leiding van Van Dantzig.

Rekenafdeling onder leiding van Van Wijngaarden.

16 De brieven zijn in extenso afgedrukt in [Zij mogen 1987 pp.141-148].

17 Vgl. §3.1.c

De naamgeving van de afdelingen verried een zekere hiërarchie. De Statistische Afdeling en de Rekenafdeling dacht de Raad van Beheer zich aanvankelijk als service-afdelingen gericht op uitvoerend werk en niet op zelfstandig wiskundig onderzoek. Bij volledige erkenning van statistiek als onderdeel van de wiskunde zou de Statistische Afdeling zeker 'Afdeling Statistiek' hebben geheten. Alle medewerkers werden bij de statistische consultatie betrokken, maar voor het overige was voor Van Dantzig aan het hoofd van deze afdeling de mogelijkheid tot het doen van zelfstandig wiskundig onderzoek geen twistpunt. Moeilijker lag dit voor de Rekenafdeling, waarvan in eerste instantie geen ander beeld bestond dan dienstverlening. Hier was het Van Wijngaarden die zich breed maakte voor eigen onderzoek, op een gebied waar dat nog in het geheel niet vanzelf sprak.

4.1.c De Afdeling Zuivere Wiskunde

Getaltheorie was het cement van het Mathematisch Centrum in het eerste decennium van zijn bestaan. Ze was niet alleen het eerste interessegebied van de leiders, Van der Corput en Koksma, van de Afdeling Zuivere Wiskunde, ze vormde ook de gemeenschappelijke interesse die als basis fungeerde voor een goed deel der externe contacten. Mahler, Mordell, Erdős en anderen kwamen op bezoek. Met de Delftse hoogleraar S.C. van Veen, ook primair getaltheoreticus, ontplooidde zich een intensieve samenwerking en zelfs de toch enigzins gepasseerde Leidse getaltheoreticus Kloosterman presenteerde zijn resultaten in het door de eerste medewerkers van de afdeling, J. Korevaar en F. van der Blij, georganiseerde Actualiteitencollege.

Dwars door alle veranderingen en nieuwe structuren heen bleef de pure belangstelling voor de wiskunde, in dit geval voor de getaltheorie, het bindend element waardoor een brede groep zich aangesproken voelde. De belangstellende leraren vroegen om cursussen 'Moderne Algebra' en 'Getallenleer'. Het was ook vanuit de getaltheorie dat Van der Corput een weg naar toepasbare wiskunde zocht.

In de afdeling Zuivere Wiskunde toonde zich het duidelijkst de dubbelheid van de motieven van Van der Corput en Koksma. Enerzijds stelden zij hun activiteiten in het perspectief van de toepassingen. Van der Corput organiseerde een colloquium 'Asymptotische Ontwikkelingen' waar hij met succes toepassers bij betrok. S.C. van Veen leidde samen met hem dit colloquium; onder de deelnemers bevonden zich verschillende toepassers en toegepast wiskundigen, bijvoorbeeld H.A. Lauwerier van BPM en A. van Wijngaarden. Dit colloquium (1947-1950) werd dan ook in tweede instantie tot de Afdeling Toegepaste

Jaren van berekening

Wiskunde gerekend¹⁸. Anderzijds wilden zij de zuivere wiskunde niet verwaarlozen.

Feitelijk bouwden zij voort op hun eerdere universitaire werk, hetgeen Koksma's toenmalige medewerker aan de VU, G. Grosheide, bij terugblik het commentaar op het voorjaarsrooster van het MC voor 1947 ontlokte:

'Wie het eerste voorjaarsrooster opslaat, is geneigd op te merken, dat met Van der Corput ook de getallentheoretische school van standplaats veranderde.'¹⁹

Vooraf vanuit de Afdeling Zuivere Wiskunde streefde men naar internationale erkenning, zowel door binnen wiskundig Nederland voorop te lopen als door buitenlandse contacten. Nationaal slaagden Van der Corput en Koksma er inderdaad in om enige uitwisseling en stimulans tot stand te brengen. Ook mensen als Kloosterman, Haantjes of Heyting, die verder geen intensief contact met het Mathematisch Centrum onderhielden, kwamen in de loop van de jaren veertig hun voordrachten en cursussen houden.

Speciaal gericht op internationale erkenning was de uitgave van de serie *Scriptum*. De MC-Scripta waren bedoeld als een prestigieuze eigen publicatierreeks van het MC om bijzondere resultaten van Nederlandse wiskundebeoefening in het Frans of Engels bekendheid te geven. 'La deuxième perle de la théorie des nombres', door J.G. van der Corput, zou in deze serie van zeven de bekendste en tevens de meest sfeertekende titel worden²⁰. Het was Van der Corputs privé-serie, vijf van de zeven waren van zijn hand en buiten deze publiceerde hij voor het Centrum slechts een paar colloquiumbijdragen.

Een vroeg succes op het punt van contacten behaalde het MC in januari 1947 met het verwerven van *Indigationes Mathematicae* als ruilobject. Dit tijdschrift was een selectie uit de Verslagen van de KNAW op het gebied van wiskunde en, op verzoek van het MC, haar toepassingen. Deze deal bracht een snel groeiend aantal tijdschriften binnen.

Internationale contacten vormden een sterk punt van de afdeling. Met name Van der Corput is nogal eens op tournee in België, Frankrijk of Zwitserland. Regelmatig ontving men buitenlandse gasten. Zo gaf Koksma met K. Mahler (Manchester) en L.J. Mordell (Cambridge) in mei 1947 een reeks

18 [Colloquium 1947] 'Colloquium Asymptotische Ontwikkelingen 1947-1950' /S.C. van Veen en J.G. van der Corput (eds.). Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MC AM 47 TC 4; 48 TC 8; 49 TC 12a t/m 12g; 50 TC 13*), 1947-1950.

19 [Grosheide 1965] 'In memoriam J.F. Koksma' /G.H.A.Grosheide Fwzn. In: *Jaarboek VU*. Amsterdam: VU, 1965.

20 *MC PM 48 SCR-1 t/m MC PM 51 SCR-7*; vijf bijdragen van Van der Corput, één van Koksma en één van Schouten.

voordrachten over 'Meetkunde der getallenleer'²¹. Verder passeerden beroemdheden als Szegö, Erdös en Rényi.

Afgezien van de persoonlijke inbreng van Koksma en Van der Corput was er geen sprake van een inhoudelijk beleid van de Afdeling Zuivere Wiskunde, wel van een gerichte ambitie. Men haalde zoveel mogelijk alles in huis, of te gast, wat hoog niveau had. Dit uitwendige beleid leverde qua onderwerpen een zeer breed en wisselend beeld op. Met hetzelfde gemak waarmee in het eerste decennium enige nadruk viel op de koningin van de wiskunde, de getaltheorie, kon in het tweede decennium een zwaartepunt komen te liggen bij haar presidente, de topologie. Volkomen in tegenstelling tot de taakstelling om zich toe te leggen op 'gebieden, die binnen het kader van de universiteiten niet voldoende tot hun recht komen', liep het onderzoek aan deze afdeling parallel aan of enigszins vooruit op de ontwikkelingen en modes in het universitaire onderzoek. Men deed er niet zoveel anders dan op een universitair Mathematisch Instituut had kunnen gebeuren, ware het niet dat er, met uitzondering van dat aan de UvA, geen Mathematische Instituten waren. Het MC liep dus voorop in organisatie van het onderzoek en in het creëren van het beroep wiskundig onderzoeker. Het bood zijn werknemers een opstapje en een selectie voor een academische carrière.

Intern was een consolidatie rond 1950 mogelijk, doordat de eerste opbouwfase was afgerond. Doorslaggevend daarbij was juist de externe factor dat er eenvoudig meer geld beschikbaar kwam, vijf medewerkers in 1951 tegenover twee in 1949. De grotere financiële ruimte in Den Haag voor het stimuleren van wetenschap hing, behalve met het definitief instellen van ZWO, samen met de Nederlandse industrialisatiepolitiek en met Marshallhulp uit de Verenigde Staten.

Het was echter ook de tijd van de Koude Oorlog, onder meer de Korea-crisis, en van de *brain-drain*. De medewerkers Korevaar, Nijenhuis en Kemperman en ten slotte ook Van der Corput vertrokken naar de Verenigde Staten. Vooral het vertrek van Van der Corput betekende natuurlijk een aderlating voor de Afdeling Zuivere Wiskunde en voor het Centrum als geheel. Desalniettemin bevestigde dit veeleer de consolidatie dan dat het die ondergroef. Beide verschijnselen, de gang van deze mensen naar Amerika en het beschikbaar komen van ruimere financiële middelen, hingen nauw samen en waren karakteristiek voor het tijdsbeeld van 1950.

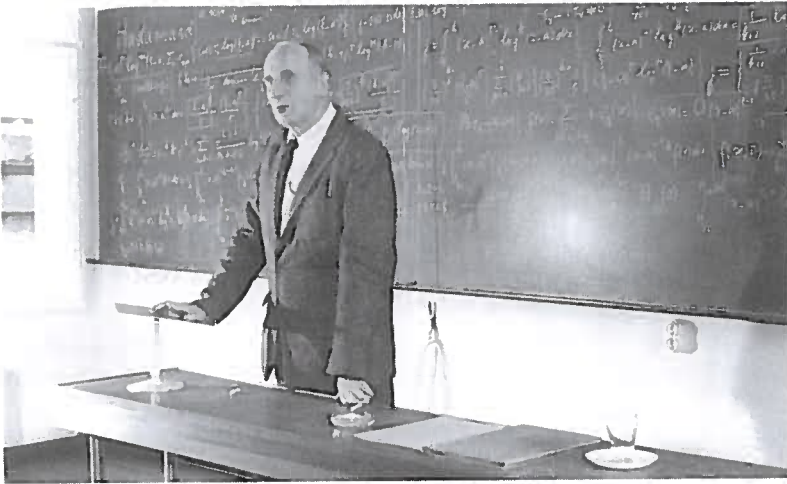
21 [Koksma e.a. 1947] 'Speciale onderwerpen uit de getallenleer. Meetkunde der getallenleer' (serie voordrachten voorjaar 1947) /J.F. Koksma, K. Mahler, L.J. Mordell. Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MC PM 47 2C-1*), 1947.

Jaren van berekening

Voor Van der Corput hield het een persoonlijke erkenning op internationaal niveau in dat hij het seizoen 1950-1951 als gasthoogleraar in Stanford kon doorbrengen. Hij keerde daarna nog maar voor korte tijd terug. Op 31 december 1951 scheidde hij zich in om een vaste aanstelling in Amerika te aanvaarden.

Zijn absentie op ICM 1954 werd hem hoogst kwalijk genomen, maar zijn latere bezoeken aan Nederland in 1956 en 1964 golden als 'een gebeurtenis'.

J.G. van der Corput bezocht in 1964 nog eens het Mathematisch Centrum om te spreken over 'Neutrices', een gebeurtenis.



4.1.d De Afdeling Toegepaste Wiskunde

Vanuit de gedachte van wiskunde als productiefactor had de Afdeling Toegepaste Wiskunde centraal moeten staan in het Mathematisch Centrum. Dat dit allerminst het geval was, was een paradoxale situatie waarvoor zowel interne als externe oorzaken aan te wijzen zijn. Veel curieuzer is echter het gegeven dat dit het Centrum nauwelijks heeft gestoord in zijn opbloei.

Buiten het MC waren juist op dit gebied de potentiële klanten niet bijzonder happig. Intern kampte men met personele problemen. De beschikbare mensen waren niet degenen die, zoals Van Dantzig dat wel was voor de statistiek, de vernieuwende concepten voor de toegepaste of toepasbare wiskunde aandroegen. Achter beide factoren lag dus ook een vakinhoudelijk probleem.

Extern, bij de verschillende bedrijven en researchinstellingen, had de Raad van Beheer terughoudendheid ontmoet. Immers, die waren voor een goed deel al voorzien. Het toepassen van wiskunde in de technische en natuurwetenschappen was bepaald geen nieuw gegeven. NLL, Rijkswaterstaat, Philips, BPM en TNO hadden reeds wiskundigen in dienst, althans mensen voor wiskundig werk. Het feit dat men Van der Waerden moest veroveren op BPM sprak in dit verband voor zich.

Toch lag er wel een afzonderlijke taak voor mathematisch-fysisch onderzoek en onderwijs. Dit bleek al uit de besprekingen en meer nog uit de opdrachten die daadwerkelijk binnenkwamen. Met name onderzoek naar water- en luchtstromen leverde fundamentele vragen op. Het merendeel van de technische wetenschappen maakte in deze periode een ontwikkeling door waarbij de wiskunde een wezenlijke stap verder doordrong. Het toepassen van wiskunde naderde dichterbij tot de uiteindelijke techniek. Dit had tot gevolg dat aan de wiskunde een nieuwe categorie vragen werd voorgelegd. Een belangrijk deel van deze categorie vragen werd behandeld in de Toegepaste Mechanica, het vakgebied van Biezeno en de Aero- en Hydrodynamica, dat van Burgers. Wat in deze vakgebieden gebeurde, was evenwel zelf ook aan ingrijpende veranderingen onderhevig. Delft kende sinds 1911 een leerstoel voor het eerste terrein, sinds 1918 voor het tweede. Het was vooral uit die hoek dat de stimulans kwam voor een uitbreiding en verandering van het toepassen van wiskunde. De Nederlandse wiskundigen konden niet bogen op een traditie in connectie met die ontwikkeling. Het Mathematisch Centrum liep hierin niet voorop.

Intern kampte de Afdeling Toegepaste Wiskunde met organisatorische problemen. Van der Waerden zou de afdeling leiden, maar hij was na zijn werk bij BPM en een studiereis naar de Verenigde Staten pas in 1948 beschikbaar. In 1950 vertrok hij alweer om in Zürich hoogleraar te worden.

Afgezien daarvan zou B.L. van der Waerden niet degene zijn geweest die het toepassen in nieuwe banen leidde. Met zijn wereldfaam in de zuivere wiskunde, waar hij met zijn *Moderne Algebra* juist wel een nieuwe trend heeft gezet, en in de klassieke toegepaste wiskunde, was hij te zeer een wiskundige omnivoer die

ook nog dit vak beheerste. Na hem was R. Timman een halfjaar, van oktober 1950 tot mei 1951, in deeltijd chef van de afdeling. Met Timman, de eerdergenoemde medewerker van Greidanus aan het NLL, had men wel iemand in huis die vanuit de klassieke toegepaste wiskunde nieuwe concepten aandroeg, maar hem wist men niet vast te houden. Timman zou even later in Delft wel de inspiratie en ruimte vinden om zijn ideeën over het toepassen van wiskunde gestalte te geven, het MC trok hem minder, hoewel hij altijd op enigerlei wijze op afstand bij het Centrum betrokken zou blijven.

Vanaf 1951 nam Van Dantzig de leiding waar, aanvankelijk samen met Van der Corput, toen samen met Van Wijngaarden en ten slotte alleen. Het tijdelijk waarnemen duurde tot zijn dood in 1959. Pas in dat jaar zou de afdeling met H.A. Lauwerier een eigen gezicht krijgen. Zo bleef de Afdeling Toegepaste Wiskunde in de eerste jaren klein en stuurloos. Van een wetenschappelijk beleid kwam al helemaal niets terecht. De afbakening ten opzichte van andere afdelingen was niet scherp en eerst in 1952 werden twee medewerkers specifiek binnen de afdeling aangesteld.

De vernieuwingen vanuit de klassieke toegepaste wiskunde waren ook aan het MC wel degelijk aanwezig, maar dit instituut was niet de plek waar de krachten gebundeld werden. Er vond een opeenvolging plaats van voordrachten, van cursussen door J.M. Burgers, J.A. Schouten en B.L. van der Waerden, en van researchcolloquia 'Wiskunde en Research' (1947), 'Wiskundige problemen uit de praktijk' (Timman 1950-1955) en klassieke colloquia, 'Methoden der Mathematische Physica' (Timman en Van Veen, 1951-1956)²². Er waren vanaf 1949 geregeld opdrachten. Een zekere constante in opdrachtgevers, het waterleidingbedrijf en de Deltacommissie, betekende echter nog geen inhoudelijk beleid voor de afdeling. De grote opdracht van de Deltacommissie was relatief belangrijk voor de Afdeling Toegepaste Wiskunde: ingrijpender voor deze afdeling dan de veel grotere statistische component van de opdracht was voor de Statistische Afdeling. Het vakinhoudelijk effect van deze opdracht viel evenwel in het niet bij de publicitaire en financiële opbrengst voor het MC als geheel.

Meer dan eens was de Rekenafdeling betrokken bij het uitvoeren van opdrachten. De interessantste opdracht uit het oogpunt van vernieuwing van het toepassen van wiskunde was het vraagstuk van 'de trillende vleugel in subsonie stroming', R53, maar deze opdracht had Timman in 1949 vanuit zijn positie bij het NLL juist rechtstreeks ingebracht bij de Rekenafdeling.

22 Cursussen meer door J.M. Burgers over Gas-stromen, door J.A. Schouten over Tensorrekening; Partiële differentiaal vergelijkingen (Pfaffs probleem); Integraalvergelijkingen; Relativistische mechanica) en door B.L. van der Waerden over Laplace-transformaties; Kristallografische groepen. De syllabi van deze cursussen en colloquia verschenen als de rapporten MC AM 47 TC 1a,b t/m MC AM 56 TC 25. Overzicht in [M.C. Publications 1971].

Het Mathematisch Centrum en zijn Afdeling Toegepaste Wiskunde fungeerden dus niet als middelpunt van de verbreding vanuit de toegepaste wiskunde. Van der Corput scheerde er langsheen met zijn asymptotische ontwikkelingen. Schouten en Van der Waerden bleven binnen de klassieke toegepaste wiskunde. Timman was veeleer degene die als centrale figuur verscheen. Hij was vanaf 1947 wel steeds nauw betrokken bij de activiteiten van het MC, maar er zelf te werken beviel hem zoals gezegd minder goed. In de jaren zestig zou hij, naar aanleiding van kritiek op het beleid van het Mathematisch Centrum, nog eens terugkeren maar dan als curator van de Stichting.

De afdeling kreeg dankzij de aanstelling van twee eigen medewerkers in 1952 en het aandeel in de opdracht van de Deltacommissie in 1953 een wat degelijker vorm. Elders vertoonde het vakgebied een duidelijk begin van consolidatie, met de benoeming van Timman in Delft. Aan het MC klonk wel het pleidooi voor een opwaardering van de toegepaste wiskunde, waren wel de voordrachten en cursussen te horen, maar werd niet het duidelijke voorbeeld gesteld. Men lijkt er weinig oog te hebben gehad voor de *veranderingen* die het gebied van de toegepaste wiskunde tezelfdertijd doormaakte.

De verbreding vanuit de klassieke toegepaste wiskunde betrof in het bijzonder nieuwe toepassingen in de technische wetenschap en tendeerde naar het incorporeren van waarschijnlijkheidsrekening en rekenwerk. Waar opdrachten aan het MC die elementen bevatten, kwamen ze veelal rechtstreeks bij de betreffende afdelingen terecht. Die waren beide van meet af aan ingericht op consultatie. Voor de klassieke toegepaste wiskunde was consultatie geen vertrouwd beeld. Het behoorde wel tot de toekomst. Tegelijkertijd had de traditionele afbakening van toegepaste wiskunde tot een deelgebied van de wiskunde, namelijk oplosmethoden voor differentiaalvergelijkingen, zijn geldigheid verloren. Deze overgangssituatie in de conceptuele ontwikkeling kan de aarzelende institutionele ontplooiing op dit punt wellicht enigszins begrijpelijk maken.

Het relatief achterblijven van dit terrein binnen het geheel van het Centrum vormde voor het MC kennelijk weinig belemmering. Er gebeurde wel degelijk het nodige binnen de afdeling en net als bij de zuivere wiskunde liep men een beetje vooruit op de ontwikkelingen aan de universiteiten, de TH in dit geval niet meegerekend. Het was vooral geen belemmering, omdat het volkomen gemaskeerd werd door de bloei van de Statistische Afdeling en de Rekenafdeling die wel die voortrekkersrol vervulden.

4.2 De Statistische Afdeling

De Statistische Afdeling was een geval apart. Hier sloeg de wiskunde-beoefening voor Nederland nieuwe wegen in. Van Dantzig zette zijn eigen lijnen uit, zodat zijn afdeling soms een afzonderlijk en uitzonderlijk leven leek te leiden.

Toch was juist deze afdeling exemplarisch voor het Mathematisch Centrum, omdat hier de achterliggende ideeën ten volle verwerkelijkt werden. Dat wat in de Afdeling Toegepaste Wiskunde niet van de grond wilde komen, gebeurde hier wel. Het was dan ook deze afdeling die in de jaren vijftig uitgroeide tot de grootste van het MC. Niet toevallig, het was tenslotte de afdeling van Van Dantzig, die ook het basisconcept voor het instituut had ingebracht. Of ze ook de grootste waardering oogstte, is een heel andere vraag. Niet iedereen, ook binnen het MC, had immers evenveel bewondering voor deze tak van wiskunde.

4.2.a Parametervrije toetsen

Hoeveel bewondering had Van Dantzig zelf voor de statistiek? Hij was in ieder geval uiterst kritisch over iedere pretentie om met statistiek voorspellingen te doen. Er bestaat, zo schreef hij eerder aan De Finetti²³, helemaal geen waarschijnlijkheidsrekening in de zin van een vooruitberekenen van kansen op werkelijke gebeurtenissen. Er bestond voor Van Dantzig slechts een wiskundige theorie van massaverschijnselen²⁴, een theorie waarvoor Kolmogoroff en Reichenbach in zijn ogen niet meer dan een axiomatiek hadden geboden. Op zichzelf zou deze theorie al een empiristische fundering behoeven, naast de axiomatische, om een empirisch-wetenschappelijke theorie te verkrijgen, net zoals er niet alleen een theoretische fysica was, maar ook een empirisch-wetenschappelijke fysische theorie. Problematisch bleef ook dan nog de verhouding tussen theorie en werkelijkheid. Daartussen bestond in zijn ogen net zomin als bij andere theorieën een inherente relatie. Alleen uit gewoonte zouden de men-

23 Briefwisseling D. van Dantzig - B. Finetti, mei-augustus 1941 (Archief Van Dantzig), naar aanleiding van [Dantzig 1941a] 'Mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening' /D. van Dantzig. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden*. *Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 8 (1941) pp.70-93. Het mondde uit in publicatie van de belangrijkste delen van deze brieven in [Dantzig 1941b] 'Punti di vista' /D. van Dantzig, met reactie van B. de Finetti en dupliek van Van Dantzig. In: *Statistica* (It.) 1941 pp.229-242.

24 'Ce "calcul de fréquences" s'occupe de ce que j'appelle des *collectifs*, c.a.d. des ensembles finis d'objets ou d'événements considérés comme semblables (ou "equiprobables") pendant l'investigation. Le calcul existe en un système de relations entre de tels collectifs.' Ibidem, D.v.D. aan B. de F. 8-6-1941. Het begrip collectief gaat overigens terug op Quetelet. De verbinding naar Van Dantzig loopt via Fechner, die het ontdeed van Quetelets determinisme, Bruns die afzag van de verdeling van een collectief en zo een begin maakte met de parametervrije benadering, en Von Mises. De titel van Van Dantzigs leerstoel, 'Leer der collectieve verschijnselen' (1946), weerspiegelde een positiebepaling binnen de mathematische statistiek.

sen de theoretische uitspraken volgen, in een sprong van doel op middel, garantie of zekerheid was er niet.

Van Dantzig verbond aan deze opvatting twee consequenties die kenmerkend zouden worden voor de stijl van statistiekbeoefening aan het MC. In de eerste plaats thematiseerde Van Dantzig die problematische verhouding wiskunde – werkelijkheid in zijn verhandelingen over het wiskundig model. In zijn colleges en publicaties en in het werk van de afdeling kwam deze kwestie steeds weer aan de orde. In de tweede plaats wist de statisticus, aldus Van Dantzig, meestal weinig omtrent de empirische gegevens en moest hij zich daarom zoveel mogelijk van aannames erover onthouden. Het was een dogma van de Statistische Afdeling nooit een ‘normale verdeling’ te onderstellen, zelfs in het geheel niets omtrent de parameters van de verdeling in het gevonden empirisch materiaal te veronderstellen. Liever beperkten de statistici van het MC zich tot de uitwendige vergelijking van collecties waarnemingsgegevens, tot de zogenaamde *parameter vrije methoden*. Wilcoxon's two sample test, de χ^2 -toets, de toets van Student en Hemelrijks tekentoets waren veel gebruikte voorbeelden. Zo groot was het vertrouwen in deze instrumenten dat men in 1950 begon ze te verwerken tot Memoranda, te gebruiken ter instructie en als standaardbijlage bij proefschriften en andere publicaties. Min of meer een taboe rustte op het woord ‘significant’; de rapporten gaven ‘uitspraken-behoudens-zekere-onbetrouwbaarheid’. De stijl was die van terughoudendheid en voorbehoud inzake zeggingskracht ten aanzien van de werkelijkheid. Met zekerheid, zo leerde Van Dantzig, waren alleen negatieve uitspraken te doen; een standpunt dat men ook buiten de statistiek zelf leek aan te hangen. Het MC verwierf de naam van ‘kerkhof van medische onderzoeken’²⁵. Grote stelligheid kenmerkte de aanvallen op ondeugdelijk bevonden beroep op statistische overwegingen in zulke kwesties als aantoonbaarheid van het effect van aardstralen of het fameuze wichelroede-onderzoek²⁶.

Van cruciaal belang was de nieuwe wijze van toepassen van wiskunde, toetsen in plaats van schatten. Waar vroeger een schatting werd gemaakt, waar de mathematische statistiek een schattingsleer was, daar werd nu een schatter opgesteld en die werd getoetst. Een schatter is een stochast, een wiskundig object. Kunnen we ‘schatting’ beschouwen als een begrip uit de gewone taal, in de betekenis van benadering, een ‘schatter’, in het bijzonder ‘zuivere schatter’, is een

25 Het zijn de statistici zelf die deze kwalificatie als een epitheton ornans aanhalen. Bijvoorbeeld Hemelrijk in interview, 14 oktober 1983.

26 [Dantzig/Hemelrijk 1954] ‘Verdere wiskundige analyse van de uitkomsten van enkele proeven en waarnemingen’ /D. van Dantzig en J. Hemelrijk. In: *Appendix verslag van de werkgroep voor landbouwkundig onderzoek inzake het wichelroede probleem*. Amsterdam: KNAW, 1955. (Hoofdstuk XI pp.108-116). Ook: Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MC SD 54 SD-18r*), 1954.

wiskundig begrip uit de schattingstheorie die een onderdeel is van de tegenwoordige mathematische statistiek. Waren voorheen voor het maken van schattingen bepaalde wiskundige technieken nodig, voor het toetsen was een samenhangend wiskundig model vereist.

De 'uitspraken-behoudens-zekere-onbetrouwbaarheid' maakten een voorbehoud ten aanzien van de relatie tussen wiskunde en werkelijkheid. De uitspraak over de werkelijkheid was nu betrekkelijk: relatief aan zekere betrouwbaarheidsgrenzen. Dit was zelf een nieuwe mathematische uitspraak. De overeenstemming tussen wiskunde en empirie werd nu één niveau hoger gezocht.

In vergelijking met de in het schatten impliciet gemaakte veronderstelling van een strikte correspondentie tussen beide werd hier de relatie expliciet gesteld en gethematiseerd. Ten eerste had dit zelf weer een wiskundige neerslag, ten tweede waren nu andere relaties dan de strikte correspondentie denkbaar geworden.

Ten eerste, de reflectie op de vroegere verhouding wiskunde-werkelijkheid werd nu ook omgezet in wiskunde: een wiskundige theorie over de verhouding wiskunde-werkelijkheid. De wiskundige verwoording van 'schatting in haar relatie tot ... (tot de empirische grootheid)' werd nu 'schatting met betrouwbaarheidsinterval'. Het betrouwbaarheidsinterval was de mathematische reflectie van de relatie tussen schatting en empirische grootheid. Wanneer zo het schatten in de wiskunde is opgenomen, ontstaat er één niveau hoger een nieuwe verhouding tussen wiskunde en werkelijkheid, die van het toetsen. Bij het schatten bleef het mathematische model veelal impliciet. Bij het toetsen daarentegen stond het *wiskundig model*, in casu waarschijnlijkheidstheoretisch model, voorop. Aan dit model werd de te toetsen hypothese ontleend. De statisticus, zei van Dantzig, toetst als het ware het hele model. Toetsen bood dus een concreet voorbeeld van het modelleren dat Van Dantzig als algemene procedure van empirische wetenschap introduceerde.

Ten tweede, men zocht in het toetsen opnieuw naar overeenstemming tussen wiskunde en werkelijkheid, maar nu één niveau hoger, overeenstemming tussen wiskundig model en empirische toedracht. De gezochte overeenstemming kon eventueel opnieuw strikte correspondentie zijn, zoals in Van Dantzigs frequentistische interpretatie van het toetsen, noodzakelijk was dat niet. Nu eenmaal over die relatie was nagedacht, was er de vrijheid die anders in te vullen. Zo raakten sinds die tijd simulatie en het gebruik van black-box-modellen in zwang, waarbij veel lossere vormen van overeenstemming tussen model en empirie golden – overeenstemming die geregeerd werd door andere criteria dan het waarheids criterium, zoals nut of functionaliteit. Hoewel Van Dantzig het economisch nut van toepassingen van wiskunde bepleitte, heeft hij deze weg

nooit bewandeld. Hij nam zelf nergens de vrijheid om in het toepassen een ander dan het waarheidscriterium aan te leggen²⁷.

Het bijzondere, en in zekere zin het beperkte, van de parametervrije methoden, waarnaar Van Dantzig en zijn leerlingen onderzoek verrichtten, was dat de hier gezochte overeenstemming tussen model en werkelijkheid de strikt eenduidige correspondentie was. Er werd weinig geëist in deze modellen, geen veronderstellingen omtrent de parameters van de verdelingsfuncties. Maar van wat er verondersteld was, werd strikte correspondentie met de werkelijkheid geëist. Van dat weinige werd, met andere woorden, waarheid geëist. Curieus was dit minimale beroep op de waarschijnlijkheidsrekening voor iemand die de statistiek als toegepaste waarschijnlijkheidsrekening wilde zien. Opmerkelijk ook was het dat hij de vrijheid in het toepassen van wiskunde zocht in vergaande abstractie, in de parametervrijheid die het voordeel van de algemeenheid bood. Dit was opmerkelijk in combinatie met het gegeven dat Van Dantzig het wiskundig modelleren introduceerde, de werkwijze die zoveel keuzevrijheid verschafte in veronderstellingen omtrent de relatie wiskunde-werkelijkheid. Het was opmerkelijk, maar wel begrijpelijk in samenhang met de aangehangen frequentistische opvatting van statistiek, volgens welke men geneigd is om waarschijnlijkheidstheoretische uitspraken letterlijk te nemen.

Terwijl de overgang naar wiskundig modelleren de mogelijkheid opende van diverse vormen van overeenstemming tussen wiskunde en werkelijkheid te veronderstellen, hielden Van Dantzig en de zijnen vast aan die ene bekende, en beperkte, vorm: waarheid.

4.2.b Bloei van de consultatie

Trad in de Afdeling Zuivere Wiskunde het duidelijkst de dubbelheid van de ideeën achter het Mathematisch Centrum aan het licht, in de Statistische Afdeling manifesteerde zich de eenheid van deze ideeën. De werkelijkheid was echter ook hier weerbarstig; in de praktijk kwam de afdeling maar moeizaam uit de startblokken. Aan opdrachten was er geen gebrek. Reeds in december 1946 nam Van Dantzig een opdracht aan van de Stoommeelfabriek 'Holland' om de invloed van de kwaliteit van het meel op het volume van het brood te onderzoeken. Het onderzoek werd uitgevoerd door de allereerste werknemer van het MC, J. de Jager, die in december 1946 en januari 1947 assistent van Van Dantzig was²⁸. Van Dantzig was zelf in 1939 begonnen met het verzamelen van voor-

27 In de praktijk van de consultatie traden wel degelijk andere criteria in concurrentie met het waarheidsstreven. Van Dantzig wees hier ook op in [Dantzig 1954a] 'De verantwoordelijkheden van de statisticus' /D. van Dantzig. In: *Statistica* 7 (1954) pp. 199-208.

28 Notulen Curatorium, jan. 1947. Archief CWI, K1a. Vgl. *Rapport MC SD 48 S-2*. Hans de Jager studeerde wiskunde en was secretaris van de Vrije Katheder-werkgroep over het annexatievraagstuk, waarvan Van Dantzig voorzitter was. De Jager vertrok in februari 1947 en begon een carrière als verzekeringswiskundige. Interview J. de Jager, 28-3-1989.



De Statistische Afdeling in 1951: v.l.n.r. gehurkt Benard, Van Leeuwen, Sandbergh; staand Van Elteren, De Boer, Hemelrijk, Van Eeden, Van Klinken, Klerk-Grobbe, Prins, Terpstra.

beelden van gebruik van mathematische statistiek. In en vlak na de oorlog deed hij enige ervaring op met praktische opdrachten in de medische en verzekeringsfeer²⁹.

De startproblemen van de Statistische Afdeling waren voor een belangrijk deel te wijten aan een volstrekt gebrek aan kader. Er waren geen medewerkers te vinden, althans geen mensen die Van Dantzig gekwalificeerd achtte om hem te assisteren; hij stelde extreem hoge eisen³⁰. Een van de eerste activiteiten van de afdeling was dan ook het geven van een kadercursus mathematische statistiek in 1947/1948 in Den Haag, mede op verzoek van de Vereniging voor Statistiek. Dr. J.J.J. Dalmulder verzorgde een gedeelte over elementaire en beschrijvende statistiek, Van Dantzig over mathematische statistiek³¹.

- 29 1. Voorbeelden in Archief Van Dantzig: statistisch onderzoek naar kosten van medicamenten en naar verwijzingen naar specialisten door huisartsen uit 1946. Uitgevoerd samen met J. de Jager.
2. Vergelijk [Kokma 1959] 'In Memoriam David van Dantzig' /J.F. Kokma. In: *Synthese* XI-4 (1959) pp.329-334.
3. In Statistiek-archief: dossier 'De Veenhoop' Brandschadeverzekering (uit 1944); dossier Van Dantzig, o.m. geofysische meetgegevens van Schermerhorn uit 1930.
- 30 Interviews J. Hemelrijk (12-10-1983), G. de Leve (6-10-1986).
- 31 *Rapport MC SD 48 SC 1a.1*. Dit was een andere cursus dan die voor medici en biologen, die door J. Korevaar en F. van der Blij en later door W. Peremans, medewerkers van de afd. ZW, werd gegeven.

In september 1948 trad H. Theil in dienst als medewerker van Van Dantzig, in januari 1949 J. Hemelrijk. De laatste werd speciaal belast met het uitvoeren van externe opdrachten. Vanaf 1950 kon de afdeling zich versterken met een echt groeiend aantal assistenten en medewerkers. Toch dreigde ze bedolven te raken onder het opdrachtenwerk. Nog in datzelfde jaar 1950 volgde een beleidswijziging. Hemelrijk werd souschef voor de Statistische Consultatie en samen met Van Dantzig stuurde hij aan op meer zelfwerkzaamheid bij de klanten. Het concrete resultaat was de serie memoranda³², handleidingen die in een paar velletjes de werking van Wilcoxon's Two Sample Test, de χ^2 -toets of andere toetsen verklaarden. De memoranda dienden ter instructie, maar ook als standaard bijlagen bij rapportage over de opdracht. De wiskunde zou immers algemeen inzetbaar zijn...

Het opstellen van de memoranda kostte weinig moeite, want er werd toch al in dezelfde stijl gewerkt. Of de opdracht nu ging over groeiproeven met *Wistar*-ratten of over het vergelijken van draadknoopmachientjes, de rapporten waren geschreven volgens een vaste driedeling:³³

- algemene, voor iedereen leesbare, inleiding en samenvatting van de resultaten;
- behandeling van het probleem op het niveau van de desbetreffende discipline (biologie, medische wetenschap e.d.);
- appendix waarin de gebruikte wiskunde uit de doeken wordt gedaan en verantwoord.

Even streefde men ernaar de inbreng van de afdeling beperkt te houden tot het laatste, wiskundige deel. Voorwaarde hiervoor was dat de klant de omzetting van zijn eigen probleem in een wiskundig model zelf zou weten te verrichten. Dat was wat optimistisch gedacht en het was strijdig met wat nu juist de sterke kant was van de afdeling, Statistische Consultatie. Bovendien strookte het niet met de visie van de afdeling op consultatie: dialoog om erachter te komen wat de klant 'eigenlijk' wilde.

Het overdragen van werk aan de opdrachtgevers slaagde maar gedeeltelijk. Het lukte nog het beste daar waar de afdeling een vaste klantenkring had ver-

32 *Rapport MC SD 50 SM-6 t/m 50 SM-18.*

33 Deze indeling was geen monopolie van de statistici van het MC. Een wonderschoon voorbeeld van elders uit dezelfde periode is [Sittig/Freudenthal 1951] *De Juiste Maat. Lichaamsafmetingen van Nederlandse vrouwen als basis van een nieuw maatsysteem voor damesconfectiekleding* /J. Sittig en H. Freudenthal. Leiden: Stafleu (voor De Bijenkorf NV), 1951.

Deze rapportagevorm was weliswaar vrij algemeen – ze was bijvoorbeeld ook overheersend in de rapporten van het NLL –, maar verschilde sterk van de veel bondiger toelichting in de rapporten van de Rekenafdeling. Onderscheidend stijlkenmerk van de procedure van de Statistische Afdeling was de heldere schrijfrant, op het principiële af: alle voorbehouden werden vermeld.

worven, op het terrein van medische en biologische proefopzetten. Het gebeurde ook dat mensen uit die hoek, het Amsterdamse Wilhelminagasthuis bijvoorbeeld, stage liepen op het Mathematisch Centrum. Chr. L. Rümke, de latere hoogleraar medische statistiek, was een van die mensen; met hem werd een zeer intensief contact opgebouwd³⁴.

Van Dantzig en zijn leerlingen hechtten groot belang aan een goede vertaling van een vraagstuk naar wiskunde en terug. Het vertaalthema keerde telkens terug, meestal aangeduid als 'inschakelen en uitschakelen van het formalisme'. Het was een typisch signifisch thema, het onderling begrip tussen wiskundige en cliënt, dat dan ook een prominente plaats kreeg in de inleidingen van de statistiekcolleges en in de publicaties, met name in die over statistische consultatie³⁵. In het concrete consultatiewerk van de afdeling kwam de aandacht voor communicatie en vertaling tot uitdrukking in de algemeen toegankelijke, zij het soms erg beknopte, inleidingen van de rapporten en in het doorvragen naar de eigenlijke bedoeling van de klant. Dit doorvragen noemt Hemelrijk bij terugblik een *socratische dialoog*: zich opstellen als de (schijnbaar) onwetende om niet verstrikt te raken in verborgen vanzelfsprekendheden of in paradoxen, en om een zo helder mogelijke formulering van de doelstelling te bereiken³⁶. Men mocht nu verwachten dat de terugvertaling opnieuw een dialoog zou zijn, maar in feite was dit hoogst zelden het geval. Slechts een enkele klant had de euvele moed het te melden, wanneer hij een rapport niet begreep. Gewoonlijk was het rapport het eindpunt van de consultatie. Omgekeerd hamerde Hemelrijk er telkens op dat de communicatie tussen statisticus en experimentator in een vroeg stadium moest beginnen. Hij was juist niet tevreden 'als er maar statistiek gebruikt werd'. Statistiek was in zijn ogen niet zo iets als controle achteraf, het was veeleer een weg waarlangs wiskunde haar verhelderende werking kon hebben.

'Daarom kan niet vroeg genoeg begonnen worden de vraagstelling van de experimentator te preciseren. Weloverwogen toepassing van statistiek vereist een goede communicatie tussen statisticus en opdrachtgever of adviesvrager. De vraag moet

- 34 Vergelijk [Rümke 1958] 'De taak van de medische statistiek' /Chr.L. Rümke. In: *Statistica Neerlandica* 12 (1958). [Rümke/Eeden 1961] *Statistiek voor medici. Korte inleiding* /Chr.L. Rümke en Constance van Eeden. Leiden: Stafleu, 1961.
- 35 [Dantzig 1953] 'Het wiskundig model in de ervaringswetenschappen' /D. van Dantzig. In: *Euclides* 29 (1953) pp.35-41. [Dantzig 1954a]; [Dantzig 1954b] 'Wiskundig consultatie in de praktijk' /D. van Dantzig. In: *Euclides* 30 (1954) pp.53-67. [Hemelrijk 1954] 'Statistiek en praktijk' /J. Hemelrijk. Rapport MC SD 54 S-153. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1954.
- 36 J. Hemelrijk (interview, 12-10-1983). Hemelrijk gebruikte net als Socrates deze techniek om het gesprek te sturen. Zoals Socrates degene was die telkens de conclusies verwoordde, zo was Hemelrijks statisticus degene die bepaalde of de formulering van de doelstelling voldoende helder en ondubbelzinnig was geformuleerd. Vgl. [Mettrop 1986] 'Socratische dialogen in de statistische consultatie' /M.W. Mettrop. Afstudeerscriptie UvA, 1986.

Jaren van berekening

duidelijk zijn en de geschikte statistische hulpmiddelen moeten erbij gezocht of gecreëerd worden. Dan is er pas een kans om aan de uitkomsten van het statistisch onderzoek praktische betekenis toe te kennen³⁷.

Deze consultatiestijl lijkt nogal vanzelfsprekend, zeker voor Nederlandse statistici. Hij was dat in de naoorlogse jaren allerminst. Ten eerste week Van Dantzig opvatting juist op het punt van de relatie wiskunde-werkelijkheid af van de invloedrijke denkbeelden van de Wiener Kreis. Zijn nuancering van het neopositivisme en de daarmee samenhangende aandacht voor communicatie was ingegeven door signifiante denkbeelden en in die zin typisch Nederlands. Ten tweede vond, in vergelijking met de statistische analyse die in het bedrijfsleven tezelfdertijd in opkomst was, in de consultaties aan het MC een veel directere confrontatie met de wiskunde plaats. Hierin en in de expliciete reflectie op de verhouding tussen wiskunde en werkelijkheid onderscheidde de Statistische Afdeling zich van andere groepen statistici, zoals die rond Hamaker bij Philips, die rond Van Ettinger en het Bouwcentrum en die rond Tinbergen en het CPB.

We kunnen met recht stellen dat Van Dantzig met zijn doordachte aanpak van het toepassen van mathematische statistiek school heeft gemaakt. Een school was het natuurlijk toch al, doordat de eerste naoorlogse generaties mathematisch-statistici bij hem in de collegebanken zaten. Een aantal wiskunde-studenten kwam naar Amsterdam speciaal vanwege de mogelijkheid om in deze richting af te studeren³⁸. Bovenal was het een school door een duidelijke karakteristiek: meer nog dan in de frequentistische opvatting over de grondslagen van de statistiek, bestond deze in de weloverwogen aanpak van de toepassingen.

In 1948 verschenen vijf opdrachtrapporten, vanaf 1949 tussen de twintig en dertig per jaar; tot en met 1960 in totaal 263. In de loop van de jaren zestig namen de aantallen af. De totale aantallen statistische consultaties, afgezien van korte eenmalige adviezen, zullen hiervan niet veel afwijken. In een schrift dat Hemelrijk bijhield staan geen opdrachten vermeld, waar geen rapport van is verschenen. De korte adviezen betroffen vaak niet meer dan een verwijzing naar de adequate literatuur³⁹. Een bonte lijst consultatie-onderwerpen werd behan-

37 J. Hemelrijk in interview, 12-10-1983.

38 Interviews met G. de Leve, 6-12-1989; J. Kriens 14-12-1989; J.F. van Haastrecht 20-2-1989. Buiten de wiskundewereld was overigens de zichtbaarheid van Tinbergen en de Rotterdamse econometrie veel groter dan die van Van Dantzig en de Amsterdamse statistiek.

39 'Gastenboek Statistische Afdeling'. Dit zogenaamde 'schriftje van Hemelrijk' is bijgehouden, niet 100% volledig, van februari 1949 tot september 1950. Het vermeldt 30 bezoeken, waarvan 14 eerste besprekingen die tot een opdracht met rapport leidden, verder mondeling afgehandelde adviezen en hulp bij het zoeken van literatuur.

Het Statistiek-Archief in het Archief CWI bevat een schat aan informatie in een complete

deld. Zoals gezegd was er veel biologisch en medisch onderzoek bij: groeiproeven met Wistar-ratten, meten van vogelsnavels, $n+1$ vormen van bloedonderzoek, voedingsonderzoek bij zwangere vrouwen. Daarnaast betroffen de opdrachten zaken als inkomstenbelastingtarieven, palingvangst, wasmiddelen (dosering en vergelijking), textielvezelsterkte, de speelautomaat Turf King no. A.B.8716; verder kwaliteitscontrole, vliegtuigwachttijden, het keuren van thermometers of bromfietsen.

Een flink aantal opdrachten was inderdaad afkomstig uit het bedrijfsleven, deels uit de industriële biochemische research, deels uit de sfeer van industriële productie. Van Dantzigs verwachting bij de oprichting van het MC kwam uit. Van industriële zijde kwam overigens geen systematisch aanbod van opdrachten, zoals uit de medische en biologische wetenschap, wel waren er dikwijls vervolgoopdrachten en clusters van vergelijkbare onderwerpen.

De aard van de consultaties was uitdrukkelijk *mathematisch* statistisch; meta-statistisch is misschien een betere aanduiding. De klanten waren over het algemeen zelf statistici of statistiek gebruikende empirische wetenschappers. De Statistische Afdeling fungeerde niet zomaar als raadgever, ze profileerde zich als hoogste autoriteit op mathematisch-statistisch terrein. Representatief voor deze positionering waren de probleembesprekingen met de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten van TNO, tot stand gekomen onder de kruitdampen van het subsidiegevecht. Het eigen domein van de medewerkers van de Statistische Afdeling was het appendixwerk, de wiskunde *over* de mathematische statistiek. Daar waren zij wiskundigen, net als de andere MC-medewerkers. Het waren ook deze aanhangsels die de inspiratie boden voor eigen onderzoek, zoals de proefschriften van J. Hemelrijk, C. van Eeden, G. de Leve, T.J. Terpstra en anderen. Zo'n appendix kon gemakkelijk de helft van een consultatierapport uitmaken.

De eigenlijke behandeling van de gestelde vraag, de kern van het rapport, kreeg bewust of onbewust vaak het aanzien van een voorbeeld. Soms gaf men niet meer dan een voorbeeld hoe gegevens als *deze* te verwerken of hoe een proef als *deze* op te zetten, maar ook wanneer het MC de bewerking van de meetgegevens op zich nam, lag er evenveel nadruk op de redeneerstappen als op de uitkomst. Het consultatiewerk zat in de verbinding tussen appendix en behandeling. De correspondentie met de klant ging telkens over de kwestie welke stappen en conclusies binnen het wiskundig verantwoordbare lagen – klanten hadden dikwijls moeite met de negatieve formulering van de uitkomsten –, en in niet mindere mate over de vraag hoe de gegevens verzameld moesten worden

collectie dossiers van al die consultaties. W. Mettrop heeft aan de hand van enkele voorbeelden het consultatie-proces geanalyseerd en de rijkdom van dit materiaal laten zien [Mettrop 1987] 'Consultaties aan de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum' /W. Mettrop. In: [Zij mogen 1987 pp.198-213].

opdat deze zich zouden lenen voor wiskundige bewerking – met andere woorden, over de vraag hoe de *mathematisering* voltrokken moest worden.

4.2.c De Afdeling als bakken

De Statistische Afdeling was in de jaren vijftig een bloeiend bedrijf. De sfeer was opgewekt en zelfbewust. De medewerkers en assistenten waren misschien niet allen zo fanatiek als de gedreven Van Dantzig en de ijverige Hemelrijk, ze waren toch zo geïnvolveerd in het werk van de afdeling dat de academische carrière op de tweede plaats kwam. Afstuderen en promoveren ging niet sneller voor wie aan het MC werkte, maar de betrokkenen wisten zich verzekerd van een zonnige loopbaan.

Vanaf 1950 verliep de consultatie vlot op een constant niveau. Meer financiële ruimte bracht vooral meer ruimte voor eigen onderzoek. Het verwerven van de Delta-opdracht in 1953 betekende in financiën en prestige een stevige consolidatie⁴⁰. Intern was het gewoon een grote opdracht, zij het een zeer herkenbare, binnengehaald dankzij de goede contacten met de technische research, dankzij curator Thijsse en dankzij de onverwijldde actie van Van Dantzig. Extern gaf het het MC aansluiting op een nationale onderneming.

Een onderdeel van de opdracht inspireerde Van Dantzig ertoe om met de ingenieurs op hun eigen terrein de strijd aan te binden. Het ging om het bepalen van de Deltahoogte: de veiligheidsnorm voor de dijkhoogte. Van Dantzig en Hemelrijk analyseerden de frequentie van overschrijdingen dat bij een zekere dijkhoogte en adviseerden op grond hiervan een bescheidener Deltahoogte. Na fikse discussies bracht het machtswoord van de Waterstaatingenieurs uitkomst.

In kleinere kring stond de Statistische Afdeling al langer centraal in een netwerk. Om te beginnen binnen de VVS, de Vereniging voor Statistiek, wier oprichters Van Dantzig vol hoogachting benaderd hadden met het verzoek een cursus te verzorgen en leiding te geven aan de Sectie Mathematische Statistiek. Vooral Hemelrijk was actief in de Vereniging, onder meer jarenlang als hoofdredacteur van *Statistica*. Dit blad fungeerde tevens als standaard publicatiekanaal voor de afdeling, althans voor de consultatiegebonden producten; wiskun-

40 [Dantzig 1954c] 'Mathematical Problems Raised by the Flood Disaster 1953' /D. van Dantzig. In: *Proceedings International Congress of Mathematicians* (Amsterdam 1954) Vol I pp.218-239. Zie ook: [Beschouwingen 1960] *Beschouwingen over stormvloed en getijbeweging (Rapport Deltacommissie, Bijdragen Deel 3. II 1 - 5 Bijdragen Mathematisch Centrum)* /'s-Gravenhage: Staatsuitg., 1960.

P. de Wolff heeft onlangs de inhoud van het onderzoek nog in extenso besproken. [Wolff 1989] 'Het Delta-plan en de wiskunde' /P. de Wolff. In: [Alberts e.a. 1989 pp.35-49] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.



De Statistische Afdeling was een baken voor degenen die rationalisatie en kwaliteitsbeheersing in de industrie nastreefden. J. Hemelrijk trad alom op als woordvoerder.

dige resultaten vonden hun weg veeleer, via Van Dantzig, naar de *Proceedings* van de KNAW.

Op het terrein van statistiektoepassingen in het bedrijfsleven bewogen zich een aantal particuliere adviesbureaus, zoals het bureau Berenschot, waar A.R. van der Burg werkzaam was en het ATS, Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek, van J. van Ettinger en J. Sittig⁴¹. De verstandhouding met deze bureaus was zeer goed. Hemelrijk trad vanaf 1953 op als adviseur van het ATS. Verschillende bedrijven hadden hun eigen statistische afdeling en Hemelrijk voerde geregeld informele besprekingen met de leidinggevende figuren in dit veld. Het was op instigatie uit deze hoek dat Hemelrijk in 1955 aan J. Kriens en G. de Leve opdroeg een cursus Operationele Research te verzorgen⁴². Hierdoor en door Van Dantzig's colleges over Markovketens, beslissingstheorie en speltheo-

41 Het ATS werd in 1945 opgericht in Den Haag, waar Van Ettinger en Sittig werkzaam waren bij het Bureau Documentatie Bouwwezen en de Stichting voor Statistiek. Bij de stichting van het Bouwcentrum in Rotterdam in oktober 1946 verhuisde het ATS mee. Van der Burg sloot zich, na een periode bij Berenschot, bij hen aan. Na diens vertrek in 1960 kreeg het bureau zijn huidige naam AKB, Adviesbureau voor Kwaliteitsbeleid en Besliskunde. Zie hoofdstuk 5.

42 Interviews met G. de Leve, 6-12-1989; J. Kriens 14-12-1989. [Kriens e.a. 1956] 'Operations Research' /J. Kriens, G. de Leve, P. de Wolff. *Syllabus MCSD 56 SC-9*. Amsterdam: MC, 1956.

Na twee heruitgaven van deze syllabus in 1958 en 1960 volgde in 1960 de *Leergang Besliskunde*. MCSD 60 SC-13a t/m 64 SC-13z.

rie speelde het MC zijn rol in de overigens relatief late receptie van Operations Research in Nederland. Zo laat voltrok zich de introductie van dit gebied als afzonderlijke discipline, dat Van Dantzig er nog in 1957 met succes een eigen naam voor kon invoeren: *besliskunde*⁴³. In de beginjaren was de OR opvallend afwezig geweest in het MC en in Nederland.

De adviesbureaus en de bedrijfsstatistici maakten weliswaar, zoals de goede zeden dat voorschreven, geen reclame, ze waren niet zuinig met hun voorlichting over rationalisering, efficiency en kwaliteitscontrole. Meer dan een vraagbaak voor deze statistici, was de Statistische Afdeling van het MC een bakken, een ideologisch zenit voor hun rationaliseringsstreven. Sittig is op dit punt zeer uitgesproken en noemt Van Dantzig ‘de profeet’⁴⁴. De Afdeling vervulde deze rol voorbeeldig door terughoudendheid en strengheid. Enerzijds droeg ze, buiten Van Dantzigs in algemene termen gestelde achtergrondverhalen, niet rechtstreeks bij aan de ideologie zoals die bij uitstek in Van Ettingers geschriften was aan te treffen. Anderzijds, waar het streven naar concrete vormen van rationalisering zich beriep op wiskunde, daar reikte ze in publicaties die wiskunde met voorbeeldige strengheid aan, daar stelde en bewaakte ze in consultaties hoge eisen van ‘wetenschappelijkheid’.

In de Statistische Afdeling huisde een menging van houdingen, streng naar buiten voor de statistici en deemoedig naar binnen tegenover de wiskundigen. De achting onder wiskundigen voor statistiek was niet hoog en de Statistische Afdeling internaliseerde dit oordeel, Van Dantzig met zijn professoraat in de ‘Leer der Collectieve Verschijnselen’ voorop. Men leefde naar deze geringschatting⁴⁵ en profileerde zich aan de wiskundige kant van de mathematisch statistiek. Ongemeen fel was ook de afwijzing van ‘ongefundeerd’ bevonden opvattingen en praktijken. De voorliefde voor parameter vrije methoden, die relatief sterk wiskundig van karakter waren en door de geringe empirische aannames weinig vatbaar schenen voor ‘ongefundeerde’ uitspraken, sloot naadloos op

43 [Dantzig 1957c] ‘Van “Rekening in Spelen van Geluck” tot Besliskunde’ (Diesrede Universiteit van Amsterdam 1957) /D. van Dantzig. In: *Jaarboek II U.v.A.* Amsterdam: UvA, 1957 pp.39-50.

[Ravestijn 1969] ‘Operationele Research in Nederland’ /D. Ravestijn. In: *Operationele Research in Nederland* /H.J.M. Lombaers, J.J. Meinardi en D. Ravestijn (red.). Utrecht: Het Spectrum (Marka 104), 1969 pp.201-211.

44 [Sittig 1987] ‘De Wereldveranderaars’ /J. Sittig (interview door W. Mettrop). In: [Zij mogen 1987 pp.214-221]. Voorts J. Sittig in interview 12-6-1985.

45 In welk beroep, behalve in de journalistiek, is het bon ton te verhalen dat men werd aangesteld zonder over vak kennis te beschikken? Een enkel voorbeeld: [Doornbos 1989 p.10] *Terugblik op een toevalspad* /R. Doornbos (afscheidscollage). Eindhoven: TUE, 1989. De small-talk rond het vak stond en staat bovendien bol van veroordelingen van ‘ondeskundige’ collega’s. Er is een hele stroom kritische literatuur in het stramien ‘lies, big lies, statistics’.

beide facetten aan. De statistiek van proefopzetten, die in de loop van de jaren vijftig op vragen uit de consultatiepraktijk herhaaldelijk bestudeerd werd, was een veel centraler thema uit de mathematische statistiek en lag veel meer in de gevarenzone van onzorgvuldig gebruik. Dit onderwerp is enigszins een tegenvoorbeeld, maar het werd dan ook nooit hoofdthema van onderzoek in de afdeling.

Met de introductie van besliskunde handelde Van Dantzig daarentegen weer geheel in de geest van de afdeling. Hij gaf hier een overwegend mathematische inslag aan de receptie van de Operations Research. Deze de facto oriëntatie op de mores van de wiskunde ging – een beetje schizofreen – volkomen schuil achter de openlijke plaatsbepaling van de Statistische Afdeling binnen het MC: te staan voor de toepassingsgerichtheid. De gerichtheid op toepassing was onmiskenbaar gezien de stroom van consultaties. De inhoud van de consultaties doet vermoeden dat men zijn hart had liggen bij de wiskunde.

Naar buiten toe, in consultatie en publicatie, leek de houding omgekeerd. Daar schiep men zich juist een positie door grote nadruk op het wiskundig gehalte van het werk, door strikte criteria uit te dragen, terwijl men het in de praktijk van de consultatie net als iedere statisticus maar moest stellen met de kwaliteit en de hoeveelheid van de beschikbare gegevens. De Statistische Afdeling kon zich deze houding permitteren, omdat de klanten veelal zelf statistici waren, althans de gegevens verzamelden, en meer nog, omdat de klanten juist dat vroegen: aan wiskunde ontleende criteria van wetenschappelijkheid.

4.3 De Rekenafdeling

De Rekenafdeling was een geval apart. Hier sloeg de wiskunde-beoefening voor Nederland nieuwe wegen in. Van Wijngaarden zette zijn eigen lijnen uit, zodat zijn afdeling soms een afzonderlijk en uitzonderlijk leven lijkt te leiden. De Rekenafdeling was van wezenlijk belang voor het Mathematisch Centrum, representatief was ze niet, of het zou moeten zijn juist in het gaan van een geheel eigen weg; Van Wijngaarden was tenslotte niet minder eigengereid dan Van Dantzig of Van der Corput. Naar buiten toe was de Rekenafdeling zeer representatief. Buiten de wiskundige wereld werd het imago van het Mathematisch Centrum vrijwel uitsluitend bepaald door de ontwikkeling van grote rekenmachines. Dat was wat de kranten haalde.

Vanaf het eerste begin, en dit was wat Van Dantzig betreft in 1940, stond de oprichters een 'Computing Department' voor ogen als integraal onderdeel van het MC. De Engelse term ontleenden zij aan het Engelse voorbeeld van het Computing Department van het National Physical Laboratory in Teddington. De afdeling zou een dienstverlenend karakter dragen en daarmee ondergeschikt zijn aan de rest van het Centrum. De buitenlandse term was nodig om te refereren aan iets dat in Nederland nog niet bestond, moderne rekenmethoden en geavanceerd gebruik van (niet-automatische) rekenmachines. Geruchten waren voldoende om grote rekenmachines hoog op het verlanglijstje te plaatsen; wat verlangd werd, wisten Van der Corput, Koksma en Van Dantzig niet precies.

Bij aanvang dachten zij het Computing Department twee taken toe, het uitvoeren van opdrachten in geavanceerd rekenwerk en het ontwikkelen van een grote rekenmachine, een dienstverlenende en een technische taak. Dat vooral ook het eerste, het rekenwerk, een flinke eigen onderzoeksinspanning met zich mee zou brengen, daarvan had men nog geen voorstelling. Wat de numerieke wiskunde betrof, had men zich hiervan wellicht bewust kunnen zijn; van ontwerpen van rekenschema's als wiskundige activiteit, laat staan van programmeren, kon men in 1945 natuurlijk nauwelijks besef hebben. Er bestond, met andere woorden, geen vermoeden van een begin van computerwetenschap of informatica, alleen van een snelle ontwikkeling in de rekentechnologie.

Wat het Voorlopig Bestuur wel beseftte, was dat het een schaaap met een bovennatuurlijk getal aan poten zocht om leiding te geven aan de uitvoering van beide taken. Dankzij R.L. Kronig, Delfts hoogleraar natuurkunde en een goede bekende van Van der Corput uit beider Groningse tijd, kwam men op het spoor van dr.ir. A. van Wijngaarden, medewerker van het Nationaal Luchtvaartlaboratorium. Deze liet zich door Van der Corput overhalen.

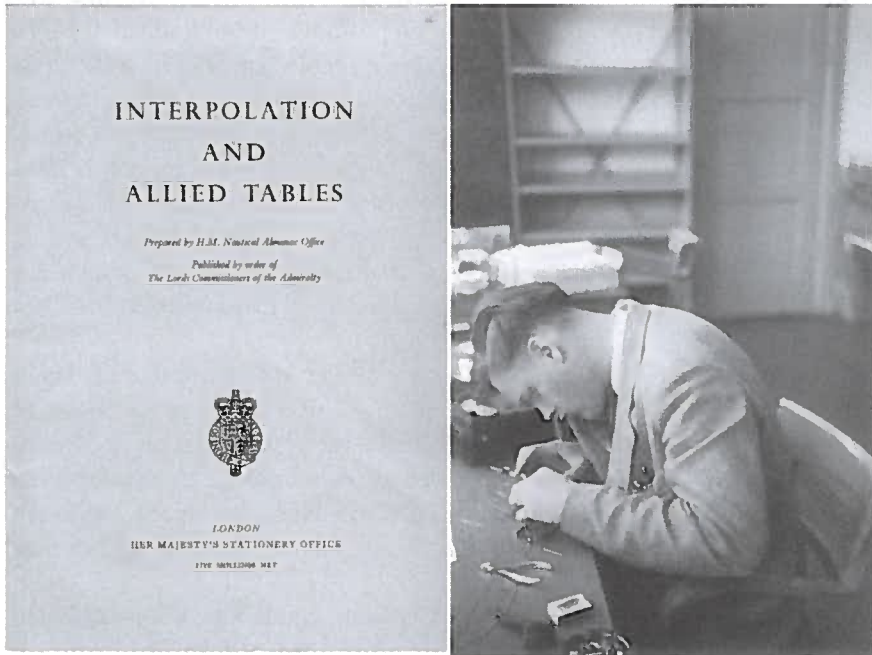
Van Wijngaarden (1916-1987) was werktuigkundig ingenieur. Van even voor zijn afstuderen in 1939 tot zijn promotie in 1945 was hij assistent aan de TH. Daar deed hij theoretisch aerodynamisch onderzoek aan grenslaagvergelijkin-

gen onder leiding van J.M. Burgers, maar hij promoveerde uiteindelijk bij C.B. Biezeno op elasticiteitsproblemen. Op dit laatste gebied lag ook zijn werk bij de Sectie 'Sterkte' van het NLL. Hij was dus toegepast mechanicus in de stijl van Biezeno, technisch wetenschappelijk zeer geavanceerd en doorkneet in numeriek werk met gewone tafelrekenmachines. In die kringen was hij ook bekend als veelbelovend wetenschapper. Assistentplaatsen waren er niet veel aan de TH, hij was hoofdassistent. Promoveren gebeurde in Delft ook relatief weinig, in het geheel slechts achtmaal bij Biezeno. Aad van Wijngaarden behaalde zowel zijn ingenieursdiploma als zijn doctorstitel met lof. Een aanbod in 1946 om hoogleraar te worden in Bandung sloeg hij af.

Op initiatief van J.M. Burgers zond het Delfts Hoogschoolfonds begin 1946 een groep jonge ingenieurs uit naar Engeland om zich op de hoogte te stellen van de gemiste ontwikkelingen, vooral door tijdschriften uit te pluizen. Van Wijngaarden ging mee voor het gebied van de toegepaste mechanica en de scheepsbouwkunde. Het verkennen van de ontwikkelingen in rekentechniek voegde hij zelf toe aan zijn pakket. Hij leerde Comrie kennen, en Hartree, Howlett en Wilkes.

Biezeno, curator van het Mathematisch Centrum, kende Van Wijngaarden en zijn kwaliteiten dus goed. Toch kwam de tip om deze mechanicus te polsen voor de Rekenafdeling niet van hem, maar van Kronig. Kennelijk sprak het in Biezeno's eigen wereld zozeer vanzelf om de benodigde rekenmethoden te ontwikkelen dat hij de rekenvaardigheid niet als bijzondere kwaliteit onderkende, laat staan de verzelfstandiging van het rekenwerk voorzag.

Eenmaal in dienst van het Mathematisch Centrum op 1 januari 1947 ging Van Wijngaarden opnieuw en nu voor bijna een jaar op studiereis naar Engeland en naar de Verenigde Staten. Hij werkte bij Comrie op de Scientific Computing Service in Londen; deze dienst, staand in de traditie van het rekenen voor de Nautical Almanac, was zijn meest concrete voorbeeld bij de opzet van de rekgroep van het MC. Hij werkte bij Wilkes op het Mathematical Laboratory van Cambridge, bij Southwell aan het Imperial College en hij bezocht het National Physical Laboratory in Teddington met Fox, Goodwin, Turing en Wilkinson. In Amerika verbleef hij aan het Institute of Advanced Studies, Princeton, bij Bigelow, Goldstine en Von Neumann. Dankzij het verwerven van dit onvergelijklijk overzicht over het hele terrein van rekenen en rekenmachines kon Van Wijngaarden de Rekenafdeling – 'er was niks; Van der Corput en Van Dantzig hadden geen idéé van wat het zou moeten worden' –, eind 1947 een vliegende start geven. Althans, wat hem betreft had dat gekund, maar de werkelijkheid was niet zo lichtvoetig. Van de eerste groep rekenaarsters bleef er na een jaar maar één in dienst. De bouw van een relaismachine en van een elektronische rekenmachine die Van Wijngaarden van meet af aan op zijn programma had staan, zou verscheidene jaren vergen.



Rekenen en solderen waren de twee dominante activiteiten in de beginjaren van de Rekenafdeling. Links: Comrie's *Interpolation and Allied Tables* was het blauwe boekje met vele rekenvoorbeelden en schema's; rechtsboven het @-tje van A. van Wijngaarden. Rechts: C.S. Scholten soldeert.

Rekenen en machinebouw, rekenzaal en 'lab', waren de overheersende activiteiten in de beginjaren. De overhead van beide zorgde daarna voor de continuïteit: het programmeren.

4.3.a Rekenen

Berekeningen uitvoeren waar een concreet getal uit moet komen was voor een wiskundige in deze eeuw een uitzonderlijke activiteit. Geavanceerd rekenwerk dat in verbinding stond met de wiskunde-beoefening was er wel, zelfs in toemende mate, maar het waren ingenieurs en enkele fysici en astronomen die er bedreven in waren. Vanuit de wiskunde had het gebied geen naam. De enkele wiskundigen die zich er voor 1945 mee bezighielden, noemden hun vak 'Praktische Wiskunde'⁴⁶ en hun colleges 'Numerieke (en grafische) methoden'. Pu-

46 Bijvoorbeeld in het IPM, Institut für Praktische Mathematik (1928-1966), van de TH Darmstadt. [Beauclair 1983] 'Prof. A. Walther, das IPM der TH Darmstadt und die Entwicklung der Rechentechnik in Deutschland 1930-1945' /W. de Beauclair. In: *Skizzen zu den Anfängen der Datenverarbeitung* /Fr. Gebhardt (hrsg.) München: R. Oldenbourg (GMD-Bericht 143), 1983, pp.53-89. Bijvoorbeeld ook in: [Aitken 1937] 'Studies in Practical Mathematics' I-VI /A.C. Aitken. In: *Proc. Royal Soc. Edinburgh* 57-63 (1937-1951).



Een aantal van de rekenaarsters in 1954: v.l.n.r. Eddy Alleda, Truus Hurts, Ria Debets, Dineke Botterweg (gehurkt), Emmy Hagenaar, Diny Postema.

blicaties betroffen zelden het gebied van rekentechniek als zodanig, veelal voorbeelden die verwezen naar het terrein waarop het rekenwerk werd ingezet: 'Berekening van... (een tabel, een integraal, of warmtestromen in vaste stof, of iets dergelijks)'; 'Een methode om...' Onder de vroege rapporten van de Rekenafdeling kwamen dergelijke titels herhaaldelijk voor. Na 1945 heette het gebied 'Numerieke Analyse'¹⁷, met een stroom van publicaties over berekeningsmethoden in het algemeen, na 1955 'Wetenschappelijk Rekenen'.

Voor dit werk nu trok Van Wijngaarden in de zomer van 1948 opnieuw een groep rekenaarsters en enkele assistenten aan. De rekenaarsters kwamen rechtstreeks van de middelbare school, geworven via hun wiskundeleraren. Zij wer-

¹⁷ 'Geometrica practica' en 'Arithmetica practica' zijn veel oudere begrippen dan 'toegepaste wiskunde en dekken onder meer de voorlopers van praktische wiskunde, vgl. hoofdstuk 2.
47 Een van de grote voorbeelden was [Hartree 1952] *Numerical Analysis* /D.R. Hartree. Oxford: Clarendon Press (Oxford UP), 1952. Hoewel men nog lang nadien colleges 'Numerieke analyse' kon aantreffen, ging het vakgebied als zodanig rond 1955 op in een reeks van nieuwe ontwikkelingen. Zie hierna en hoofdstuk 6.

den de 'meisjes van Van Wijngaarden'; tot in het midden van jaren vijftig voerden zij het grootste deel van het rekenwerk uit. De groep was hecht, het verloop gering en de verbondenheid met het MC enorm⁴⁸. De meesten trouwden tegen het midden van de jaren vijftig, niet zelden met een MC-medewerker, en stopten met werken zodra ze kinderen kregen. Hoewel haar vertrek niet rechtstreeks samenhang met de daadwerkelijke inzet van de computer voor het rekenwerk, viel het daarmee wel samen en werden zij niet door vrouwen opgevolgd.

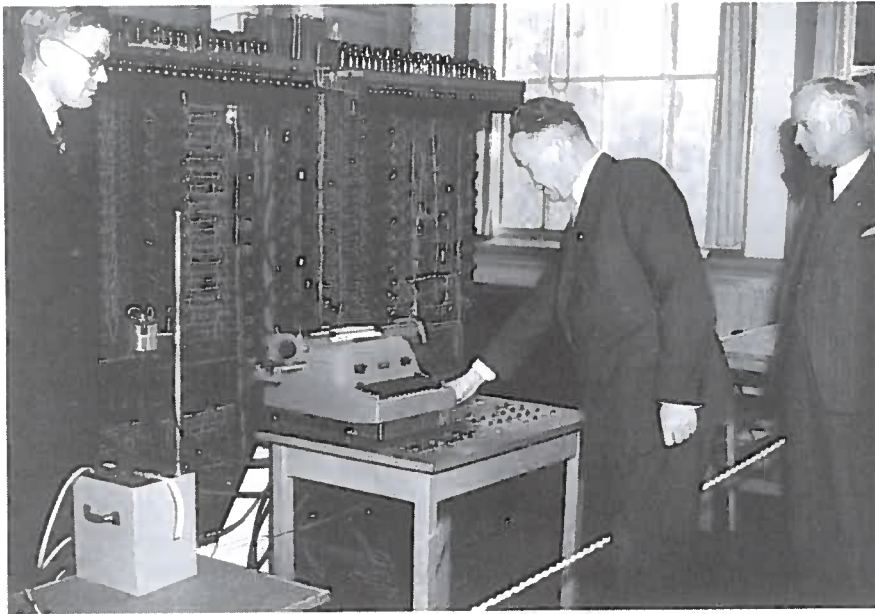
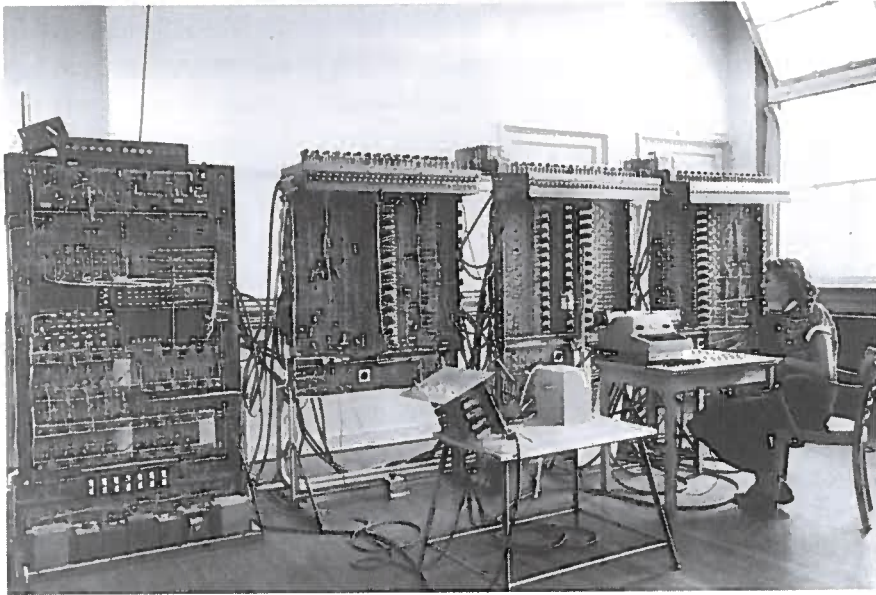
Haar werk bestond in eerste aanleg uit het invullen van rekenvellen, dubbel folio papieren waarop in de bovenmarge de uit te rekenen functie-uitdrukkingen stonden, opbouwend tot het eindresultaat boven de laatste kolom, en in de linkermarge de argumentwaarden waarvoor dit moest gebeuren. Zo was de hele berekening opgesplitst in elementaire rekenstappen, van waaruit de tussenresultaten telkens genoteerd werden op het rekenvel. 'Uittrekken van berekeningen' heette het voorbereiden van de berekening door zo'n rekenvel op te stellen. Het omzetten van een rekenopdracht in een rekenopgave gebeurt door de medewerkers, de 'numeri'⁴⁹, van de afdeling. Wat de hiërarchische opbouw betreft, gerelateerd aan de hiërarchische benadering van het werk, week de Rekenafdeling niet af van rekencentra elders. Vrouwen werden aangetrokken voor het elementaire uitvoerende werk.

In de praktijk week de Rekenafdeling sterk af van de werkwijze bij bijvoorbeeld het NLL, Rijkswaterstaat⁵⁰ en TNO-ABW. Van Wijngaarden streefde van meet af aan het tegendeel van de gangbare tayloristische arbeidsindeling na. De rekenaarsters werden allengs meer autonoom in de opzet en het uitvoeren van steeds grotere delen van de berekeningen. Van Wijngaarden was daar trots op: 'Ze hebben bij mij een complete opleiding gehad'. De rekenaarsters waren er trots op: 'we waren volleerd rekenaar; en we hebben leren programmeren'. Het routinematige werk was gekoppeld aan een intellectuele uitdaging. Zo werd met betrekkelijk kleine bezetting een rekengroep van hoog niveau opgebouwd. Berekeningen werden uitgevoerd op elektromechanische tafelrekenmachines, een boekhoudmachine, een door IBM in 1952 ter beschikking ge-

48 Het was goed betaald en hooggekwalificeerd werk. De betrokkenen zelf gaven de uitdaging en de grote waardering van het werk en de bijzondere werksfeer aan als voornaamste gronden voor de verbondenheid. Interview 8-9-86.

49 Hun functie had op dat moment geen duidelijke naam, daarom gebruik ik wat J.A. Zonneveld terugblikkend opmerkte: 'Ik ben altijd numericus gebleven.' W.L. Scheen was de eerste medewerker (februari 1948-december 1949), gevolgd door Kager, Berghuis, Zonneveld, Potters en Duyvestijn. Hun werk was naar huidige begrippen systeemanalist, systeemontwerper en systeemprogrammeur tegelijk. Scheen en Kager werden in hun volgende baan fysicus, de anderen informaticus.

50 [Ende/Jong 1989] 'Rekenen aan waterstromen' /Jan van den Ende, Frida de Jong. In: *Jaarboek voor de Gesch. Bedrijven Techniek* 6 (1989). [Ende 1994] *The Turn of the Tide. Computerization in Dutch Society 1900-1965* /Jan van den Ende. Delft: Delft University Press, 1994.



De eerste computer van het MC, de ARR A 1, uitgeprobeerd (boven) en officieel in gebruik gesteld (onder) op 21 juni 1952 door minister Rutten; links computerbouwer B. Loopstra, rechts burgemeester d'Ailly van Amsterdam; let op de ketting die de rekenautomaat afschermt van het publiek.

stelde ponskaartenmachine en incidenteel op een pluggenprogrammeerbaar prototype van de ARRA. De computer, ARRA II eind 1953, verscheen hier niet als bedreiging voor het werk van de rekenaarsters, maar als een nieuwe uitdaging.

In dezelfde trant ontvingen de numerici de stimulans om het 'uittrekken van berekeningen' uit te breiden tot het zelf ontwikkelen van rekenschema's en tot het programmeren. In het juist niet vastpinnen op routinewerk en in het zelf ontwikkelen van rekenschema's, variërend op de bekende Runge-Kutta schema's en de procedures van *Interpolation and Allied Tables*, lagen de sterke kanten van dit deel van de Rekenafdeling. In korte tijd ontplooiden zich met traditionele technieken en machines een rekengroep, waar het voor vliegtuig- en scheepsbouwers, voor wiskundigen en voor rekenaars van elders interessant was om hun problemen te deponeren. Wat binnenkwam aan opdrachten, behoorde tot de frontlijn van het technisch kunnen in Nederland. Daar immers ontstonden dergelijke precisie-vraagstukken en daar was het belang groot genoeg om de overhead van rekenwerk te betalen. Greidanus van het NLL die in 1946 'wel verder kan zonder dat', was even later vanuit zijn Sectie 'Flutter' van het NLL en vervolgens vanuit Fokker een van de belangrijkste opdrachtgevers. Zo was de rekengroep als vanzelf opgenomen in het wereldje waar gewerkt wordt aan 'de toekomst van Nederland. Als vanzelf ging de Rekenafdeling dan ook tot aan de uiterste grens van haar kunnen, en eroverheen.

De opdrachten betroffen steeds het benaderen van waarden van een niet rechtstreeks analytisch te hanteren verband tussen verschijnselen. Een enkele keer gebeurde dat benaderen grafisch, in opdracht van de scheepsbouwers van Wilton-Fijenoord die dat zo gewend waren te doen: interpolatie door een strooklat (spline) langs bekende punten te leggen. De eigenlijke stiel van de afdeling was het geven van een numerieke benadering, numeriek evalueren van differentiaal- en integraalvergelijkingen.

Wetenschappelijk en rekentechnisch hoogtepunt was de opdracht R-53 'The oscillating wing in a subsonic flow', waaraan van 1949 tot 1951 gewerkt werd voor het NLL⁵¹. R. Timman was op de theoretische behandeling van dit vraagstuk gepromoveerd bij Burgers, eenmaal bij het NLL in de groep van Greidanus bereidde hij de numeriek-analytische behandeling ervan voor, die hij uitwerkte samen met Van Wijngaarden en Scheen. Het was grensverleggend onderzoek binnen de aerodynamica. Rekentechnisch leek het zelfs net iets te moeilijk, te veel gevraagd van de organisatie en coördinatie van het rekenwerk, en er sloop een foutje in. Niet dat er een vliegtuig neerstortte, maar een

51 *Rapport MCCD 49 R-53a tot en met MCCD 51 R53i*. De trillende vleugel in subsone stroming. Subsoon wil zeggen onder, maar dichtbij de geluidssnelheid: daar doen zich in de praktijk de problemen voor, daar is het rekenwerk moeilijk, omdat men niet mag aannemen dat de lucht onsamendrukbaar is.

jaar na het afronden bleek dat het Nationaal Bureau of Standards in de VS dezelfde berekeningen had uitgevoerd met andere uitkomsten.

Opnieuw spannend, nu vanwege de tijdsdruk die zelfs aanleiding gaf tot een premiestelsel, waren de berekeningen voor de Fokker Friendship; Greidanus werkte toen inmiddels bij Fokker.

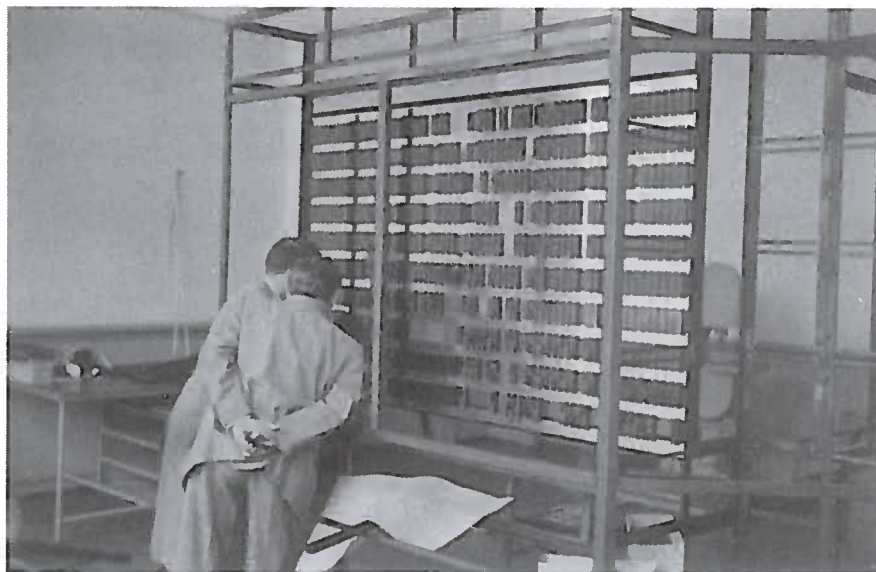
In het algemeen waren de opdrachten uit de vliegtuigbouw overheersend, door aantal, moeilijkheidsgraad en door de sfeer waarmee ze omgeven waren. De Rekenafdeling voerde aanzienlijk meer opdrachten uit dan de Statistische Afdeling, maar produceerde veel minder rapporten. Tot en met 1955 verschenen 69 rapporten op meer dan 300 opdrachten; daarna was het feitelijk gedaan met de opdrachtrappen. De behandeling van opdrachten op de computer geschiedde kennelijk in andere stijl: niet de vereeuwiging in een rapport, niet de toelichting in de inleiding van een rapport, laat staan een onderbouwende mathematische appendix zoals die in de statistische consultierapporten veel voorkwam. Wat nog een tijdlang een belangrijke vorm van rapportage bleef, al maakte de beschikbaarheid van computers dat in principe overbodig, was het opstellen van tabellen voor de meest wilde functies: berekeningen van een integraal, interpolatie van een bestaande tabel en dergelijke.

Het consultatieparadigma dat zeker in de grotere vroege opdrachten zichtbaar was, verdween. Het modelleren wordt geheel aan de toegepast wiskundigen en de ingenieurs overgelaten; of van de andere kant gezien: de rekenaars stelden zich zelfgenoegzamer op toen ze werkelijk beschikten over computers. De waarheid zal zijn dat rekenaars hun handen vol hadden aan het bedienen van de ARRA en vervolgens de ARMAC. In de plaats van de consultatiepraktijk trad de verzelfstandigde aandacht voor het ontwerp van rekenprocessen op de machine, voor het programmeren. In feite verdween met het op gang komen van het gebruik van de rekenautomaat en met het verdwijnen van de rekenaars een rekengroep die zich, gebruik makend van traditionele machinerie, in zeer korte tijd had ontwikkeld tot de meest geavanceerde in Nederland. Dat werk leefde, meer dan binnen het MC, voort in de cursus 'Wetenschappelijk Rekenaar(ster)⁵², die medewerkers van de afdeling, te beginnen met Zonneveld in 1957, verzorgden.

Het voorbeeld van de rekengroep van de Rekenafdeling laat zien hoe het werkterrein van de numerieke analyse in het midden van de jaren vijftig uiteenspatte, in programmeren, in het ontwikkelen van numerieke programmatuur en in de wiskundige reflectie op eigenschappen van rekenprocedures, de numerieke wiskunde. De meest rechtstreekse voortzetting was het wetenschappelijk reke-

52 [Groenevelt/Spiegel 1987] 'Wetenschappelijk Rekenen in Delft 1957-1986' /J. Groenevelt en E. Van Spiegel. In: *Feestbundel SHDB. Feestbundel ter gelegenheid van het 12½-jarig bestaan van de Stichting Hogere Beroepsopleidingen Delft* /A.W. Grootendorst e.a. Delft: s.n., 1987, pp.3-7.

Jaren van berekening



De derde computer van het MC, de ARMAC, in 1956. Van Wijngaarden inspecteert de bouw (boven) en de computer in gebruik (onder).

nen, maar dat stond, zoals de naam al aangeeft, buiten de verdere wetenschappelijke ontwikkeling. Het Mathematisch Centrum hield er overigens de basis aan over waarop een sterke afdeling Numerieke Wiskunde kon groeien.

Het programmeren, aanvankelijk bijna een luxe, overhead waarmee het rekenen op hoger plan was gebracht, werd het onderdeel dat de continuïteit van de Rekenafdeling uitmaakte.

4.3.b Programmeren

De echt heroïsche geschiedenis van de Rekenafdeling en van het Centrum als geheel was die van de bouw van automatische rekenmachines: GRM, Grote Rekenmachine, of DRA, Digitale Rekenautomaat; de aanduiding 'computer' was in de jaren veertig nog geen standaard. Electronische rekenmachine was de meest gebruikelijke term in de jaren vijftig. Dat pioniersverhaal blijft hier buiten beschouwing⁵³.

Het relaismachineconcept beleefde een aantal opeenvolgende realisaties, van het prototype in 1950 dat programmeerbaar was door kabels in een pluggenbord, tot de in 1952 officieel in gebruik gestelde maar nooit tot praktisch gebruik gekomen ARRA (I). Van Wijngaarden liet zich hierbij mede inspireren door het voorbeeld van A.D. Booth in Engeland. De ARRA (II) naar ontwerp van G.A. Blaauw was al geen relaismachine meer en in feite uitdrukking van een heel nieuw concept, waarin via Blaauw de invloed van Howard Aiken in de Verenigde Staten werkzaam was. Van deze machine werd in 1954 een verbeterde versie gebouwd voor Fokker, de FERTA, in opdracht van, opnieuw, J.H. Greidanus: 'Dat team van Van Wijngaarden was geweldig goed. Wat zij maakten, dat moest ik hebben'⁵⁴.

In 1956 kwam de ARMAC gereed, het eindpunt van de ontwikkeling in eigen huis. Toen in 1955 J. Engelfriet van de Nillmij, hoogleraar actuarieat, zich bij Van Wijngaarden vervoegde voor een rekenmachine, kreeg hij een hele fabriek geleverd. Tot vreugde van alle betrokkenen werd met de technische kennis en de mensen van het MC en het kapitaal van verzekeringsmaatschappijen de NV Electrologica opgericht. De computer bepaalde in sterke mate mee het imago én het zelfbewustzijn van het MC; vooral ZWO was opgelucht dat de dreigende commercie werd afgestoten.

53 [Wijngaarden 1964] 'Rekenenen [sic] in Nederland' /A. van Wijngaarden. In: [NRMG 1964 pp.5-23] *NRMG '59/'64* /A. van Wijngaarden e.a. Amsterdam: Nederlands Rekenmachine Genootschap, 1964.

[Scholten 1980] 'Computers ontwerpen toen' /C.S. Scholten. In: *Informatie* 22-4 (april 1980) pp.337-341. Herdruk in: [Zij mogen 1987 pp.240-250]. [Kranakis 1988] 'Early Computers in the Netherlands' /Eda Kranakis. In: *CWI Quarterly* 1-4 (dec. 1988) pp.61-84.

54 J.H. Greidanus, interview 12-1-1989.



J. Engelfriet, hier tijdens het jubileum van de Nillmij, was samen met Van Wijngaarden initiatiefnemer tot de oprichting van Electrológica.

Ook in dit deel van de Rekenafdeling was het de overhead die de continuïteit uitmaakte. Opnieuw ging het om programmeren, nu vanuit een andere achtergrond, namelijk het zinnig besturen van de rekenmachine.

In 1952 was E.W. Dijkstra in dienst gekomen als ‘programmeur van de ARRA’. Hij schreef evenwel van meet af aan geen programma’s, maar handboeken voor de programmeur – van de ARRA, de FERTA, de ARMAC. Van Wijngaarden en Dijkstra betraden het niveau van reflectie op het programmeren. In het bijzonder voltrokken zij met hun beider aandeel in de ontwikkeling van programmeertalen een mathematische reflectie op het programmeren. Terwijl de Rekenafdeling op de onderdelen rekenen en machinebouw de internationale vergelijking kon doorstaan, speelde ze hier plotseling internationaal een vooraanstaande rol. Dat is te zeggen: Van Wijngaarden en Dijkstra speelden een cruciale rol in de slotfase van het ontwerp van de programmeertaal van Algol 60. Na Algol 60 en Dijkstra’s breinbreker van een Algol 60-vertaler op de X1 geschreven in Algol 60, scheidde zich de wegen. Van Wijngaarden dreef de ontwikkeling van universele programmeertalen op de spits in de definitie van Algol 68. Hij voerde de reflectie nog een stap verder en bestudeerde eigenschap-



De fabriekshal van de Electrológica, de computerfabriek die voortkwam uit het Mathematisch Centrum.

pen van programmeertalen⁵⁵. Dijkstra trok zich terug op de reflectie op het programmeren in het algemeen, wat later onder meer zou leiden tot het idee van gestructureerd programmeren.

Van Wijngaardens voordrachten waren niet visionair, zoals sommige passages bij Van der Corput en bij Van Dantzig, ze waren veeleer gedrenkt in de leepheid van de ingenieur. Hij liet zijn gehoor merken dat hij wél beter wist en dat het daarom geen recht kon doen gelden op zijn diepere beweegredenen. Zijn handelen verried intussen wel degelijk een vooruitziende blik. Hij voerde de vakinhoudelijke uitdaging aan de rekenaarsters en numerici op tot het punt waar ze in feite programmeren leerden; hij schreef een syllabus 'Programmeren voor de ARRA' en nam een programmeur in dienst ruim voordat er een werkende computer was. De consolidatie van de Rekenafdeling rond 1955 droeg de schijn van een uitverkoop, doordat de rekengroep verdween en de werkplaats verkocht werd. Toen bleek echter pas goed dat de overhead die hij bij beide onderdelen had gecreëerd, hierdoor vrijkwam en zorg kon dragen voor de

55 [Bakker/Vliet 1981] *Algorithmic Languages. A Tribute to Prof. Dr. Ir. A van Wijngaarden on the Occasion of his Retirement from the Mathematical Centre* /J.W. de Bakker and J.C. van Vliet (eds.). Amsterdam etc.: North-Holland, 1981.
[Alberts 1993] 'Conference on the History of ALGOL 68' /G. Alberts (ed.). Amsterdam: CWI (Report AM-HN 9301), 1993

Jaren van berekening

continuïteit van de afdeling. Gemeenschappelijk centraal element was vanaf dat moment het programmeren.

Van Wijngaarden stond al snel op gelijke voet met de oprichters van het Mathematisch Centrum. Anders dan dezen bereikte hij de toppen van zijn wetenschappelijk kunnen tijdens zijn werk voor het Centrum. De diepgang van zijn onderzoek en zijn handelen verleende hem het gezag waarmee hij gemakkelijk zowel de leiding van het instituut kon overnemen als onbetwist voorman kon zijn van de opbouw van het vakgebied van de informatica in Nederland. In zijn persoonlijke carrière en in het vakgebied dat hij naliel was hij twee grote stappen verwijderd van de dienstverlenende Rekenafdeling waarmee hij was begonnen.

4.4. Het MC en de toepassingen

Op de verschillende terreinen van wiskunde-beoefening, in de verschillende afdelingen, waren het cultuurfactor-motief en het productiefactor-motief herkenbaar. Ze manifesteerden zich niet steeds op dezelfde wijze, toch ging de verandering in de wiskunde-beoefening opvallend gelijk op.

De beginjaren waren voorbij rond 1954. De eerste opbouwfase van het Mathematisch Centrum, waarin het organisatorische werk het inhoudelijke vaak nog in de weg stond, kan als afgerond beschouwd worden in 1949. In de jaren daarna begon de doorbraak naar maatschappelijke dienstbaarheid van wiskunde vruchten af te werpen, de eerste hoogtepunten deden zich voor rond 1954.

In 1949 betrok het Mathematisch Centrum zijn bijna-definitieve onderkomen aan de Tweede Boerhaavestraat 49-51, in 1952 verschoof het geheel naar de veel grotere ruimte op nr. 49. Dit was enigszins symbolisch voor de inmiddels verworven infrastructuur. Opdrachtgevers wisten hun weg te vinden naar de verschillende afdelingen, vooral de Reken- en de Statistische Afdeling, en op het Centrum kon men er mee uit de voeten. Intern bezat het instituut, met uitzondering van de Afdeling Toegepaste Wiskunde, intussen zoveel structuur, dat de grotere behuizing ook met aanzienlijk meer personeel bezet kon worden.

Consolidatie

Binnen wiskundig Nederland had het Centrum, de Afdeling Zuivere Wiskunde in het bijzonder, de basis gelegd voor de centrale positie die het wilde innemen.

Opdrachten kwamen vanaf 1949 in een constante stroom bij de Rekenafdeling en de Statistische Afdeling binnen en werden steeds efficiënter verwerkt. Op beide fronten, onder wiskundigen en in dienstverlening, nam het Centrum zijn positie in en verstevigde die. Ten opzichte van het rationaliseringsstreven bevond het zich zowel in de rol van leverancier van mathematische technieken als in die van voorbeeld, van ideologisch oriëntatiepunt.

In dezelfde periode veranderde het interne beleid. Bij de verschillende afdelingen groeide de aandacht voor de ontwikkeling van het eigen onderzoek. De bestuurders van het Mathematisch Centrum zijn zich van deze ontwikkeling bewust geweest. Eind 1952 kwam het beleid expliciet ter sprake in het Curatorium. Bannier, Thijsse en Van Dijk oordeelden dat er op het MC blijvend onbetaald onderzoek verricht zou worden, dat er dus blijvend subsidie nodig was. Men gooide dus niet alles op 'productiefactor'. Het Curatorium sprak uit dat gestreefd moet worden naar *consolidering* van de dan bestaande toestand, dit met uitdrukkelijke instemming van ZWO.

Wat de gerichtheid op toepassingen betreft waren de eerste dagen hoogtijdagen. In de consolidatie die zich halverwege de jaren vijftig over de hele linie

Jaren van berekening

voordeed, toonde zich tegelijkertijd een zekere verzadiging ten aanzien van externe inspiratie en ten aanzien van legitimatie van buiten. De stroom van opdrachten, zowel voor de Statistische Afdeling als voor de Rekenafdeling, hield aan, maar was over het hoogtepunt heen. De verruiming van de middelen gaat veeleer in het eigen onderzoek zitten; naar verhouding werd het externe werk minder belangrijk. Ondanks de in het oog springende opdracht van de Delta-commissie begaven de statistici zich meer en meer in de wiskundige verdieping van hun vak. Wat proefschriften betreft brak dan ook de oogsttijd aan. De klanten in de medische wetenschap konden zichzelf redden. Van Dantzig overleed in 1959, Hemelrijk werd een van zijn opvolgers. De man die bezig was de Statische Consultatie een nieuwe impuls te geven met nieuw onderzoek en nieuwe typen vraagstellingen, Bloemena, overleed plotseling. Toch was het bijna wegvallen van de statistische consultatie na 1960 geen breuk, maar een doorzetten van de afnemende aandacht in de late jaren vijftig.

De Rekenafdeling stootte de rekengroep en de werkplaats af. Een belangrijke verschuiving was de extensivering van de opdrachtbehandeling, zichtbaar onder meer in het niet maken van rapporten. Grote klanten als het NLL en Fokker beschikten bovendien, weinig later dan het MC zelf, over computers. Het eigen onderzoek richt zich ook hier meer op de wiskundige kant: programmatuur en programmeertalen.

De voortzetting van het onderzoek lag zonder meer in het verlengde van de werkzaamheden in het eerste decennium. De keuze van accenten binnen de Rekenafdeling was zelfs visionair. Het viel allemaal zeker onder toegepaste wiskunde in ruime zin. Toepassingsgericht was het niet meer.

Gevolgen van de consolidatie

De oprichters van het MC hadden in hun maatschappelijke bevolegenheid een nieuw scala van onderzoeksthema's opengelegd voor hun leerlingen. Deze volgende generatie die meer en meer het gezicht en het beleid van het Centrum bepaalde, nam de thema's op los van die eerste motivatie. De toepassingsgerichte mentaliteit vervlakte in dezelfde periode dat het MC in relatieve luxe kwam te verkeren. De salarissen mochten omhoog in 1958 en ZWO gaf meer geld met de uitdrukkelijke missie van zuiver, ongericht onderzoek. ZWO-directeur Banner was als geen ander verheugd over de oprichting van *Electrologica*. Het cultuurfactor-motief werd de belangrijkste legitimatie van de wiskunde-beoefening aan het MC.

Op één been, met verwaarlozing van het productiefactor-motief, stond het Mathematisch Centrum minder sterk en het was dan ook niet verwonderlijk dat in 1957 de wiskundigen buiten Amsterdam zich roerden en dreigden een tegen-MC op te richten, Freudenthals 'Mathematisch Contact'. In een tijd dat het beroep van wetenschappelijk onderzoeker aan de universiteiten ingang vond, leek dit immers voor de wiskunde alleen in Amsterdam uitgeoefend te kunnen worden. Steeds minder vertoonde het Centrum een ander gezicht dan

dat van instelling voor zuiver wetenschappelijk onderzoek. In 1961-1962 zou zich een ware bestaanscrisis voordoen, met kritiek van ZWO en vanuit de universitaire wiskunde, een crisis die zo diep greep dat, voor het eerst, de Raad van Bijstand werd geraadpleegd. Er veranderde niet veel. Buiten de context van de jaren vijftig keerde het productiefactor-motief voorshands niet ten volle terug.

De wiskunde-beoefening veranderde (vgl. hoofdstuk 8). Het toepassingsgerichte initiatief leek na een decennium uitgewerkt te zijn. De wiskundigen hadden zich tien jaar lang intensief met de toepassingen bemoeid. Het was of ze het nu toch weer aan ingenieurs en natuurkundigen overlieten, maar dat was allerm minst het geval. Ten eerste bleven de wiskundigen erbij betrokken, zij het op nieuwe manieren (hoofdstuk 6 en 7). Ten tweede strekte het gebruik zich nu ook uit over andere, nieuwe terreinen. Wat de betekenis van het wiskundig denken gezien vanuit die nieuwe terreinen was, belicht hoofdstuk vijf.



Vijf

Tot het verbouwen der samenleving

“Planning” is niet nieuw. Nieuw is slechts, dat haar arbeidsveld groter wordt en wij ons er rekenschap van beginnen te geven.¹

De Partij van de Arbeid, die twee dagen ouder is dan de Stichting Mathematisch Centrum, draagt niet zonder reden dezelfde initialen als het Plan van de Arbeid uit 1935. De doorbraak van het plandenken was een belangrijke indicatie van de sfeer waarin het wiskundig denken kon opschuiven naar het centrum van de cultuur. Het Centraal Planbureau was er om een Centraal Economisch Plan voor te bereiden. Het startte zijn werkzaamheden in 1945 en werd in 1947 formeel ingesteld. Planning was meer dan een instrument van economisch beleid, het was toonbeeld van een nieuwe mentaliteit. En het was een nieuwe wijze van toepassen van wiskunde, wiskundig modelleren, die hier via statistiek en econometrie de denkwijze van het plannen bepaalde. Dat zo'n naoorlogs initiatief van vernieuwing een sterk wiskundig karakter droeg, was geen incident.

De doorbraak in de opvattingen van wiskundigen over hun vak, het feit dat zij een maatschappelijk belang toekenden aan hun werk, stond niet op zichzelf. Er was een maatschappelijke bedding voor de gewijzigde opvattingen. Zo noemt G.J. Sizoo de oprichting van het MC 'een betrekkelijk kleine gebeurtenis, maar één die volkomen paste in de sfeer en de ontwikkeling van die tijd'². Parallellen met gebeurtenissen in de context kwamen in het voorgaande reeds naar voren. In dit hoofdstuk gaat het om meer inhoudelijke verbanden, verbindingen tussen de wiskundige denkwijze en de naoorlogse cultuurverandering.

Dit hoofdstuk is een intermezzo tussen de beschrijvingen van beide grote initiatieven van de wiskundigen. Het biedt een verkenning van de rol van het wiskundig denken op verschillende niveaus van de samenleving, in de planmatigheid, in de industrialisatie en in de 'nog niet vertoonde' vlucht der techniek.

Het beoogt het verband te tonen tussen de algemeen historische thematiek van hoofdstuk 1 en 9 en de detailgeschiedenis van de wiskunde-beoefening.

Ogenschijnlijk hadden de wiskundigen weinig goeds te verwachten van wat zich in 1945 als vernieuwing aandiende. In pessimistische termen trokken auteurs als W. Banning en G. van der Leeuw van leer tegen 'vertechnisering' en 'massacultuur'. Hun reflecties op de economische en culturele crisis van de jaren dertig hadden een anti-modernistische ondertoon en het was een Hollands wonder hoe de schrijvers zichzelf aan de haren uit het moeras wisten te trekken om te komen tot constructieve voorstellen. Als cultuurkritiek waren hun reflecties pleidooien voor compensatie³, compensatie van de eenzijdig technische en wetenschappelijke ontwikkeling van de cultuur. Het oordeelsvermogen zou zijn achtergebleven. De verstandhouding tussen de mensen zou in het gedrang komen, vreesden zij.

Terwijl niet minder dan de hele westerse cultuur verantwoordelijk werd gesteld voor een scheefgroei, werd het te verwachten appèl tot bezinning overstemd door de roep om de zaken stevig aan te pakken en vooral beter te regelen. Bezinnen werd ondervangen met een beroep op het verantwoordelijk individu. Het was de westerse rationaliteit zelf die de remedie moest leveren. Nederland had voor Van der Leeuw een taak in de wereld met 'boeken en KLM-vliegtuigen'⁴. Zo was ten aanzien van de wiskunde zelfs bij de grote pessimisten de inzet van de vernieuwing helemaal niet negatief. En van hun kant waren de oprichters van het Mathematisch Centrum geestverwanten van de vernieuwers.

Van doorbraak en vernieuwing leek weinig terecht te komen. Op partijpolitiek vlak bleef er inderdaad weinig van hangen. Diepgang en kwaliteit van het idee-

1 [Neurath 1940 p.86] *De Moderne Mensch Ontstaat. Een reportage van vreugde en vrees* /Otto Neurath. Amsterdam: Noord-Hollandsche Uitg.mij, 1940. Oorspr. *Modern Man in the Making*. New York: Knopf /London: Secker and Warburg, 1939.

2 [Sizoo 1987 p.103] 'Organisation and management of research' /G.J. Sizoo (interview door G. Alberts). In: [Zij mogen 1987 pp.98-103].

3 Het compensatiemotief lijkt een constante in het naoorlogs denken en heeft herhaaldelijk het academisch onderwijs beïnvloed.

Over pessimisme en kritiek, vgl. hoofdstuk 1 en [Aerts 1996] 'Prometheus en Pandora. Een inleiding tot cultuurkritiek en cultuurpessimisme' /Remieg Aerts. In: [Aerts/Berkel 1996 pp.10-66] *De pijn van Prometheus. Essays over cultuurkritiek en cultuurpessimisme* /Remieg Aerts en Klaas van Berkel (red.). Groningen: Historische Uitgeverij, 1996.

4 [Leeuw 1945 p.180] *Balans van Nederland* /G.J. van der Leeuw. Amsterdam: Paris, 1945. 'Wij zullen moeten vechten met boeken en KLM-vliegtuigen, met soldaten en congressen, met handelswaar en met bijbels, – en in dat alles flinke en geloovige Nederlanders moeten zijn.'

engood waren niet zodanig dat ze met de naoorlogse brochures, pamfletten en tactiek tot nieuwe politieke structuren leidden.

De verzuildheid werd zuiverder gerestaureerd dan ze voorheen ooit geweest was; de vertrouwde structuren, waarnaar de Nederlandse samenleving volgens Kossmann terugkeerde, waren gepolitoerde reconstructies.

Intussen kwam er buiten de partijpolitiek wel degelijk een reeks vernieuwingsinitiatieven tot ontplooiing – gemotiveerd door ‘achterstand ten opzichte van het buitenland’ en resulterend in iets dat ‘uniek in Europa’ was, gemotiveerd door dreigende eenzijdigheid en uitmondend in technisch vertoan dat ‘niet voor mogelijk was gehouden’, dikwijls gemotiveerd door die wonderlijke combinatie van pessimisme en constructieve opstelling van de vernieuwers. Zulke initiatieven hadden twee opvallende kenmerken. Ze onttrokken zich vergaand aan de verzuildheid en ze hadden overwegend het karakter van organisatie en begeleidente reflectie. Van de organisaties die in de eerste twee jaren na de bevrijding tot stand kwamen was de vereniging ‘De Nederlandse Schapendoes’ wellicht eenvoudig een uitbreiding van het verenigingsleven. De Vereniging van Wetenschappelijke Onderzoekers, daarentegen, het Humanistisch Verbond en het COC stonden voor lokale doorbraken, voor emancipatie van een bepaald gedachtengoed. De Civitas-gedachte was geen lang leven beschoren onder de academici, maar het organiseren van onderzoek en de intensivering van het onderwijs zouden met kracht voortgezet worden; de bladen *Atoom* en *Maatschappij en Wetenschap* (samengegaan in *Wetenschap en Samenleving*) en het Studium Generale aan de universiteiten werden blijvende uitingen van reflectie op de wetenschap. Het economisch beleid werd begeleid door econometrische adviezen van het CPB, bedrijfsvoering werd begeleid door statistische adviezen. Ook de echte Wegenwacht dateert van 1946. Op vele plaatsen verzelfstandigde de aandacht voor het meta-niveau. Op het niveau van de begeleidende reflecties werd, vaak bewust, de inbreng van het wiskundig denken gezocht.

Verscheidene auteurs in de jaren veertig en vijftig signaleerden een herleefd vooruitgangsgeloof, constateerden het ‘afscheid van de laissez-faire politiek’ in het economisch beleid, en beleden een streven naar rationalisatie. Volgt men deze oordelen, dan blijft er iets onderbelicht. Die auteurs zeiden het er allemaal expliciet bij en precies dit gegeven maakte, dat er meer aan de hand was. Niet het afscheid van het laissez-faire – had zo’n politiek ooit reëel bestaan, dan was daarmee toch in de jaren dertig al gebroken –, maar het zelfbewust uitroepen van dit afscheid is het te interpreteren gegeven. De noodzaak van een duidelijk regulerend optreden van de overheid in het economisch leven, voor de een ordening en voor de ander planning, werd uitgesproken als was ze algemeen aanvaard.

Bij zulk zelfbewust en expliciet streven hoorden voorstellen voor een instrumentarium tot verbetering van de samenleving. Technische en institutionele

middelen werden aangereikt om Nederland, en daarmee de westerse cultuur, te behoeden voor diverse vormen van chaos en ondergang. Het voorkómen van overspecialisatie leidde tot heel bijzondere specialismen. De plaats van het wiskundig denken in het voorgestelde instrumentarium is het hoofdthema van dit hoofdstuk.

Het wiskundig denken werd in toenemende mate zichtbaar in het functioneren van de staat, van het bedrijfsleven en binnen individuele bedrijven en research-projecten. Niet zozeer de wiskunde als wel de wiskundige denkwijze werd een factor van cruciale betekenis op wat economen noemen het macro-, meso- en microniveau. De invalshoek bij de beschouwing van die onderscheiden niveaus is achtereenvolgens planmatigheid, industrialisatie en hogere techniek. In hun domein waren dit bepalende verschijnselen en alle tonen ze de groeiende inbreng van het wiskundig denken. Hiervan biedt dit hoofdstuk een indicatie – niet meer dan voor het betoog nodig is. De selectie is niet willekeurig, maar zo dat mathematisering, wiskundig modelleren en het min of meer klassiek toepassen aan bod komen.

De doorbraak naar expliciet gebruik van wiskundig denken was manifest in een aantal universitaire wetenschappen. Deze krijgen in dit hoofdstuk om praktische redenen weinig aandacht. De psychotechniek en de psychologie, de sociografie en de sociologie zijn hier zelfs geheel gemeden, omdat de verhalen daarover, hoewel nooit uitdrukkelijk met het oog op het verschijnsel mathematisering geschreven, redelijk wel bekend zijn⁵. In de voorgaande hoofdstukken werden overigens reeds de connecties van de wiskunde-beoefening, in het bijzonder vanuit het Mathematisch Centrum, met de biomedische en sociale wetenschappen zichtbaar.

De invloed van de wiskundige denkwijze buiten de moderne natuurwetenschap is een constante in de geschiedenis sinds de Verlichting. Ook de roep om wiskunde als bringer van Vooruitgang is een constante in de ideologieën, met name in de socialistische ideologieën werd het roepen herhaaldelijk luidruchtig. Wat veranderd was in de jaren veertig, was de vorm waarin de *esprit géométrique* beschikbaar was, namelijk expliciet, als wiskundig modelleren. Anders was ook het beroep dat erop werd gedaan en beslissender de invloed.

5 Bijv. over de sociologie en -grafie de recente werken van [Heilbron 1990] *Het ontstaan van de sociologie* /Johan Heilbron. Amsterdam: Prometheus, 1990.
[Jonker 1988] *De sociologische verleiding. Sociologie, sociaaldemocratie en welvaartsstaat* /E. Jonker. Groningen: Wolters-Noordhoff/Forsten, 1988.
[Gastelaars 1985] *Een geregeld leven. Sociografie en sociale politiek in Nederland 1925-1968* /Marja Gastelaars. Amsterdam: SUA, 1985.
Over de psychologie [Dehue 1990] *De regels van het vak. Nederlandse psychologen en hun methodo-logie 1900-1985* /Trudy Dehue. Amsterdam: Van Gennep, 1990.

5.1 Planmatigheid

Crisisperceptie voerde de jonge garde van sociaal-democraten in de jaren twintig voorbij de denkbeelden van socialisatie en van ordening der wereldproductie. Ze liet het debat over historisch determinisme definitief achter zich, evenals het daarvan afgeleide dispuut over concentratie en kartelvorming van bedrijven, en ze accepteerde ten volle het streven naar verbetering in déze wereld. Op zoek naar nieuw ideologisch houvast vond deze generatie enerzijds het streven naar efficiency, anderzijds zedelijke en culturele verheffing. Het was een naar het technocratische neigend rationalisme dat het meest prominent aanwezig was en dat men, in weerwil van wat Bernstein met dat begrip bedoeld had, graag 'wetenschappelijk socialisme' noemde. Verschillende auteurs leken in *De Socialistische Gids* te strijden om de rol van partij-ideoloog, met verhandelingen over de nationale economie, over conjunctuur en over de inrichting van de industriële voortbrenging. Jan Tinbergen was een van de helderste auteurs en met zijn uitdrukkelijk pleit voor wiskunde in het bestuderen van de economie de meest extreme. Welke crisis deze generatie nu precies waarnam, werd niet expliciet gemaakt, zodat na 1929 als vanzelf de beurskrach en de economische crisis de invulling gaf.

In dezelfde tijd ontwikkelde zich het religieus socialisme, dat zich geleidelijk matigde tot cultuursocialisme. Beide stromingen verwezen onuitgesproken naar elkaar. Gemeenschappelijk was de sfeer van aangenomen soberheid. Het cultuursocialisme was het feest van de zelfbeheersing, zoals te verwachten was waar het basismotief de vrees voor eenzijdig materialisme was. Het 'wetenschappelijk socialisme' zocht het materialisme langs de weg van de rede te ontstijgen, met het voorstellen van redelijke inkomensverdeling, gerationaliseerde productie en in het algemeen collectieve zelfbeheersing: namelijk het voorkomen van verspilling. Jan Tinbergen en Willem Banning spannen het spectrum van sociaal-democratisch denken na 1925 op. Ze waren eerder complementair dan tegengesteld, Banning steeds bezorgd om bij al zijn pessimisme vooral constructief te zijn; Tinbergen in zijn scientistisch socialisme gericht op het bestrijden van ledigheid.

Van alle verspillingen gold werkloosheid, behalve dat het tot een schrijnende inkomenspositie leidde, als de ernstigste vorm, leegloop van menselijk talent. Symbool voor de verspilling in een ongebreideld kapitalisme stond het fenomeen van de conjunctuurgolven, de afwisseling van over- en onderproductie, die leidde tot periodieke kapitaalvernietiging. Sociaal-democratische economieën waren geobsedeerd door dit fenomeen, dat, meenden ze, toch in redelijkheid ingetoomd moest kunnen worden. Terzijde: hier lag de oorsprong van het zogenaamde tegencyclische beleid van de Nederlandse overheid in de naoorlogse jaren.

Jaren van berekening

In Berlijn was een instituut voor conjunctuuronderzoek, in Wenen en Washington werd het verschijnsel bestudeerd, en in Den Haag aan het Centraal Bureau voor de Statistiek creëerde Jhr.ir. M.J. de Bosch Kemper een bureau voor conjunctuuronderzoek met een eigen publicatiereeks. Bij dit bureau kwam Tinbergen te werken, aanvankelijk in 1927 als dienstweigeraar en na een onderbreking als gewoon medewerker.

De inbreng van de wiskundige denkwijze was aanvankelijk een pure mathematisering. De conjunctuuronderzoekers beschouwden de beschikbare gegevens van productie, consumptie en prijschommeling uitsluitend naar de erin voorkomende patronen. Men zocht conjunctuurgolven en vond die in grote getale in de beschikbare statistieken, zodra men het zoeken naar oorzaken – bijvoorbeeld in zonnevlekken – losliet en zich permitteerde golven van uiteenlopende lengte te onderkennen. De wiskunde had in concreto geschikte structuren te bieden. De golfpatroonaanpassing aan statistische gegevens, waarmee in Nederland Tinbergen zich eind jaren twintig bezighield, was het begin van de econometrie. Met het doelbewust en uitdrukkelijk volgen van deze werkwijze ging mathematisering over in wiskundig modelleren. Dit meten, dit modelleren *avant la lettre*, leverde economisch gezien een helder, maar fragmentarisch beeld op. Integratie van fragmenten op grond van economische inzichten voerde tot het eerder besproken (§ 2.3.b) macro-economisch model uit 1936.

Jan Tinbergen en Hein Vos, directeur van het in 1934 opgerichte Wetenschappelijk Bureau van de SDAP, waren de voornaamste auteurs van het Plan van de Arbeid waartoe SDAP en NVV opdracht hadden gegeven. Het Plan werd in 1935 met veel propaganda en spreekbeurten aan de man gebracht en verschaft de sociaal-democraten een nuchtere variant van het Belgische planisme en de planning elders. De pragmatische en constructieve toon van het Plan van de Arbeid werd in zekere zin waargemaakt door Tinbergens model een jaar later. Daar vond men vaste, ‘wetenschappelijke’, grond onder het plandenken. Daar vond men, in de suggestie dat er een meest adequaat niveau van bevoegdheid zou zijn voor iedere beslissing over de meest efficiënte inzet der productiemiddelen, bevestiging voor het geleidelijk verlaten van de kwestie van socialisatie – thema van het eerdere plan uit 1920.

Met deze verworvenheden, de sobere sfeer, de constructieve crisisbestrijding en het afscheid van het socialisatiedogma, kon de SDAP zich in haar programma van 1937 presenteren als een door en door deugdzaame partij, klaar voor regeringsdeelname, als het ware klaar voor de doorbraak.

Doorbraak

“Planning” was in oorlogstijd steeds zoo gewoon, dat men niet behoeft te vreezen dat de menschheid een eeuwenlange ervaring nodig zal hebben alvorens een planmatig economisch leven opgebouwd kan worden. De stap van planmatige oorlogseconomie naar planmatige vrede-economie is tot op zekere hoogte met succes door



Bureau voor Conjunctuuronderzoek van het Centraal Bureau voor de Statistiek bij het vertrek van J. Tinbergen naar Genève in 1936. V.l.n.r. zittend M.J. de Bosch Kemper, J. Tinbergen, J.C. Witteveen; staand A.L.G.H. Rombouts, P. de Wolff, J.B.D. Derksen, B. van der Meer, M. Eisma, K.S. Struik.

de Sovjet-Unie gedaan. Heden ten dage doen de oorlogstoebereidselen de werkloosheid dikwijls dalen en bevorderen ze de productie. Indien een planmatig economisch bestel algemeen was, zou de verwerving van een behoorlijk levensonderhoud wellicht alle belangrijke menselijke behoeften bevredigen en de oorlog zou in aller oog slechts de vernielers zijn.³⁶

De voortgezette distributie in 1945, de harde financiële politiek – mede om aan de overeenkomsten van Bretton-Woods te voldoen –, en het planmatig economisch beleid kunnen beschouwd worden als een poging de oorlogseconomie voort te zetten met andere doelen. De hoofdmotieven lagen echter dieper.

Er was geen partijpolitieke doorbraak voor nodig om de econometrische planning, die een kernstuk van het sociaal-democratisch denken was geworden, te doen doorbreken. Sinds 1935 was zoveel krediet en zelfvertrouwen opgebouwd dat in februari 1946 de naam van de nieuwe Partij zonder bezwaar kon refereren aan het Plan van de Arbeid. In zijn radiotoespraak van juni 1945 kondigde de minister-president, prof.dr.ir. W. Schermerhorn, de oprichting aan van een wetenschappelijk bureau dat voor de regering een algemeen sociaal econo-

misch-financieel plan moest ontwerpen⁷. De premier en de minister van handel, ir. Hein Vos, van wat wel het 'ingenieurskabinet' werd genoemd, verzochten Tinbergen het Centraal Planbureau, CPB, te leiden.

Vos stond een vrij dirigistische planning voor, maar hij verloor zijn invloed, toen hij in 1946 in het volgende kabinet minister van Verkeer werd. Volgens het koninklijk besluit van 1947⁸ was het CPB een adviserend orgaan, het zou het Centraal Economisch Plan moeten voorbereiden, dat door de regering werd vastgesteld. Tinbergen, met zijn pragmatische visie geen voorstander van een planeconomie, was niet ongelukkig met deze beperkte opdracht. Juist dankzij de doenlijke taak waar het nu voor stond en dankzij het genie van Tinbergen en zijn medewerkers kon het Planbureau zich ontwikkelen tot een instelling van groot gezag en de facto een plannende functie verwerven⁹. Het CPB werd de hoogste arbiter over sociaal-economische voorstellen en het stelde vanaf 1959 meerjarenramingen op. Het bepaalde het nu voor alle partijen gemeenschappelijk beeld van de nationale economie en stuurde zo mede de politieke agenda in de richting van consensus.

Bij de succesvolle doorbraak van de plangedachte in 1945-1946 leken de ideologische pretenties te worden ingeleverd, in feite waren ze door Tinbergen al in de tweede helft van de jaren dertig terzijde geschoven. In 1945 was er tussen orde en economische organisatie – het in oorsprong katholiek-corporatistische gedachtengoed – en ordening en planning geen werkelijke controverse meer¹⁰. Voorzover er nog verschil was tussen beide op het niveau van economisch beleid, was dit gereduceerd tot een kwestie van parameters in de rekenmodellen.

7 [Herstel 1945 p.14] *Herstel en Vernieuwing* /Koningin Wilhelmina en W. Schermerhorn (Radiotoespraken 27 juni 1945). S.l.: Sectie Voorlichting Mil. Gezag, 1945.

8 [Cleeff 1970] 'De voorgeschiedenis van het Centraal Planbureau' /Ed. van Cleeff. In: 25 jaar Centraal Planbureau (CPB Monografie 12). 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1970.

9 Vergelijk [Griffith 1980] 'The Netherlands Central Planning Bureau' /R.T. Griffiths. In: *The Economy and Politics of the Netherlands since 1945* /R.T. Griffiths (ed.). Den Haag: Martinus Nijhoff, 1980, pp. 135-161.

10 Na de oorlog, tegelijk met de opbouw van het CPB, mocht J.A. Veraart de (publiekrechtelijke) bedrijfsorganisatie uitwerken waarover hij in 1918/1919 nog onverzoenlijk met F.M. Wibaut in de clinch had gelegen. Wibauts bestrijding werd zelfs herdrukt. [Veraart 1918] *Vraagstukken der economische bedrijfsorganisatie* /J.A. Veraart. 's-Hertogenbosch: Teulings, 1918. [Wibaut 1919] *De economische bedrijfsorganisatie* /F.M. Wibaut. Amsterdam: Arbeiderspers, 1919¹; 1949².

Overigens had reeds in het interbellum het economendebat zich aan strikte verzuildheid onttrokken. Men ging elkaar niet alleen ridderlijk te lijf in de *Prae-adviezen van de Vereeniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek*. Te beginnen vanuit de relatief technische thematiek van bedrijfseconomie en rationalisatie deelden katholieken en sociaaldemocraten ook publicatiekanalen en zelfs de redactie daarvan, zoals *De Naamlooze Vennootschap* en de *Bedrijfseconomische Encyclopedie*.

Het meest ingrijpende gevolg van de doorbraak van de plangedachte was de algemene aanvaarding dat er een econometrisch beeld van de volkshuishouding was, een model, een beeld als van een machine met knoppen eraan. Tinbergen beschouwde de econometrie ook als een ingenieurswetenschap. De nationale economie was een te besturen ding geworden. Zo sprak Schermerhorn in 1945 van economisch *beleid*, tegenover *politiek* op alle andere terreinen, buitenlandse politiek, onderwijspolitiek, enzovoorts. Ingrijpender dan de vraag welk plan uitgedacht werd, ingrijpender dan de wijze van planning en dan de vraag naar ordening of planning, was de verschuiving in perceptie van de economie.

De econometrie was een publiek herkenbaar verschijnsel. Tinbergen vervulde sinds 1933 een hoogleraarschap aan de Rotterdamse Economische Hogeschool en nu was er het Centraal Planbureau. Nog afgezien van de meer indirecte invloed, waar het hier telkens om gaat, ging er van Tinbergen en het Planbureau, wellicht meer dan van het Mathematisch Centrum, een directe inspiratie uit. Zo kun het gebeuren dat enkele later prominente leerlingen van Van Dantzig hun aanvakenlijke inspiratie om het van de wereld afgewende vak wiskunde te gaan studeren vonden in het voorbeeld van Tinbergen. Deze mensen gingen niet in Rotterdam bij Tinbergen studeren, maar in Leiden en kwamen voor de toepassingsgerichte afronding van hun studie naar Van Dantzig in Amsterdam¹¹.

Het publiek buiten de economische wetenschap was door de mathematisering ervan niet per se geraakt. Bovendien was dit niet het enige wat deze wetenschap te bieden had; ze herbergde ook nog altijd de 'literaire' stroming. Dankzij de instelling van het CPB echter werd nu voor iedere Nederlander de gemathematiseerde perceptie van de economie een reëel gegeven. Als techniek was ze aanvaardbaar. Dankzij de instrumentele realisatie ervan was mathematisering een onontkoombaar gegeven.

De gemathematiseerde perceptie van de economie was nergens in tegenspraak met de Nederlandse cultuur¹², ze liep wel vooruit op andere terreinen en beïnvloedde die ook. In de wetenschap maakten bijvoorbeeld bedrijfseconomie en bedrijfsorganisatie gelijktijdig dezelfde ontwikkeling door. De ontwikkelings-economie volgde onmiddellijk. Deze specialisatie ontstond eigenlijk pas onder aanvoering van Tinbergen en Theil als econometrie van ontwikkelingslanden;

11 interview G. de Leve 6-12-1989.

12 a. Katholieke orderingsideologen als Cobbenhagen en Veraart hielden een bepaald andere visie op de economie levend.

b. Maurice Blanken geeft een blik op de Nederlandse samenleving juist onder het gezichts-punt van de neiging tot organisatie, planning en sturing in [Blanken 1976] *"Force of Order and Methods". An American View into Dutch Directed Society* /Maurice C. Blanken. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1976.

‘ontwikkelingsprogrammering’ noemden ze het. Het politieke discours veranderde erdoor, de visie op de onderneming, op sociale wetgeving. In het algemeen stond het CPB voor dat herlevend vooruitgangsgeloof dat men achteraf het geloof in de ‘maakbaarheid van de samenleving’ is gaan noemen. Het was een vooruitgangsgeloof dat niet al te nadrukkelijk als verbale begeleiding aanwezig was, en dat hoefde ook niet meer want het zat in de instrumenten zelf. Het beleidsinstrument, het CPB in dit geval, was uitdrukking van vooruitgangsgeloof. Bij de opkomst in de jaren vijftig van de moderne deskundige was al een basisvoorbeeld¹³ aanwezig: de medewerker van het Centraal Planbureau.

Planmatigheid was een belangrijk element van het naoorlogs herstel. De feitelijke adviserende planning was een vorm van wiskundig modelleren. De invloed in ruimere kring ging primair uit, niet van het plan, maar van het feit van planning, een feit dat een gemathematiseerde perceptie van de economie inhield.

Nu was mathematisering van de economie niet nieuw; sinds Adam Smith was de economie onderzocht onder het aspect van structureerbaarheid. Diens metafoor van de prijsvorming als door onzichtbare hand geleid gaf uiting aan de ontologische aanname van mathematiserbaarheid van de economie, de aanname die sindsdien is gelezen als een oproep om in de relatie tussen vraag en aanbod te zoeken naar wetmatigheden, naar de structuur van die niet-hand. Dat is wat de theoretisch economen van Cournot tot Debreu gedaan hebben, ook de vroege conjunctuuronderzoekers en de jonge Tinbergen. Zij zochten absolute theorie¹⁴ betreffende het economisch leven.

In de econometrie, in het bijzonder in de econometrische planning, gebeurde iets anders. Deze was praktisch gericht, hier waren de criteria van geldigheid anders. Ten eerste was in 1936 de mathematisering expliciet gemaakt in het econometrisch modelleren. Ten tweede was het economisch modelleren *als zodanig*¹⁵ technisch gerealiseerd, en met het CPB ingezet als beleidsinstrument.

Datgene wat Chandler met betrekking tot de bedrijfsvoering de zichtbare hand¹⁶ heeft genoemd, en het CPB verdient die metafoor evenzeer, vooronderstelt nog immer de onzichtbare. Planning, de mogelijkheid tot ingrijpen, berust

13 De waterstaatingenieur is mijns inziens binnen de Nederlandse samenleving het archetype van de traditionele expert. Vergelijk [Lintsen 1980] *Ingenieurs in Nederland in de Negentiende Eeuw. Een streven naar Erkenning en Macht*/Harry Lintsen. 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1980.

14 Vergelijk (§ 2.3) over Ehrenfests invloed op Burgers en Tinbergen.

15 In de planmatigheid van de oorlogseconomie, of in de vijfjarenplannen van de Sovjet-Unie was ook de structureerbaarheid van de economie aangenomen en de mathematisering van de economie gerealiseerd maar niet in een techniek die op zichzelf juist de kennis van de economie tot uitdrukking brengt. Hier wel, daarom: ‘als zodanig’.

16 [Chandler 1977] *The Visible Hand. The Managerial Revolution in American Business*/Alfred D. Chandler. Boston: Harvard UP, 1977

op het veronderstelde wetmatige karakter van de economie en vervangt derhalve juist niet de economische 'wetten'. Deze paradox verscheen impliciet in het economendispuut, in het ongrijpbare Von Mises-probleem en in de onbeslisbaarheid van de kwestie 'regeling of vrijheid'¹⁷.

De naoorlogse planmatigheid was dus niet zonder meer het herleefde vooruitgangsgeloof van de Verlichting. Het verlichtingsdenken was gestold in wetenschappelijk modelleren, was zelf van ideologie tot instrument geworden. De Verlichting was schijnbaar geneutraliseerd, een verworvenheid geworden waarop als vanzelfsprekend een ongelimiteerd beroep kon worden gedaan. Dat ook bij de instrumentele gestalte van dit denken de idealiserende aannames van de Verlichting verondersteld blijven, was de – wel als vooruitgangsgeloof gesignaleerde, maar niet in zijn verhouding tot het instrumentarium begrepen – onbetaalde ideologische rekening van de naoorlogse vernieuwing.

17 Vergelijk [Dullaart 1984] *Regeling of vrijheid. Nederlands economisch denken tussen de wereldoorlogen* / M.H.J. Dullaart (diss. EUR). Rotterdam: bij de auteur, 1984.

5.2. Industrialisatie

Eerder dan verkiezingen na de bevrijding waren er textielverkiezingen. Het gebeurde wel vaker dat de warenhuizen bij gebrek aan goederen iets tentoonstelden. Dit keer, van 21 januari tot 9 februari 1946 in de Bijenkorffilialen, was er een enquête aan verbonden. De 'Textielverkiezingen 1946' was een marktonderzoek naar de behoefte aan textielgoederen, uitgevoerd in de vorm van een simulatiespel. Op voorstel van het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek zelf had De Bijenkorf dit bureau opdracht tot het onderzoek gegeven. De deelnemers werd gevraagd om naar actuele behoefte voor een heel jaar een pakket ter grootte van honderd textielpunten – ongeacht de prijs, doch onder 'kiesche' atendering op de relatie tussen soort artikel en welstand – samen te stellen uit de tentoongestelde collectie. Vijfduizend mensen lieten zich op deze wijze enquêteren. Het adviesbureau produceerde een gedetailleerde inventarisatie van textielbehoefte onder de Nederlandse bevolking, opdat fabrikanten en handel zich hierop konden richten en opdat de consument het beste gediend zou zijn. Zoveel groepen gediend, dit moest wel het algemeen belang zijn.

De decante frivoliteit van de titel van het onderzoek, het feit van marktonderzoek, het dienen van de gemene zaak met bovenpolitieke redelijkheid, dit alles mag eventueel als typisch naoorlogs beschouwd worden. De initiatiefnemers, J. Sittig en J. van Ettinger van het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek, stelden hun eigenlijke doelen op de langere termijn. Hun oogmerk was het om de industrialisatie van het Nederlandse bedrijfsleven een fase verder te voeren. Ze richtten zich bewust op de nog sterk ambachtelijke en in hun ogen achtergebleven sectoren van de bouw en de textiel. In Bijenkorfdirecteur G. van der Wal vonden zij een verlicht bedrijfsleider en een bondgenoot op het pad van rationalisatie.

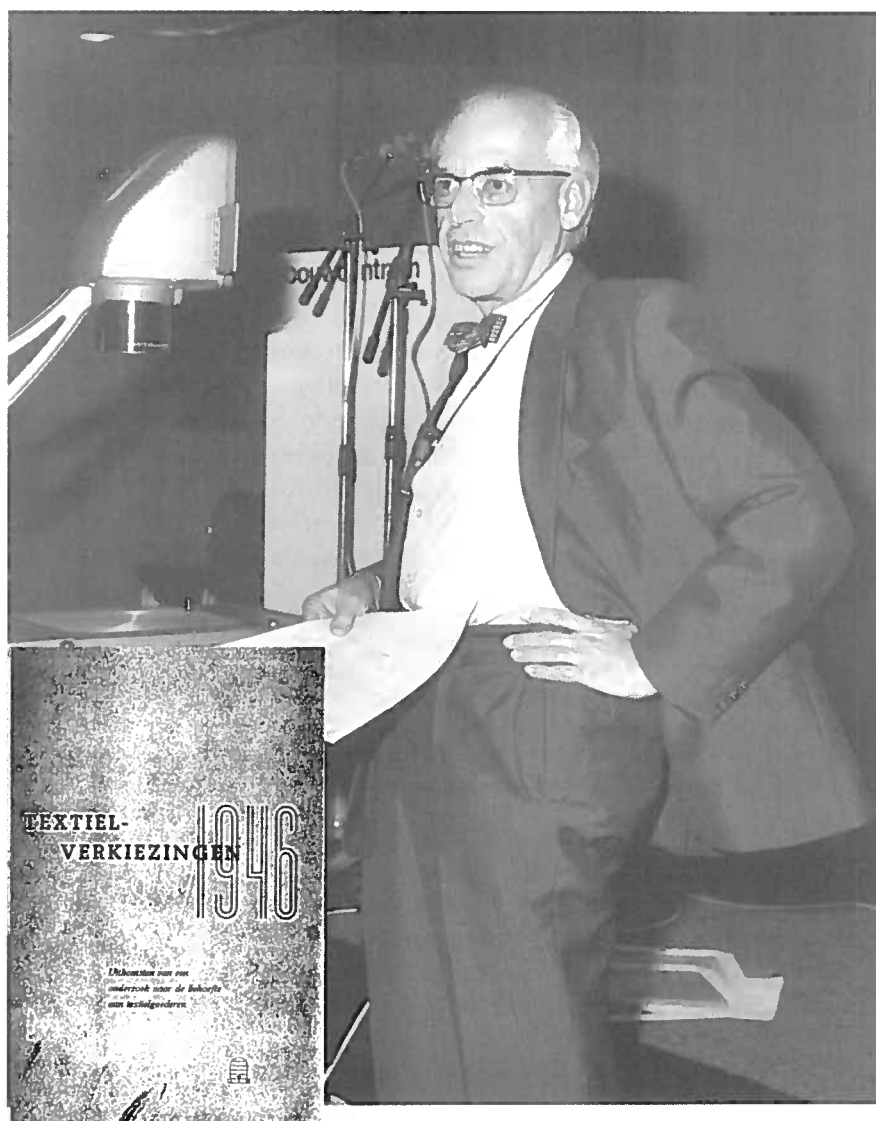
Industrialisatiepolitiek is elders uitgebreid besproken¹⁸. Behoudens een onderwijspolitiek aspect, de kwestie van 'ingenieursdichtheid', beperkt de bespreking hieronder zich tot het bedrijfsniveau: rationalisatie en de opkomst van de bedrijfskunde.

18 Met name: [Böhl 1981] *Nederland industrialiseert! Politieke en ideologische strijd rondom het naoorlogse industrialisatiebeleid 1945-1955* /Herman de Liagre Böhl, Jan Neekers en Laurens Slot (red.). Nijmegen: SUN, 1981.

[Fortuyn 1980] *Sociaal-economische politiek in Nederland 1945-1949* /Pim Fortuyn (diss. RUG). Alphen aan den Rijn: Samsom, 1980.

[Hen 1980] *Actieve en re-actieve industriebeleid in Nederland. De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* /P.E. de Hen. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1980.

[Dercksen 1986] *Industrialisatiepolitiek rondom de jaren vijftig: een sociologisch economische beleidsstudie* /W.J. Dercksen: Assen: Van Gorcum, 1986.



J. Sittig van het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek, hier gefotografeerd rond 1970, was de initiatiefnemer van de 'Textielverkiezingen 1946' bij De Bijenkorf.

5.2.a. Goudriaan en de efficiënte bedrijfsorganisatie

‘Maak geen schema’s van regelingen, die gij met een paar woorden kunt omschrijven. Maar ook geen schema’s, die ingewikkelder zijn dan de regeling zelf. Maak alleen schema’s, wanneer zij een bepaalde organisatie, *beknopt, overzichtelijk*, en vooral *bevattelijk* weergeven.’¹⁹

Wie organisatieschema’s maakt om een bedrijf te leiden of te ontwerpen, voltrekt een mathematisering en daar was het dr.ir. Jan Goudriaan (1893-1974) precies om te doen. De weg naar de mathematische abstractie sneed hij af: ‘Men maakt geen schema’s om het schema’. De bedoeling van schema’s was uitsluitend een ‘helder en eenvoudig beeld’ – hetzelfde woord beeld dat Hertz en Wittgenstein gebruikten. Organisatieschema’s waren al in gebruik, zoals de illustraties laten zien, maar Goudriaans overzicht en typologie (schema’s voor personeel- en functie-indeling; productie- en administratie-schema’s; schema’s van de doorlopen weg) voegden een zekere synthese toe. En zijn voorbehouden waren de typische begeleidende reflecties van een eerste pleidooi, een pleidooi voor bezonnen mathematisering. Het was alleen wat lichtvoetiger dan bijvoorbeeld bij Van Dantzig of Tinbergen.

‘Ook heb ik opzettelijk niet besproken verschillende schema’s in Duitse en Nederlandsche tijdschriften, welke de gang van zaken bij de boekhouding in beeld willen brengen. Deze zijn er m.i. wel in geslaagd de eenvoudige grondgedachte der dubbele boekhouding ingewikkeld en soms zelfs ietwat mystiek te behandelen, maar zij zijn minder bruikbaar om de ingewikkelde details dier boekhouding overzichtelijk te groeperen. En dat had men toch eigenlijk van hen mogen verwachten.’²⁰

Jan Goudriaans politieke en maatschappelijke carrière was nogal woest in vergelijking met die van Tinbergen. Beiden opereerden op de ‘wetenschappelijke’ vleugel van de sociaal-democratie, maar Goudriaans instelling, zijn aanmatigende uitspraken, ‘economie in zestien bladzijden’, zijn mars door het bedrijfsleven (de scheepswerf Fijenoord, Philips en de Nederlandse Spoorwegen) en zijn tijdelijke onmin met de SDAP, maken het bijna onmogelijk van geestverwanten te spreken. Toch bemoeide hij zich ook met ethiek en toch schiep zijn politieke hoofdwerk *Socialisme zonder dogma’s*²¹ juist binnen de partij de ruimte voor Tinbergen.

Goudriaan, die bovendien bekend was door zijn ageren tegen het vasthouden aan de gouden standaard en door het feit dat hij in 1938 door de minister gearachuteerd was als directeur van de Nederlandse Spoorwegen, was bij het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog zozeer een nationale figuur geworden, dat zowel de oprichters van de Nederlandse Unie in 1940 als degenen die in Sint Michielsgestel de basis legden voor de Nederlandse Volksbeweging ver-

19 [Goudriaan 1924 p.101] ‘Over organisatie-schema’s’ /]. Goudriaan. In: *Administratieve arbeid. Maandblad voor rationele werkmethode*. 2-4,5,7 (1924).

20 Ibidem.

wachtingen van hem koesterden. Op geen van beide ging hij in – hij noemde in zijn memoires het eerste initiatief verkeerd ingeschat, het tweede overtrokken²².

Goudriaans werkterrein, de bedrijfsleer, lag direct naast dat van Tinbergen; zijn aspiraties om efficiency te bereiken door een kwantificerende en structurerende benadering waren dezelfde. Karakteristiek voor dit streven was het proefschrift over *De doelmatigheid van de Amsterdamsche broodvoorziening*²³, waarop hij in 1922 in Delft promoveerde bij J.G.C. Volmer en I.P. de Vooyo. Dit werk als geheel is een voorbeeld van mathematisering, het bevat bovendien een aantal detailvoorbeelden van mathematisering.

Goudriaan werd al in 1926 buitengewoon hoogleraar bedrijfsleer aan de Handelshoogeschool (later NEH, respectievelijk EUR) in Rotterdam. Echt thuis was hij aan de Technische Hoogeschool in Delft, waar hij met een tweede buitengewone leerstoel zijn in 1935 overleden leermeester Volmer opvolgde²⁴. Daar had hij promovendi, een zestal, en daar werd hij in 1950, bij zijn vertrek naar Zuid-Afrika, zowel in de bedrijfsleer, door B.W. Berenschot, als indirect in de mathematische statistiek, door J. Hemelrijk, opgevolgd.

Goudriaan gaf er vanaf 1946 colleges mathematische statistiek – in overleg met Van Dantzig opvolger S.C. van Veen die de aansluitende waarschijnlijkheidsrekening verzorgde –, hetgeen voor Delft nieuw was en in een behoefte voorzag. Maar bij zijn vertrek bleek dat zijn colleges te slordig waren gevonden, men wilde een vakkracht. W. Baarda, lector in de geodesie – en vernieuwer in

21 [Goudriaan 1933] *Socialisme zonder dogma's IJ*. Goudriaan. Haarlem: Tjeenk Willink, 1933.

Al eerder had Goudriaan zich over ethiek gebogen in een stijl ver weg van het ethisch socialisme, maar met een politieke strekking dicht bij de plansocialisten. Het criterium voor zedelijk handelen is dat de zaak zelf tot zijn recht komt. Na de overgang van handelskapitalisme naar ondernemerskapitalisme is de ondernemer niet meer primair op winst gericht, maar op coninuiteit van de onderneming. Dan is er geen noodzakelijke tegenstelling tussen het welbegrepen eigenbelang van de ondernemer en het belang van de arbeider.

[Goudriaan 1928] 'De ethiek van de bedrijfsleiding' IJ. Goudriaan. In: *De Naamlooze Vennootschap VI* (1928) pp.324-327;356-359.

22 [Goudriaan 1961] *Vriend en vijand. Herinneringen aan de Nederlandse Spoorwegen 1938-1948 IJ*. Goudriaan. Amsterdam: De Bezige Bij, 1961. Deze memoires zijn deels een apologie betreffende zijn rol bij de spoorwegen. Een oordeel over aard en gewicht van die verzoeken om medewerking aan N.U. en N.V.B. valt buiten het bestek van deze bespreking.

[Zwan 1991] *Goudriaan in botsing met de NS: koopman in dienst van de gemeenschap I* Arie van der Zwan. Schiedam: Scriptum, 1991.

23 [Goudriaan 1922] *De doelmatigheid van de Amsterdamsche broodvoorziening IJ*. Goudriaan (diss. T.H. Delft). Amsterdam: Roossen, 1922.

24 Veraart vertelt het smeuge verhaal van de atmosfeer in Delft met Volmer en Goudriaan. [Veraart 1955] 'Recht en economie' IJ.A. Veraart. In: [Kamp 1955 pp.168-179] *De Technische Hogeschool te Delft 1905-1955 I* A.F. Kamp (red.). 's-Gravenhage: Sdu, 1955.

dat vakgebied – was secretaris en drijvende kracht van de commissie van de Delftse senaat die een deeltijdse leerstoel in de mathematische statistiek voorbereidde. Baarda had zich bijzonder laten inspireren door het naoorlogse werk van Van Dantzig en voor het buitengewoon hoogleraarschap werd in 1952 Van Dantzigs leerling J. Hemelrijk voorgedragen.

De sociaal-democraten hadden niet het alleenrecht op vooruitgangsgeloof en al helemaal niet op rationalisatiestreven. Philips, bijvoorbeeld, kocht voor de kwaliteitscontrole op de gloeilampenproductie al in 1920 dr. W. Geiss weg bij concurrent Osram. In 1921 en 1922 liet het bedrijf eenvoudig Volmer naar Eindhoven komen voor een cursus bedrijfsorganisatie voor zijn hoger personeel. In 1928 trok Philips een blik Rotterdamse hoogleraren, onder wie Volmer en Goudriaan, open voor negen bedrijfswetenschappelijke voordrachten²⁵. In datzelfde jaar kwam Goudriaan bij de firma in dienst. Na de Tweede Wereldoorlog hadden Philipsmedewerkers hun aandeel in de meer op de voorgrond tredende bedrijfsleer en kwaliteitsbeheersingstechnieken.

De bedrijfsleer groeide pas veel later uit tot de afzonderlijke studie bedrijfskunde, in 1965 aan de TH Eindhoven²⁶. Ook op dat terrein was Goudriaan de essentiële tussenfiguur, de persoon die een vaag afgebakend terrein ontgon, maar aan oogsten niet toekwam. Dat terrein bestond uit de kwantitatieve hulpmiddelen voor efficiënte bedrijfsvoering.

Voorzover er in Nederland een academische traditie was waarop de bedrijfskunde later kon aansluiten, bestond die in Delft bij de leerstoelen bedrijfsleer, in de Afdeling Algemene Wetenschappen, en mechanische technologie, in de Afdeling Werktuigbouwkunde. Daar doceerden Goudriaans beide promotoren, respectievelijk J.G.C. Volmer van 1909 tot 1935 en I.P. de Vooy van 1911 tot 1930. De laatste gaf onder meer typische efficiency-vakken als werkplaatstechniek en werkplaatsinrichting. Goudriaan vormde de verbinding tussen het streven naar wetenschappelijke bedrijfsvoering van mensen als Volmer, De Vooy, E. Hijmans en V.W. van Gogh²⁷ en de aanzetten tot bedrijfskunde.

25 [Bedrijfswetenschappelijke 1928] *Bedrijfswetenschappelijke voordrachten* [J.G.Ch. Volmer e.a. Eindhoven: Philips' Onderwijs en Volksontwikkeling, 1928.

26 Het traject naar een volledige academische opleiding liep bepaald kronkelig via stichtingen en interuniversitaire instituten, zie [Balen 1995] *Management en hoger onderwijs. De geschiedenis van het academisch managementonderwijs in Nederland* [P.J. van Baalen. s.n.: s.l. (diss. EUR), 1995.

27 [Bloemen 1988] *Scientific Management in Nederland 1900-1930* [E.S.A. Bloemen (diss. RU Leiden). Amsterdam: NEHA (Series III Vol 3), 1988.
[Volmer 1934] *Van boekhouden tot bedrijfsleer. Een bundel opstellen ter gelegenheid van zijn vijftienvintigjarig hoogleeraarschap door oud-studenten aangeboden aan Prof. Dr. J. G. Ch. Volmer* [redactie M.J.H. Cobbenha-gen, J. Goudriaan, N.J. Polak. Wassenaar: Delwel, [1934].



J. Goudriaan bepleitte vele vormen van rationalisatie. Het schematiseren als middel daartoe besprak hij expliciet. Uit [Goudriaan 1924]

De abrupte omslag in 1930-1931 in de Verenigde Staten van de Scientific Management Movement in *management science*, vond in Nederland geleidelijker plaats. Het was de overgang van de luidruchtige ideologie van de Verlichting naar een expliciet op wiskundig denken leunende en wiskundig instrumentarium vragende discipline.

Het instrumentarium bestond aanvankelijk uit een betrekkelijk losse verzameling statistische en grafische technieken. De synthese stond op het niveau van de persoon die moderne bedrijfsvoering voorstond. Van Gogh en Hijmans en de Amerikaan Gilbreth, die ervoor naar Amsterdam reisde, waren zulke personen en Goudriaan zette hun traditie voort bij Fijenoord, bij Philips en bij de Spoorwegen en als hoogleraar. Goudriaan was een voorbode van de volgende generatie, doordat hij de wiskundige kern van de rationalisatietechnieken aanwees. Hij maakte een begin met het verleggen van het synthese-niveau van de persoonlijke inzet naar de methodische, veelal wiskundige, basis.

Na de oorlog gaf Goudriaan colleges mathematische statistiek en promoveerde M.G. Ydo bij hem op het ethisch-socialistisch gemotiveerde en statistisch uitgewerkte proefschrift *Plezier in het werk*²⁸. In de Verenigde Staten was de houding van de wetenschappelijke bedrijfsvoering een hooggewaardeerde en gepropageerde mentaliteit geworden²⁹; in Nederland zat de houding nog verpakt in de wederopbouwlectuur³⁰, maar ook hier kon men in de bioscoop kennismaken met het leven van genoemde Gilbreth onder het motto: *Voordeliger per dozijn*.

5.2.b Van Ettingers kwaliteit en de evolutie van de statistiek

'Naarmate de verschijnselen ingewikkelder worden, groeit de behoefte om een bepaald onderdeel of verrichting niet met vele woorden te omschrijven, maar kort en scherp te karakteriseren door één tekenen, dat onmiddellijk tot de aanschouwing spreekt. Een modern hiëroglifenschrift dus, [...]'³¹

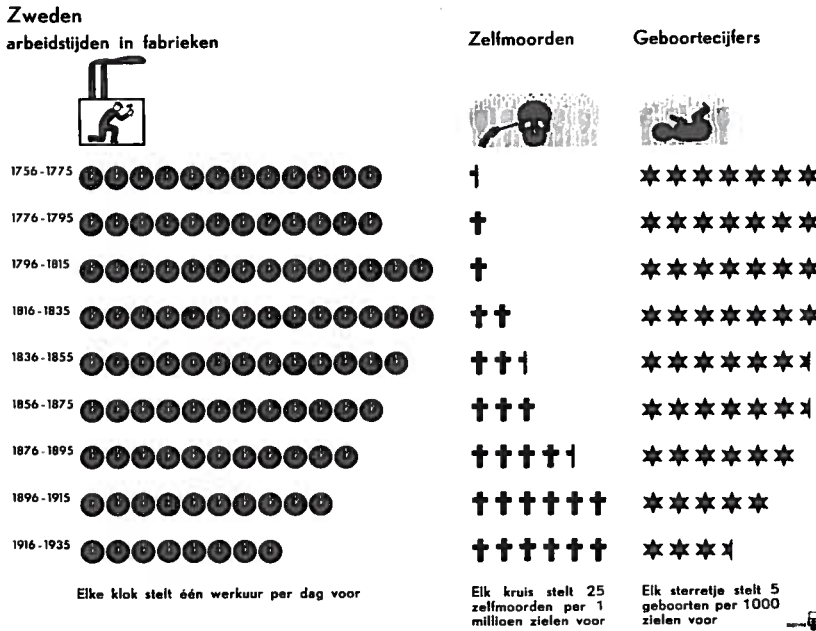
Otto Neurath, de organisator van de Wiener Kreis die in 1934 naar Nederland kwam en zowel met Van Dantzig en de Signifische Kring als met Tinbergen

28 [Ydo 1947] *Plezier in het werk. Een statistisch vergelijkend onderzoek naar de mate van plezier in het werk bij het personeel van enige middelgrote, particuliere, industriële bedrijven in ons land* / M.G. Ydo (diss. TH Delft). Leiden: Stenfert Kroese, 1947 (Verh. Inst. Praeventieve Geneeskunde X).

29 [USA 1951] *U.S.A. the Permanent Revolution* / The editors of *FORTUNE* and Russell W. Davenport. New York: Prentice Hall, 1951.
[Gilbreth 1949] *Cheaper by the Dozen* / Frank B. Gilbreth jr. and Ernestine Gilbreth Carey. New York, 1949 / London: Heinemann, 1949 (Ned. vert. *Voordeliger per dozijn*. Amsterdam: Breughel, 1951).

30 Vergelijk onder vele het driedelige [Hymans/Mey 1946] *Mensch en Samenleving* / Ernst Hymans en Abram Mey. Utrecht: De Haan, 1946-48.

31 [Goudriaan 1924 2-7 p.5]



De ISOTYPE beeldtaal van Otto Neurath en Gerd Arntz heeft de Nederlandse statistiek diepgaand beïnvloed (uit: Neurath 1942). Karakteristiek waren de door Arntz ontworpen symbolen en het adagium dat een grotere hoeveelheid door een overeenkomstig groter aantal van dezelfde symbolen werd weergegeven.

contact opbouwde, had zo'n hiërogliefenschrift ontwikkeld onder de naam ISOTYPE, International System Of Typographic Picture Education. Hij had niet zozeer de technische wereld op het oog, als wel de hele wereldgemeenschap. Het was de ondubbelzinnige communicatie tussen mensen die hem evenzeer als de signfici interesseerde. Met de symbooltaal ISOTYPE legde Neurath zich toe op de aanschouwelijke statistiek, *Bildstatistik*, en daarmee verdienden hij en zijn vaste tekenaar Gerd Arntz hun brood in de Stichting voor Beeldpedagogiek. Het meest onderscheidende dogma van de statistieken van Neurath en Arntz was de weergave van verhoudingen tussen hoeveelheden in aantallen van hetzelfde symbool en niet in grootte van het symbool. Het meest onderscheidende bij terugblik is de visuele, artistieke en druktechnische kwaliteit van de staatjes. Ritmisch, helder, simpel en anti-barok; simplistisch en gericht op het massapubliek was het de bebop van de grafische techniek. 'Logische Einheitlichkeit und optische Klarheit verbinden, das wäre fein.'³² De ver-

32 Neurath in brief aan G. Mannoury, 1934; geciteerd in [Bochove 1986: p. 38] 'Waarom het leger de oorlog verloor; het debat tussen Gerrit Mannoury en Otto Neurath over taal en kennis, 1937-1940' /Aart van Bochove (scriptie RUG). Groningen: bij de auteur, 1986.

beelding van de wereld in overzichtelijke stapeltjes en rijtjes, daarvan had ieder land zijn propagandisten. In Nederland kende deze wereldverbeelding een aanzienlijke verbreiding en daarvoor was de kwaliteit van Arntz' werk mede verantwoordelijk.

In dezelfde tijd waarin zich een mathematische en een logisch-axiomatische reflectie op de statistiek voltrok, kwam in ISOTYPE en beeldstatistiek het resultaat van een psychologisch-communicatieve (cognitieve, zou men tegenwoordig zeggen) reflectie naar voren. De beeldstatistiek was een krachtig vehikel voor een elementair gemathematiseerd wereldbeeld.

'Es handelt sich um ein umfassendes System, nicht nur für die Darstellung sozialer Tatbestände. Es besteht ein Zeichenlexikon und eine Art Bildgrammatik.'³³

De drift tot beschrijven, classificeren en eenduidig benoemen van de wereld contrasteerde met de gelijktijdige boodschap van de filosofen dat dat niet ging, met het inzicht dat kennis en duiding omtrent de wereld relatief waren – Manoury en Van Dantzig verabsolueerden dit inzicht weer tot de leer van het relativisme. Het was de tijd van Mach en niet die van Comte; de Wiener Kreis was het Machgenootschap. Het was de tijd van de wending naar de taal. Het ging er deze driftige bewegingen dan ook om om, wanneer de positieve objectiviteit van de buitenwereld niet langer uit zichzelf vastlag, deze objectiviteit te construeren uit betrouwbaar geachte formele taalmiddelen en het resultaat aan de wereld op te leggen; het ging erom althans ondubbelzinnig te communiceren. Dat was, ongeacht de formalistische of conventionalistische variant van het antwoord op het filosofisch dilemma, de ideeënhistorische achtergrond van het ongeduldig streven naar een universele beeldtaal, naar bibliografische en documentaire classificatie-systemen, naar standaardisatie en normalisatie.

Efficiency, documentatie, standaardisatie, normalisatie en rationalisatie waren niet zomaar begrippen, ze stonden voor de oorlog voor bewegingen, marginale bewegingen met sterke overlap en verwantschap. Men kan ze desgewenst als één beweging beschouwen – de eenheid bestond ook concreet in het NIVE, Nederlands Instituut voor Efficiency – met op de ene flank het documentatiestreven, op de andere het streven naar wetenschappelijke bedrijfsvoering. In dat klimaat viel de beeldstatistiek op haar plaats. In dat klimaat ook ontwikkelde het grote redden van de wereld een technische pendant. Een deel van de aanhangers van de herleefde luidruchtige verlichtingsideologie zocht in dit verband zijn heil in concrete wiskundige hulpmiddelen.

De ene flank beleefde een doorbraak met de omzetting van het mededelingenblad van het NIVE in een heus tijdschrift, *Tijdschrift voor Efficiency en Documentatie* (1944). Op de andere flank zorgde een groep rond Van Ettinger na de

33 Ibidem.

oorlog voor een doorbraak van bedrijfsvoeringskant van het gedachtengoed. Zij richtten de Vereniging Voor Statistiek, VVS, op en het blad *Statistica*.

NSS

Ir. Jan van Ettinger (1902-1981), net als Goudriaan een leerling van Volmer, werd in 1940 van CBS-medewerker algemeen secretaris van de nieuwe Nederlandsche Stichting voor Statistiek, NSS.

Neurath vluchtte in 1940 naar Engeland om er ten derden male een ISOTYPE-instituut op te zetten³⁴. Arntz werd als tekenaar aan het CBS verbonden en om zijn talenten als voorheen aan de man te kunnen brengen richtte men de NSS op. De stichting verwierf inderdaad opdrachten om bijvoorbeeld de aanschouwelijke statistiek van bedrijfsjaarverslagen te verzorgen, waarvoor ze dan Arntz inhuurde van het CBS. Van Ettinger wist die contacten te benutten voor het verkopen van efficiency-adviezen. Hoofdactiviteit gedurende de oorlogsjaren werden echter de schriftelijke cursussen statistiek, onder meer bedrijfsstatistiek. In de veilige schaduw van het CBS groeide deze winkel in adviezen en verzendhuis in kwantitatief gedachtengoed uit tot een staf van rond de tien medewerkers.

Om het verbod op 'Nachkriegsplanung' te omzeilen werd een deel van voorbereiding van de fysieke wederopbouw, het deel dat mikte op een rationelere aanpak van de bouwactiviteiten, in 1943 ondergebracht in het Bureau Documentatie Bouwwezen en ook hiervan kreeg Van Ettinger de leiding.

In het zicht van de bevrijding barstte de NSS uit haar voegen door een overmaat aan vernieuwingsdrang. Van Ettinger ging zich geheel wijden aan de modernisering van de bouw. Naast het Bureau Documentatie Bouwwezen was in januari 1944 de Stichting Ratiobouw opgericht; in augustus 1945 volgde de Stichting Bouw, uitgeefster van het weekblad *Bouw*, met Van Ettinger als directeur, en in september 1946 de Stichting Bouwcentrum, met dezelfde directeur. In 1948 verhuisde het hele conglomeraat naar het Bouwcentrum in Rotterdam³⁵.

Na Van Ettingers vertrek bij de NSS gingen ook de voornaamste medewerkers heen. Het Centraal Bureau voor de Statistiek was nog immer het bolwerk van de statistiek, de ambtelijke, beschrijvende statistiek, ondanks de meer dynamische en mathematische beschouwingwijze van het conjunctuuronderzoek binnen zijn muren. De Nederlandse Stichting voor Statistiek was vanuit het

34 [Stadler 1982] *Arbeiterbildung in der Zwischenkriegszeit. Otto Neurath - Gerd Arntz* /Friedrich Stadler (Hrsg.). Wien/München: Löcker Verlag, 1982.

35 [Collette 1989] 'Bouwen met wiskunde' /P.M.J.L.P. Collette. In: [Alberts e.a. 1989 pp.17-34] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos en J.Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.

Opvallend is dat net als bij het Mathematisch Centrum in de eerste decennia stichting en gebouw van het Bouwcentrum samenvielen.

CBS gecreëerd en toen de stichting in 1945 haar wiskundige oriëntatie en haar gerichtheid op het bedrijfsleven wilde doorzetten, was de schaduw van het CBS in het bestuur van de stichting sterk genoeg om dit streven te blokkeren. Tijdens de oorlog had het CBS zich bepaald meer vernieuwingsgezind getoond dan daarna; kennelijk was de uitzonderingstoestand voorbij. A.R. van der Burg keerde de NSS de rug toe en ging naar het in 1939 opgerichte bedrijfsadviesbureau Berenschot. J. Sittig, diens oud-cursist en collega, richtte samen met Van Ettinger het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek, ATS, op, dat ook al bij het Bouwcentrum zou intrekken.

De NSS zelf bleef bestaan, ontwikkelde de nieuwe cursussen Statistisch Analist voor een intussen sterk ingekrompen cursusmarkt en sloeg haar vleugels uit met een nieuw specialisme: de enquête. Steeksproefsgewijs het publiek naar haar mening vragen was een nieuwigheid, die werd ingezet voor marktonderzoek en vooral voor opiniepeiling. Vóór de verkiezingen van mei 1946 waren er in januari-februari de 'Textielverkiezingen 1946' van het ATS, in april en mei een drietal 'Proefverkiezingen'³⁶.

Midden jaren dertig was Gallup in de Verenigde Staten begonnen met deze zogenaamde polls en diens bureau had navolging en perfectionering gevonden in het AIPO, American Institute for Public Opinion, het CIPO in Canada, het BIPO in Engeland en na de bevrijding het NIPO, Nederlands Instituut voor de Publieke Opinie. Het NIPO en de NSS zonden in 1946 mensen naar het BIPO om de kneepjes van het vak te leren. NSS en het bekendere NIPO speelden een hoofdrol in het meten, en daarmee beïnvloeden, van 'de stemming in Herrijzend Nederland'³⁷. Ze hielpen bij het scheppen van 'de publieke opinie' als een meetbaar gegeven. Daardoor en door de inhoud van de vragen droegen ze ertoe bij dat moderniteit en nijverheid steeds bijzonder present waren in de openbaarheid.

Rechtstreeks, maar ongetwijfeld minder ingrijpend, was de betrokkenheid van de NSS bij de industrialisatiepolitiek, toen ze in de jaren vijftig onderzoek deed voor de Contactgroep Opvoering Productiviteit en voor de Werkgroep Typebeperking in de Industrie.

De marktonderzoekers en opiniepeilers wisten zich actief in het algemeen belang en gaven uiting aan hun zelfbewustzijn met extra onderzoeksinspanning, met persberichten en met het tijdschrift *De Publieke Opinie* (1946-1949).

36 [Varangot 1946] 'Enkele statistische aspecten van het opinie-onderzoek' /V. Varangot. In: *Statistica* 1(1946/47) pp.119-123.

37 Vergelijk [Blom 1981] 'Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945-1950)' /J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158] *Herrijzend Nederland. Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* /P.W. Klein en G.N. van der Plaat (red.). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (= *BMGN* 96-2). Herdruk in [Blom 1989 pp.184-217].



J. van Ettinger, de man van de vele stichtingen, plaatste de 'statistica' in dienst van het herstel

De Nederlandse bevolking wist zich beluisterd en was daar gezien de massale deelname aan deze en andere onderzoeken niet afkerig van³⁸.

De bedrijfsadviseurs zaten dicht op het mentaliteits- en het technisch aspect van industrialisatie. Voor de 'Textielverkiezingen 1946' stonden de klanten van De Bijenkorf in de rij – Sittig vermeldt dat de koningin zich de brochure liet bezorgen³⁹. Zoals in het algemeen de werkelijkheid zich niet vanzelf voegt naar mathematisering, zo bleek ook hier een zeker residu niet op voorhand aan de aanname van structureerbaarheid te voldoen. Het ontbrak in de textiel aan een eenduidig maatsysteem; ook sprak hier de behoefte aan ondubbelzinnige hiërogliefen en het streven verspilling (pompkosten) te voorkomen. Het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek verwierf de vervolgoopdracht zo'n maatsysteem te ontwerpen en opnieuw kostte het geen moeite vijfduizend

38 Privacy was slechts een punt van zorg voor de onderzoekers, die vreesden dat de ondervraagde uit vrees voor herkenning een vragenlijst niet eerlijk zou invullen. Niet-anonieme enquêtes onder een volledige populatie waren niet ongewoon, bijvoorbeeld het onderzoek naar studiemotivatie onder Delftse studenten (§7.1) of de jeugdregistratie te Eindhoven in 1948 (hoofdstuk 1).

39 Voordracht CWI 7-2-1991.

vrouwen tot medewerking te bewegen. De medewerking bestond in het zich in twintig dimensies de maat laten nemen. De Bijenkorf liet het prestigieuze resultaat in boekvorm uitgeven. *De Juiste Maat*⁴⁰ is nog altijd een voorbeeldig verslag van statistisch advieswerk. De textielbranche nam het aanbevolen maatsysteem niet over, daarvoor was de marktpositie van De Bijenkorf te sterk – de andere concerns vreesden zich uit te leveren aan een geduchte concurrent – en zijn macht te klein. Het ATS, intussen, kon zich geen betere propaganda wensen, dan twee opeenvolgende grote opdrachten die in de openbaarheid gebracht mochten worden, in een tijd waarin bedrijfsadviesbureaus niet adverteerden⁴¹ – *not done*, men begaf zich niet in het openlijk gewoel der particuliere belangen.

VVS

De splinters van de NSS, voormalige medewerkers en de naoorlogse NSS, hadden een grote impuls meegekregen. Wat ze zo graag binnen de NSS tot stand hadden willen brengen, bleek het duidelijkst uit de nu des te sneller opgerichte en des te kansrijker Vereniging voor Statistiek, VVS (16 augustus 1945). De oprichters waren Van der Burg, Sittig en J.H. Enters, de laatste een actieve klant van de NSS. Van Ertinger opende het eerste nummer van het blad *Statistica* dat de VVS uitgaf:

*'De statistische analyse in dienst van het herstel
Versterking van het kwaliteits-
bewustzijn in de massafabricage
dringend noodzakelijk.*

In het eerste jaar na de bevrijding zijn zich op nagenoeg elk gebied van de menselijke activiteit een aantal actuele vraagstukken gaan aftekenen waarvoor in het belang van het geestelijke en materiele herstel van ons land een praktische oplossing moet worden gevonden.[...]

De vakstatisticus dient dus, meer dan in het verleden in ons land het geval was, de werkplaats des levens in te gaan en het zal ook hem verbazen, hoe veel en nuttig werk er op zijn gebied te doen valt. [...] Ik zou mij willen beperken tot het aanwijzen van een vraagstuk op sociaal-economisch en tegelijkertijd op bedrijfseconomisch en bedrijfstechnisch gebied, met de spoedige oplossing waarvan onze geheele materiele welvaart valt of staat, met name

hoe voeren wij de arbeidsproductiviteit zoodanig op, dat wij naast voldoende goede-

40 [Sittig/Freudenthal 1951] *De Juiste Maat. Lichaamsafmetingen van Nederlandse vrouwen als basis van een nieuw maatsysteem voor damesconfectiekleding* | J. Sittig en H. Freudenthal. Leiden: Stafleu (voor De Bijenkorf NV), 1951.

41 Organisatie-adviseurs wilden 'onpartijdig' zijn en elkaar niet beconcurreren, het algemeen belang dienen. Het wonderlijke gevolg van hun gentleman's agreement was dat in de eerste naoorlogse jaren advertenties verschenen van, zeg, het St. Laurentius Jongensgesticht, het Kinderterhuis Lomahuis te Hoensbroek en andere zorginstellingen (in *Tijdschrift voor Maatschappelijk Werk*), maar niet van het Raadgevend Bureau Berenschot, van het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek of van het Mathematisch Centrum. Deze bureaus gaven brochures uit, lieten hun medewerkers voorlichtende artikelen schrijven in *De Ingenieur* of in *The Way Ahead*, en waren present in de VVS.

ren en diensten voor eigen gebruik, voldoende voor den zoo dringend noodigen uitvoer ter beschikking krijgen.

Dit is een complex van vraagstukken, waarbij voor een belangrijk gedeelte de oplossing is gelegen in de versterking van het kwaliteitsbewustzijn van allen, die bij de productie zijn betrokken.⁴²

De CBS-statistici profileerden zich tegenover de VVS met de opwaardering van hun 'Statistische Studiekring' tot Nederlandse Vereniging voor de Statistiek, 1 december 1945. De prijs voor de overname in 1950 van deze laatste vereniging door de VVS was een erevoorzitterschap voor H.W. Methorst, de man die het CBS groot had gemaakt⁴³.

De naoorlogse NSS nam een tussenpositie in, met enerzijds de cursussen Statistisch Analist, die behoorden tot het VVS-gedachtengoed en trouwens door Van der Burg geredigeerd werden, met anderzijds het uit mathematisch statistisch oogpunt betrekkelijk elementaire enquêtewerk, dat binnen gehoorsafstand van de CBS-cultuur bleef.

De academische reactie op de VVS was gretig. S.T. Bok, hoogleraar weefsel-leer in Leiden en hoofd van de Afdeling Statistiek van het Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, D. van Dantzig in Amsterdam en M.J. van Uven in Wageningen gaven de vereniging hun actieve steun. C.A.G. Nass, leerling en medewerker van Bok, H.C. Hamaker van Philips en Van Dantzigs assistent Hemelrijk hielpen de VVS dragen met bestuurs- en redactiewerk en de organisatie van de secties.

Er heerste een gelijkgestemde wederopbouwmentaliteit bij de overheid, onder de wiskundigen, in het bedrijfsleven en bij de organisatie-adviseurs. Men sprak over dezelfde zaken als vernieuwing en verdergaande industrialisatie. De verbinding kwam allereerst tot stand in gezamenlijke deelname aan de Vereniging voor Statistiek. Directe samenwerking volgde. Van Dantzig gaf een kadercursus Mathematische Statistiek en Hemelrijk werd in hetzelfde jaar 1952 waarin hij Goudriaan opvolgde in Delft, adviseur bij het Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek. Daarvoor al had Sittig in *De Juiste Maat* samengewerkt met H. Freudenthal, hoogleraar in de wiskunde in Utrecht. In de beginjaren had een belangrijk deel van de inhoud van *Statistica* betrekking op daadwerkelijke bedrijfstoepassingen. Later zouden de mathematisch statistische bijdragen de overhand krijgen.

Statistiek, zonder lidwoord, was voor de VVS-mensen een wetenschap en een denkwijze. Men sprak wel van de statistische methode – als variant binnen 'de wetenschappelijke methode' –, van de wetenschap der statistiek of van de statistische wetenschap. Liever vermeed men 'mathematische statistiek', want het

42 [Ettinger 1946a p.3] 'De statistische analyse in dienst van het herstel' /J. van Ettinger. In: *Statistica* I-1 (1946), pp. 3-5. Cursivering in origineel.

43 *Statistica* IV (1950) pp.181,233.

mathematisch karakter moest nu juist vanzelf spreken. Inderdaad kreeg mathematische statistiek hierdoor de betekenis van het volledig op wiskunde gereduceerde aspect van de statistische methode, zoals mathematische fysica ten opzichte van natuurkunde. De VVS kende, naast een bedrijfssectie, een medisch-biologische sectie, een economische sectie en een sectie mathematische statistiek.

Om het onderscheid met de beschrijvende statistiek te benadrukken bedienden enkelen zich ook van het gedragen 'statistica':

'Aan mij valt de eervolle, maar vooral hoogst genoeglijke taak tebeurt, de lezers van dit nieuwe en langverwachte tijdschrift in te wijden in die theoretische wetenschap, die gebruikt wordt om conclusies te trekken uit statistische gegevens. Die theoretische wetenschap wordt wel eens de mathematische statistiek genoemd en ook wel de kansrekening, hoewel dit laatste niet helemaal hetzelfde is. Laten wij er de naam statistica voor kiezen.

[...] dat de statistica een andere gedachtengang volgt dan "men" vermoedt en dan "men" gewoon is te gebruiken. Ik stel mij daarom voor, Uw denken eenvoudig zo te modelleren, dat U 't heel gewoon en en heel logisch gaat vinden zo te denken als de statistica dat doet en dat U 't fout zoudt gaan vinden, anders te denken. Dan hoeft U niets van buiten te leren, dan blijft het geen "aangeplakte kennis", dan wordt het Uw onvervreemdbaar geestelijk eigendom als zijnde Uw eigen denkvorm.'⁴⁴

Kwaliteit

Meer dan statistiek of statistica was 'kwaliteit' het trefwoord van de beginnende VVS. De eerste jaargang van het blad *Statistica* was voor ruim eenderde gevuld was met beschouwingen over de kwaliteitscontrole. Quality Control was een product van de scientific management movement. De technieken van Shewhart-kaarten en steekproeven hadden in tegenstelling tot de hoofdstroom van scientific management geen betrekking op de organisatie en het beleid van ondernemingen, maar op de eigenlijke productie. Kwaliteit van een massaproduct betekende dat het binnen een gegeven marge voldeed aan een tevoren gestelde maat. Kwaliteit van een productielijn betekende minder dan een zeker percentage uitval. Met kwaliteitsbewustzijn en kwaliteitsbeleid bedoelden de statistici de mentaliteit en de maatregelen die in ieder onderdeel van de productie kwaliteit bewerkstelligden. In de bouw bijvoorbeeld had men de systeembouw op het oog. Natuurlijk waren maatstaf, marge en uitvalpercentage gekwantificeerde gegevens, natuurlijk bedoelde men met kwaliteitsbewustzijn een vanzelfsprekend kwantificerende, of beter: structurerende, benadering. Van Ettinger en Sittig speelden het misverstand omtrent het begrip kwaliteit doelbewust uit terwille van het doel van rationeel beheerste, geplande en bewaakte, productie.

44 [Bok 1946b p.45] 'Statistica' /S.T. Bok. In *Statistica I* (1946/47), pp.45-46; 102-107; 249-256.

Vergelijk ook [Bok 1946a] *De gedachtengang van de Statistica* /S.T. Bok. Leiden: Stenfert Kroese, 1946.



De kwaliteitscontrole-maffia bijeen, in een forum van de KDI, Kwaliteitsdienst voor de Industrie, op 24 november 1954. Tweede van links J.H. Enters, rechts naast hem H.K. Volbeda en J. Sittig, half schuil achter de microfoon J. van Ettinger, tweede van rechts A.R. van der Burg.

Dat was immers het maatschappelijk betere, vonden ze. In het licht van deze naoorlogse doorbraak van dit gemathematiseerde begrip van kwaliteit krijgt de uitdrukking 'vooroorlogse kwaliteit' een diepere betekenis.

Van Ettinger zag in de beweging voor wetenschappelijke bedrijfsvoering meer dan een kwantitatieve doelstelling, meer dan 'voordeliger per dozijn'. Hij had in drie prae-adviezen voor de Efficiencydagen het idee van de Quality Control opgenomen en in steeds wijder sfeer getrokken: 'De statistiek in de onderneming' (1930), 'Kwaliteitscontrôle' (1939) en 'Kwaliteitsbeheersching' (1946). In *Meer door kwaliteit* (1961) en *Overleven door kwaliteit* (1974)⁴⁵ trok hij zijn kringen zo wijd dat het een bedrijfsfilosofie en uiteindelijk een politieke ideologie moest voorstellen. Vooral beide boeken – *Meer door kwaliteit* werd in

45 [Ettinger 1930] 'De statistiek in de onderneming' /J. van Ettinger. *Prae-advies voor de Efficiencydagen van het Nederlands Instituut voor Efficiency*. 's-Gravenhage, 1930.

[Ettinger 1939] 'Kwaliteitscontrôle' /J. van Ettinger. *Prae-advies etc.*. 's-Gravenhage, 1939.

[Ettinger 1946b] 'Kwaliteitsbeheersching' /J. van Ettinger. *Prae-advies etc.*. 's-Gravenhage Amsterdam: NIVE, 1946.

[Ettinger/Sittig 1961] *Meer door kwaliteit* /J. van Ettinger en J. Sittig. Rotterdam: Bouwcentrum (voor de Kwaliteitsdienst voor de Industrie), 1961.

[Ettinger 1974] *Overleven door kwaliteit* /J. van Ettinger. Amsterdam: De Bezige Bij, 1974.

verscheidene talen vertaald – waren toonbeelden van de ideologie die overleefde ten tijde van *the end of ideology*. Het was een instrumenteel geworden verlichtingsideologie, net als bij het CPB, dit keer echter luidruchtig begeleid.

Bondgenoten op het terrein van kwaliteitsbeheersing vonden Van Ettinger, Sittig en Van der Burg bij bedrijven als Van der Heem, waar Enters chef van de afdeling Statistiek was, bij Unilever, met A.H. de Jong, en bij Philips, met W. Geiss, H.C. Hamaker en F.G. Willemze.

De statistici liepen in 1945/1946 vooruit op de industrialisatiepolitiek en ze gaven er een bepaalde concrete invulling aan: het streven naar kwantificering. En toen in 1953 opnieuw dezelfde initiatiefnemers – gesteund door het NIVE, door W. Geiss en door A.H. de Jong – de Stichting Kwaliteitsdienst voor de Industrie, KDI, in het leven riepen, kregen ze een flinke startsubsidie van het ministerie van Economische Zaken⁴⁶. Van Ettinger werd ditmaal geen directeur, maar voorzitter van het bestuur.

De KDI gaf het tijdschrift voor kwaliteitsbeheersing *Sigma* uit en het *Q-bulletin*, het mededelingenblad van de European Organization for Quality Control (1957). Gezien de triomfantelijke herintroductie van kwaliteitscontrole in de jaren tachtig moet overigens veel bij pleidooien zijn gebleven.

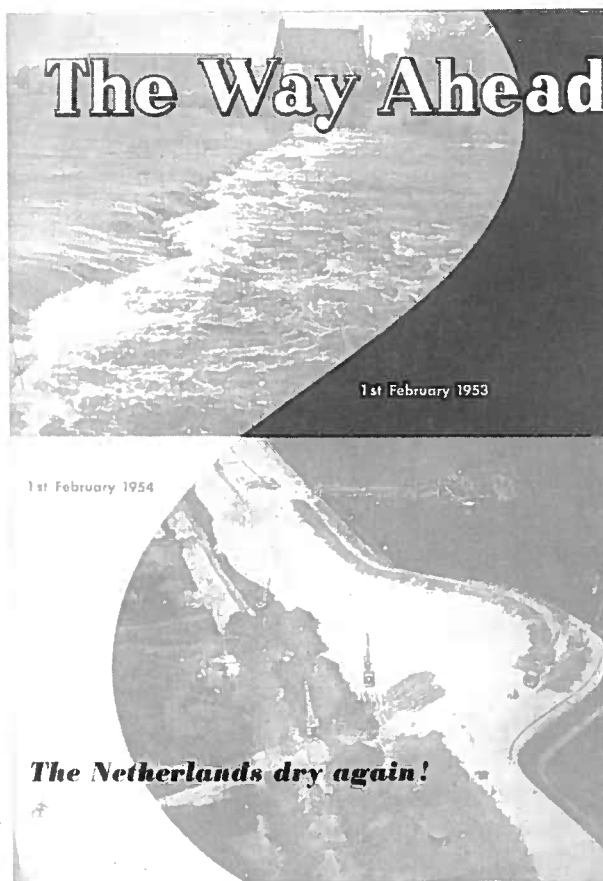
De stichtingen Bouw, Ratiobouw en Bouwcentrum zetelden vanaf 1948 allemaal aan het Weena 700 in Rotterdam, in het Bouwcentrum. Een krachtige kwaliteitslobby kon zich in de richting van het bouwwezen ontplooien en dit gegeven verschaftte de VVS een belangrijke steunpilaar. Tegelijk behoedde de uitlaatklep naar de bouw de VVS voor al te eenzijdige overheersing door de kwaliteitscontrolemafia. Wel huisvestte het Bouwcentrum zowel het ATS (later omgedoopt tot Adviesbureau voor Kwaliteitsbeleid en Besliskunde, AKB) als het secretariaat van de Vereniging voor Statistiek en de Kwaliteitsdienst voor de Industrie. Vanaf dezelfde plaats stuurde de Stichting Bouw een glossy Engelstalig magazine de wereld in om definitief klaarheid te verschaffen over wat men voorstond: *The Way Ahead*.

5.2.c Ingenieursdichtheid

The Way Ahead bood een nationaal visitekaartje van *applied research*, met veel Delta, veel *dredge and reclaim*, en een enkele keer artikelen over het Mathematisch Centrum⁴⁷. In het algemeen toonde het blad wat de ingenieur vermocht bij te dragen aan industrialisatie en aan het nieuwe aanzien van de wereld. Bij het bijdragen aan welvaart stond men niet direct meer stil. In het gedenkboek

46 [Burg 1989] *Zestig jaar Kwaliteitsbeheersing. Een slome geschiedenis* /A.R. van der Burg. Rotterdam: Stichting Kwaliteitsdienst-KDI, 1989.

47 *The Way Ahead. Quarterly Review of Netherlands Consulting Engineering*. Bijdragen over het Mathematisch Centrum in VI-4 (1957) en VIII-3 (1960).



The Way Ahead, luidruchtiger dan de titel van dit magazine kon het vooruitgangsgeloof nauwelijks worden.

The Netherlands dry again!

van de T.H. in 1955 stapte A.F. Kamp uit zijn rol van chroniqueur om diezelfde boodschap uit te dragen:

'[...] aan de lezers, die allen de bezettingstijd hebben meegemaakt, kan niet zijn voorbijgegaan de nationale krachtsinspanning nadien om tot ver doorgevoerde industrialisatie te komen. Het eist weinig voorstellingsvermogen zich daarbij als onmisbaar element te denken de ter zake nodige hogere technische leiding. Industrialiserend Nederland zonder grondstoffen, tussen Engeland, Frankrijk en Duitsland, is aangewezen op uiterste verfijning, dus kwaliteitsindustrie.'⁴⁸

Opnieuw, men zei het er allemaal expliciet bij. Het maakte deel uit van het zelfbewustzijn dat deze industrialisatie de productie onder de deskundige leiding of begeleiding van de ingenieur zou plaatszen. In concreto ging het in de industrialisatie van de jaren veertig en vijftig om de verbreiding van massaproductie,

48 [Kamp 1955a pp.51,52] 'De Technische Hogeschool. Start en groei, doel en taak' /A.F. Kamp. In: [Kamp 1955 pp.1-155]. *De Technische Hogeschool te Delft 1905—1955* /A.F. Kamp (red.). 's-Gravenhage: Sdu, 1955.

procesindustrie en systeembouw. De ingenieur als ontwerper was weliswaar nog het overheersende beeld, getoond in foto's van de resulterende verfijnde machinerie en gedurfd civieltechnische werken. De nieuwe boodschap was dat de ingenieur als een permanent nadenkende begeleider nodig was in de productie zelf. De bedrijfsingenieur was geen onbekend verschijnsel, aan zijn positie werd nu een structurele betekenis toegekend. De naoorlogse industrialisatie introduceerde de ingenieur als overhead.

Niet nieuw was het uitgesproken verband tussen technisch-wetenschappelijk onderzoek en de volkswelvaart, een verlichtingsdenkbeeld dat reeds specifiek was uitgesproken in de periode 1918-1930 door mensen als Lorentz, De Vooy, Van Iterson en Went bij de voorbereiding van TNO. Ook had reeds in 1940 Van Poelje vanuit het ministerie geprobeerd het College van Curatoren van de Technische Hoogeschool te Delft uit te schakelen en curator Klopper met volmachten de TH te laten reorganiseren en af te stemmen op de behoefte in de maatschappij. Het streven in 1945 was nu om al deze verbanden aanwijsbaar concreet te maken. Economische Zaken constateerde een 'te kort aan ingenieurs' en minister G. van der Leeuw van OKW deelde mee dat de regering de TH wenste te beschouwen als 'het wetenschappelijk-technisch bedrijf van het hoger onderwijs'⁴⁹. Ieder woord woog hier: 'hoger', terwijl de voorganger van de TH nog bij wet op het middelbaar onderwijs geregeld was en de TH sinds 1905 in een apart statuut; 'wetenschappelijk-technisch', terwijl de praktijkoriëntatie het overheersend paradigma was geweest; 'bedrijf', waar de school een professionele bestuurstraditie ontbeerde.

G. Holst, hoofd van het Natuurkundig Laboratorium van Philips en de eerste president-curator van de TH na het door Klopper geleide College van Herstel, zette in een rede in oktober 1946 de lijnen uit die de TH binnen de concepten van de wetenschapspolitiek en van het economisch beleid brachten.

'Doel:

1. *Opleiding van die ingenieurs* welke Nederland in de komende 10-15 jaren vermoedelijk noodig zal hebben.
2. *Het beoefenen der technische wetenschap* en het vooruit brengen daarvan.⁵⁰

Het tweede doel bevestigde de doorbraak van de wetenschappelijke, en dus meer wiskundige, oriëntatie binnen de ingenieurswereld (vgl. §6.2). De bedrijfsmetafoor luidde een bestuurlijke reorganisatie in, onder meer uitmondend in het vijfjarig rectoraat, en versterkte de opvatting van de ingenieur als

49 Rede bij de installatie van de commissie Reinink II, 1 mei 1946.

50 [Holst 1946] 'Het opstellen van een plan voor de Technische Hoogeschool' (rede uitgesproken in de vergadering van curatoren met de hoogleraren en de lectoren op woensdag 30 oktober 1946 door den president-curator prof.dr. G. Holst). Archief TH te Delft dossier 717. ARA 3.12.08.

product dat zonder al te veel vertraging of uitval afgeleverd moest worden. Met de eerste doelstelling opende Holst de weg naar schaalvergroting van de TH en naar een tweede TH. De op te leiden ingenieurs, dat waren er veel, moesten volgens maatschappelijke behoefte over studierichtingen verdeeld worden en daar moesten ze voorbereid op een functie in de maatschappij. Holst voorzag nieuwe specialisaties en bepleitte scholing in leiding geven en in reflectie op het vak. De student, toekomstig leidinggevende, moest zich vooral ook 'als mensch' kunnen ontwikkelen.

Als criterium voor het bepalen van de behoefte in Nederlandse ondernemingen voerde Holst het 'aantal ingenieurs per arbeider' in en deze *ingenieursdichtheid* ging een eigen leven leiden als kenmerk van de nu bewust nagestreefde industrialisatie.

De TH kreeg een planbureau en een bouwplanbureau en intensiever onderwijs met instructies. Studieprogramma's kregen nieuwe varianten en een korte bedrijfsrichting en een langere researchrichting⁵¹. Holst mocht de staatscommissie "Te kort aan ingenieurs" gaan leiden, de eerste commissie-Holst, die een enquête onder bedrijven hield naar de feitelijke ingenieursdichtheid en behoefte aan ingenieurs.

'Wanneer de zoo noodzakelijke industrialisatie van Nederland niet zou slagen door gebrek aan ingenieurs, zou dit een onoverkomelijke ramp voor ons land betekenen.⁵²

51 Het onderscheid tussen bedrijfsrichting van 4 à 4½ jaar en researchrichting van 6 jaar werd niet overal consequent ingevoerd en hield ook niet lang stand.

52 [Holst 1946 p.14]

5.3 Hogere techniek

‘Ten slotte wordt het lanceren van extra-terrestrische raketten besproken, hetgeen gerechtvaardigd is, daar wij nu eenmaal in een tijd leven, waarin niets meer onmogelijk schijnt.’⁵³

De Nederlandse overheid had in de zuinige jaren veertig erg veel geld over voor het stimuleren van het vliegverkeer⁵⁴ – en veel voor de vliegtuigbouw trouwens, maar KLM en Fokker waren niet-communicerende vaten. Van bovenaf werden elementen voor een nieuw zelfbeeld voor de Nederlandse bevolking aangereikt. Het zou gaan om een nijver, ondernemingslustig en nu ook uiterst vernuftig volk. Bependingen waren er om overwonnen te worden, grenzen om doorbroken te worden. Schilders en schrijvers waren de eersten die aan dit beeld beantwoordden, ook ingenieurs echter hielden niets meer voor onmogelijk. Men feliciteerde zich met ongekende aantallen en snelheden, met onvermoede hoogten en nog niet vertoonde omvang op dezelfde terreinen waar achterstand ten opzichte van het buitenland beleidsargument was. Europa’s eerste of ’s werelds grootste, of een geheel eigen kunstvezel, Enkalon, waren goed voor het nationaal zelfbewustzijn, maar nog veel belangrijker voor het vertrouwen in de moderne techniek. Zelfs het vliegen van de KLM appelleerde evenzeer aan gevoelens van ontzag voor technisch kunnen als aan nationale trots.

Globaal verwelkomd en gestimuleerd door de overheid, soms specifiek gesubsidieerd, bereikte de technische ontwikkeling grote hoogte. Enerzijds werd een deel van deze techniek zeer zichtbaar naar het grote publiek, of zichtbaar gemaakt, anderzijds berustte ze in sterke mate op de inbreng van wiskunde – een aspect dat nauwelijks zichtbaar werd. Fokker-vliegtuigen, de televisie, de kunstzijde, de scheepsbouw en de Deltawerken behoorden tot het zichtbare beeld van Nederland; de radar, de computer, de telefooncentrale, de chemische research, de verzekeringswiskunde en het landmeten ontplooiden zich meer in stilte. Het context-gegeven was dat sommige technische verworvenheden in de publieke belangstelling stonden, hetgeen middels markt en subsidie geld opleverde. De bedoeling van deze paragraaf is niet meer dan een indicatie te geven van het gebruik van wiskunde in ‘de vlucht der techniek’.

53 [Kok 1947 p.L44] boekbespreking: van J.M. Kooy and J.W.H. Uytenbogaart: *Ballistics of the Future* /J.A. Kok. In: *De Ingenieur* 59-19 (1947) pp.L.43-44 (sectie *Luchtvaarttechniek* 1947.b).

54 [Baalen 1987] ‘De K.L.M. als paradepaardje van een verarmd Nederland (1948-1950)’ /C.C. van Baalen. In *Politiek(e) Opstellen* 7 (1987) (Centrum voor Parlementaire Geschiedenis, KUN) pp.9-21. Het bevreemdt enigszins dat Van Baalen de niet-economische motieven achter de krachtige overheidssteun voor de KLM en Schiphol, die zij in dit artikel juist zo inzichtelijk maakt, ‘minder rationeel’ noemt.

Holsts proclamatie van behoefte aan ingenieurs werd in eigen kring, die van ingenieurs en de grote bedrijven, breed ondersteund; ze werd beantwoord vanuit de overheid met stimulerende maatregelen. Zo werd de 'behoefte aan ingenieurs' waar gemaakt, werd hij tot een reëel gegeven doordat alle betrokkenen het zo voelden. De behoefte aan ingenieurs betrof in de eerste plaats de procesbegeleiders, de bedrijfsingenieurs. Deze brachten wel een mathematisering in, maar pas later via Operations Research en bedrijfskunde de aanwijsbare wetenschap van het wiskundig modelleren. In de tweede plaats werden meer ingenieurs gevraagd voor het onderzoeks- en ontwikkelingswerk: ontwerpende ingenieurs. In het werk van deze categorie speelde de wiskunde een steeds prominenter rol. Naar het zich aanvankelijk liet aanzien, betrof dit klassieke toegepaste wiskunde. Gaandeweg werd duidelijk dat het ook hier om een veranderende stijl van toepassen ging, die zelf een dynamisch element in de technische wetenschappen vormde.

Delfstof

Shell, de Staatsmijnen en Enka hadden veel geld over voor onderzoek naar ongekende materialen. De chemische industrie was de snelst groeiende bedrijfstak in de jaren vijftig. De grote olieterminals en raffinaderijen in Rotterdam werden in deze tijd gebouwd.

Na de mathematisering van de chemische technologie in het midden van de negentiende eeuw was de rol van de wiskunde nauwelijks gewijzigd; dat gebeurde nu wel via de regeltechniek in de opkomende procesindustrie. In de olie deden de exploratie, de logistiek en de distillatie een toenemend beroep op de wiskunde. De wiskundigen stonden, althans in Nederland, in deze periode te ver bij dit alles vandaan om een actief aandeel te hebben in de verbreiding van hun denkwijze.

Niettemin kan Shell als voorbeeld dienen om de uiteenlopende inbreng van de wiskunde te illustreren. In 1945 trok het bedrijf voor haar laboratorium in Den Haag B.L. van der Waerden aan als wiskundig adviseur. Vanaf 1946 steunde het het Mathematisch Centrum. KSLA, Koninklijke/Shell Laboratorium Amsterdam, leverde in de jaren zestig en zeventig een heel aantal hoogleraren in de toegepaste wiskunde. Het bood in 1945-1946 korte tijd emplooi aan R. Timman, degene die het basisconcept van de Wiskundig Ingenieur zou ontwikkelen. J.F. Benders werkte er langer en steunde op zijn ervaring met Operations Research bij Shell, toen hij in 1963 aan de TH Eindhoven een dimensie toevoegde aan Timmans paradigma van de wiskundig ingenieur⁵⁵.

Ten slotte had dit laboratorium in 1953 de Nederlandse primeur van de aanschaf van een computer⁵⁶, een Ferranti Mark I uit Manchester. Deze

55 Zie §7.3.

56 Op dat moment had Van der Poel een computer gebouwd voor de TH, de TESTUDO voor optische berekeningen, en een prototype voor de PTT, de ZERO. De ARRA van het MC werkte nog niet.

Jaren van berekening

Mark I, lokaal bekend als de Miracle, werd er onder meer ingezet voor de wiskunde van bedrijfsorganisatorische vraagstukken, de Operations Research.

Land

Het is nauwelijks voor te stellen dat de geest nog geometrischer zou kunnen dan in de landmeetkunde. Toch leidde een dynamische opvatting van het zo nauwkeurig mogelijk weergeven van het aardoppervlak de Delftse lector Baarda tot een reflectie op de relatie tussen weergave en reëel bestaand terrein en tot de introductie van het wiskundig modelbegrip. Vergelijkbaar was de vernieuwing die J. Engelfriet bewerkstelligde in de verzekeringswiskunde⁵⁷.

In beide gevallen ging het om een rechtstreekse receptie van Van Dantzig's modelbegrip. In beide gevallen was er zozeer een eigen traditie van gebruik van wiskundige hulpmiddelen, tradities die teruggaan op de oude geometrica en arithmetica practica – dat wil zeggen vóór de toegepaste wiskunde van 1800 –, dat de opleidingen opgewaardeerd werden tot eigen universitaire studierichtingen. Inhoudelijk benaderden deze richtingen de nieuwe toepassingsgerichte wiskunde zeer dicht.

Water

Minstens even oud en nog sterker typisch Nederlands was de techniek van waterbeheersing. Meer dan het leger was Rijkswaterstaat een staat binnen de Staten. In de loop van de twintigste eeuw formeerde Rijkswaterstaat studiediensten en bij de geleidelijke centralisatie van deze diensten kwam er ruimte voor geavanceerd, en meer wiskundig, onderzoek. Het grote voorbeeld was de berekening, onder leiding van H.A. Lorentz, van de consequenties van afsluiting van de Zuiderzee voor de hoogwaterstanden. Het was een werkstuk dat in vele opzichten – behalve juist wat betreft bewustzijn daarvan, naamgeving en het nog niet loslaten van het waarheidsstreven – wiskundig modelleren zou kunnen zijn. Lorentz' werk was buiten Rijkswaterstaat uitgevoerd door Thijsse. Hier lag de oorsprong van diens Waterloopkundig Laboratorium.

Binnen Rijkswaterstaat was de studiedienst voor de benedenrivieren geformeerd en daar gaf vervolgens J. van Veen leiding aan vergelijkbaar onderzoek. Daar werd de wiskundige J.J. Dronkers aangetrokken met de bedoeling dat hij wiskundige zou blijven. Dronkers bouwde een groep rekenaars op en vocht tot in het tijdschrift *De Ingenieur* een dispuut uit met zijn chef Van Veen over de meest verkieslijke rekenwijze. Dronkers volgde een verfijning van de werkwijze van Lorentz, analytisch naar het voorbeeld van de theoretische fysica en nume-

57 Na C.L. Landré's grote leerboek *Lebensversicherung* (Jena: Fischer, 1895; vele herdrukken) was Engelfriet degen die het Nederlandse actuariaat weer internationaal zichtbaar maakte. Engelfriet bezette in 1948 met Campagne de nieuwe leerstoel aan de UvA in het actuariaat. Dezelfde Engelfriet beijverde zich voor automatisering in het verzekeringsbedrijf en stond met Van Wijngaarden aan de wieg van Electrológica.

riek van uitwerking. De resultaten waren nauwkeurig, maar de hoeveelheid rekenwerk was enorm en dat pleitte tegen Dronkers' benadering. Van Veen rekende analoog, hij bouwde elektrische analogons van waterstromen. De grote Deltar analoge rekenmachine, in 1961 door de Technische Fysische Dienst TH-TNO voor Rijkswaterstaat gebouwd, om de waterstromen in het hele Deltagebied te overzien kan gezien worden als de triomf van Van Veens benadering⁵⁸. Los van en eerder dan de fysieke modellen van het Waterloopkundig Laboratorium, kwamen in elkaars onmiddellijke nabijheid en in directe concurrentie twee sterk wiskundige methoden van waterloopkundig onderzoek tot ontwikkeling. Het verrassende was dat op één en hetzelfde vraagstuk de numerieke methode, de analoge methode en de fysieke modellen, in deze historische volgorde, tot werkbare resultaten voerden⁵⁹.

Van de vraag naar wiskunde profiteerde het Mathematisch Centrum, in de vorm van voordrachten van Dronkers en van opdrachten. Van de vraag naar wiskundigen bij Rijkswaterstaat profiteerden aanvankelijk de fysici evenzeer als de wiskundigen. De veel intensievere betrokkenheid van het Mathematisch Centrum bij dergelijke vraagstukken diende zich plotseling in 1953 aan.

De benedenrivieren zijn die delen van de rivieren waar de invloed van eb en vloed merkbaar is. De bescherming van het land tegen de combinatie van vloed en afwatering, daarop studeerde de studiedienst. Wat de capaciteit van de verschillende rivierdelen moest zijn; hoe hoog de dijken moesten zijn en vooral hoeveel de dijken opgehoogd moesten worden wanneer men stroomgaten afdamde, waren de vraagstukken waaraan gerekend werd. De toestand van de dijken liet te wensen over en dat de bodem zakte, was bekend. Van Veen had zich in de jaren dertig reeds laten kennen als onheilsprofeet⁶⁰. Verkorting van de kustlijn, de 'verdedigingslijn', was het uitgesproken doel. Afsluiting en gedeeltelijke inpoldering van de Zuiderzee/IJsselmeer (fase I), van de Zeeuwse wate-

58 Sinds de jaren zeventig is de simulatie op digitale computers, die dichterbij Dronkers' aanpak staat, echter de gangbare werkwijze.

59 Jan van den Ende dit in detail laten zien [Ende/Jong 1989] 'Rekenen aan waterstromen. getijdenonderzoek in Nederland, 1920-1950' /Jan van den Ende en Frida de Jong. *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijven Techniek* 6 (1989) pp.191-209. [Ende 1994] *The Turn of the Tide. Computerization in Dutch Society 1900-1965* /Jan van den Ende. Delft: Delft UP, 1994.

60 [Veen 1948] *Dredge, Drain, Reclaim. The Art of a Nation* /Joh. van Veen. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1948¹; 1962².

Van Veen haalde in de edities na 1953 in een toegevoegd hoofdstuk onder het pseudoniem Dr. Cassandra zijn gelijk op het punt van dijkhoogte en dijkonderhoud. Nog in 1959 beklagde hij zich er tegenover Van Dantzig over dat hij het bij het vaststellen van de Delta-hoogte voor de dijken, niet winnen kon van Thijssse, de vroegere assistent van Lorentz, hoofd van het Waterloopkundig Laboratorium en met afstand de grootste autoriteit in waterloopkundig onderzoek.

Jaren van berekening

ren (fase II) en van de Waddenzee (fase III) was het normale toekomstbeeld van Nederland voor de waterstaatingenieur. Eventuele huiver gold slechts de kosten en de technische gedurfdheid van zulke grote projecten. Voorzichtigheids-halve ontwikkelde de studiedienst in de jaren veertig een drie-eilanden-plan en een zeven-eilanden-plan voor de Zeeuwse wateren. Toen de dijken braken op 1 februari 1953, kon men die terughoudendheid laten varen. De Deltadienst werd geformeerd en kon plannen maken en uitvoeren met ongekend krediet. De periode van de Deltawerken was het tijdperk van het natte onderzoek, aan de schaalmodellen van het Waterlooplab. Niettemin was er een aanwijsbare inbreng van wiskundigen zoals in de Deltar-computer – overigens in feite meer het werk van fysici en elektrotechnici – en in het debat over het vaststellen van de Deltahoogte voor de dijken. Van de Deltacommissie verwierf het Mathematisch Centrum rechtstreeks een reeks opdrachten en een relatief enorme uitbreiding van de begroting. Indirect was het bij een aantal projecten betrokken, onder meer met berekeningen voor het ontwerp van de Haringvlietsluizen, ‘de grootste uitwateringssluizen ter wereld’. Voor het Mathematisch Centrum en voor de bekendheid van de wiskunde was de participatie in de Deltawerken zeer belangrijk. Voor het waterloopkundig onderzoek was het inschakelen van wiskundigen niet meer dan een teken van geavanceerdheid en op termijn het begin van een verandering in stijl van onderzoek. Voor de invloed van de wiskunde was die geleidelijke weg echter het belangrijkste.

Lucht

De KLM en Schiphol kregen veel geld om symbool van een moderne natie te zijn. Dat werden ze en uit hun betrekkelijk ruime middelen konden ze zich moderne techniek permitteren. Schiphol liet zich eind jaren vijftig door HSA een computer aanmeten voor de verkeersleiding; de KLM had in dezelfde tijd een afdeling Operations Research en dat was voor Nederland vroeg. In de Nederlandse luchtvaart volgde de geavanceerde techniek, en het aandeel van de wiskunde daarbinnen, de algemene moderniteit.

In de vliegtuigbouw lag het andersom, daar was het wiskundig en rekentechnisch kunnen een cruciale factor in het technisch vermogen en daar was moderniteit niets anders dan technische geavanceerdheid. De Fokker-fabrieken vertoonden, afgezien van de tijd nodig om nieuwe bedrijfsruimtes te bouwen en in te richten, een opmerkelijke continuïteit dwars door de bezettingsjaren heen. Het Nationaal Luchtvaartlaboratorium was erin geslaagd voort te bestaan tijdens de bezetting en had lange tijd door kunnen werken. De overheidsinspanning ging na de oorlog verder dan hernieuwde impulsen voor beide instellingen. Van der Maas was sinds 1940 de eerste hoogleraar vliegtuigbouwkunde in Delft, bewerkstelligde daar een eigen studierichting en onderafdeling, en drukte zijn stempel op de naoorlogse herstructurering van het Nationaal Luchtvaartlaboratorium. Het was op diens aanwijzing dat de regering in 1946 tussen Fokker en NLL in ook nog eens het Nationaal Instituut voor Vliegtuigontwik-



De Fokker Friendship, F-27. Geheel rechts de trotse Greidanus

keling oprichtte. Langs deze weg nam de overheid met het oog op de kansen van Fokker research én ontwikkeling voor haar rekening. Gezien de rechtstreekse steun aan Fokker en de indirecte door het onderhouden van laboratorium en instituut was de F-27 in 1955 een door de overheid afgedwongen succes.

J.H. Greidanus, die in 1951 zou overstappen van het NLL naar Fokker, hield in 1946 de oprichters van het Mathematisch Centrum voor dat hij wel verder kon zonder een mathematisch theorie (van het trillend elliptisch draagvlak). Hij bleek toch niet verder te kunnen zonder wiskunde. En die nodige wiskunde, en de bijbehorende rekenvaardigheid, ontwikkelde hij met zijn groep op het NLL zelf.

Voor de scheepsbouw was de situatie niet anders, zij het dat hier al sinds 1929 het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation in Wageningen de gecombineerde functie van NLL en NIV vervulde. Waar Fokker de F-27 en F-28 bouwde, daar leverden de scheepswerven van Fijenoord en Verolme in de jaren vijftig schepen van ongekende afmetingen, supertankers van rond de 100.000 B.R.T., af. Vliegtuigen en supertankers droegen bij tot het nationaal zelfbewustzijn; bij beide was het Mathematisch Centrum rechtstreeks betrokken door rekenopdrachten.

Ether

Verrassender en oneindig veel nuttiger dan het ongelooflijke, sensationele en angstaanjagende lopen van twee mensen over één draad over de Niagara waterval was, zo ronkte Philips Telecommunicatie Industrie in zijn advertenties, de mogelijkheid twee telefoongesprekken over één draad te sturen. De Nederlandse Seintoestellen Fabriek te Hilversum dateerde van 1918 – ze was er de schuld van dat de omroep zich te Hilversum vestigde –, werd in 1946 door Philips overgenomen en in 1947 PTI genoemd. Na de oorlog waren zendinstallaties en telefooncentrales de grote producten. Nog veel belangrijker voor Philips als geheel, en uiteraard publiek zichtbaar, was de introductie in 1953 van de televisie.


Aan frequenties, kabelweerstand, signaalanalyse en antennes viel zoveel te rekenen dat er geregeld opdrachten voor de rekenafdeling van het Mathematisch Centrum uit voortvloeiden. De hoofdzaak was echter dat in deze zwakstroombranche van de elektrotechniek zeer veel wiskundige kennis en rekenvaardigheid aanwezig was. Verschillende onderdelen van het vak zaten zeer dicht tegen de wiskunde aan zoals de schakel-electronica, die in Delft aan de TH werd bestudeerd, de antennetheorie die B. van der Pol – later curator van het Mathematisch Centrum – bij het Philips Natuurkundig Laboratorium ontwikkelde of de vraagstukken van congestie in telefooncentrales waarmee J.W. Cohen en L. Kosten zich bij PTI en bij de PTT bezighielden. Beide laatsten zouden in Delft hoogleraar worden voor de wiskundig-ingenieursopleiding.

Bij de reorganisatie van TNO in 1946 werd het defensie-onderzoek, met inbegrip van het leeuwendeel van de research van de krijgsmachtonderdelen, samengebracht in de Rijksverdedigingsorganisatie, RVO-TNO. G.J. Sizoo gaf zijn bestuursfunctie bij het Mathematisch Centrum op, omdat hij voorzitter van RVO-TNO werd. Het Fysisch Laboratorium, later Fysisch-Electronisch Laboratorium, van deze organisatie had eind jaren dertig vooropgelopen bij de uitvinding van de radar en zette nu het onderzoek naar telecommunicatie, radar en vuurgeleiding voort.

HSA in Hengelo en PTI in Hilversum produceerden radarapparatuur. Het wonder van de radar werd herhaaldelijk aan het publiek voorgelaten met in feite duistere foto's van radarbeelden van bijvoorbeeld de luchthaven Schiphol. Schiphol had radar, IJmuiden had radar. De Nieuwe Waterweg van de Noordzee tot Rotterdam kreeg een compleet walradarsysteem en Rotterdam profileerde zich daarmee trots als de modernste haven ter wereld. Radar was opnieuw zo'n technologie met een hoog gehalte aan wiskunde: signaalanalyse.

Voor wiskundige bijdrage aan radar, aan telecommunicatie, aan regelapparatuur en aan analoge rekenmachines ontwikkelden Shannon, Weaver en Wiener in de Verenigde Staten een nieuwe synthese, de informatietheorie. Wieners *Cybernetics*, waarin de auteur een breder en diffuser concept dan informatietheorie ontvouwde, werd in brede kring gelezen. De Nederlandse receptie van de in-


Two at a time! Out of the question!



Nobody believed that Blondin, the tight-rope walker, could cross Niagara Falls with a man on his back. On stilts! Two men on one small cable! Hundreds of yards to go! Unbelievable, sensational, terrifying... Bets ran high, journalists swooped down... Since then, line telephony has given us a parallel more surprising and infinitely more valuable than Blondin's stunt.

For today it is possible to make a number of telephone calls simultaneously over one cable, and over hundreds of miles. Only the very best telecommunication industries can contribute to developments of this kind, this being the reason why you will again and again encounter the name of Philips' Telecommunicatie Industrie, Hilversum, Netherlands, in the modern technical industry.

Philips serve communication all over the world.



RADIO COMMUNICATION EQUIPMENT - TELEVISION - AUTOMATIC TELEPHONY - LINE TELEPHONY - RADAR

Philips' Telecommunicatie Industrie liet zelfbewust weten hoe spectaculair het was meerdere telefoongesprekken door één kabel te sturen.

formatietheorie bracht een bijzonder verband aan het licht. De Nederlandse wiskundigen deden er in eerste instantie niets mee. Bij ontstentenis van een traditie in klassieke toegepaste wiskunde was er geen specialist in Fourier-transformaties en aanverwante zaken.

Jaren van berekening

De electrotechnici deden er onder aanvoering van Van Soest, directeur van het Fysisch Laboratorium van RVO-TNO, hun technisch voordeel mee. F.L. Stumpers van Philips Natuurkundig Laboratorium stelde op instigatie van B. van der Pol een bibliografie van de informatietheorie samen⁶¹. Fred. L. Polak deed er zijn cultuursociologische voordeel mee. S.T. Bok, autoriteit binnen de Vereniging voor Statistiek, herkende er een theorie van de hersenwerking in en schreef het populaire *Cybernetica*⁶². D. Vuijsje gaf een logisch-signifische verwerking van de informatietheorie. D. van Dantzig liet zich erdoor inspireren tot signifische opmerkingen over informatie. Het wonderlijke was niet de zo uiteenlopende receptie – dat was een internationaal verschijnsel –, noch dat deze mensen binnen eenzelfde Studium-Generale-cursus wilden optreden, maar dat ze elkaar opzochten; dat ze allemaal deelnamen aan de conferentie die het Internationaal Signifisch Genootschap er in 1953 aan wijdde.

De hogere techniek werd wetenschappelijke techniek genoemd, ze leunde in toenemende mate op wiskunde. Ze leidde tot opdrachten aan wiskundigen en, belangrijker, tot nauwelijks van de toegepaste wiskunde te onderscheiden specialismen binnen de technische wetenschappen. Dat diffuse grensvlak werd het domein van wiskundig modelleren.

61 [Stumpers 1953] *A Bibliography of Information Theory (Communication Theory - Cybernetics)*/F.L. Stumpers. Cambridge (Mass.): Massachusetts Institute of Technology, Research Lab. of Electronics, 1953. (supplementen bij Philips Nat. Lab.)

62 [Bok 1958] *Cybernetica (Stuurkunde). Hoe sturen wij ons leven, ons werk en onze machines?* /S.T. Bok. Utrecht/ Antwerpen: Het Spectrum (Aula 4), 1958¹;1962¹.

5.4 Wetenschappelijkheid en wiskunde

De ingenieurs vonden hun producten ongekend. Werkelijk ongekend was het krediet dat ze kregen, de middelen en de ruimte. Het krediet was een industrialisatiepolitieke en een cultuurpolitieke zaak. Hoe groot de macht van de ingenieurs was, is op grond van het bovenstaande niet te zeggen, wel dat naar buiten toe hun zelfbewustzijn aanzienlijk was en naar binnen toe hun eigenmacht zeer groot. De technische ontplooiing werd behandeld als een autonome ontwikkeling.

In de geavanceerde techniek die in de jaren vijftig op de voorgrond trad en die het beeld van een moderne geïndustrialiseerde natie bepaalde, speelde het wiskundig denken een wezenlijke rol. Er lag niet een wiskunde of een toegepaste wiskunde klaar waarnaar vraag rees. Nog minder waren er wiskundigen die de arbeidsmarkt zouden hebben veroverd. De metafoor van vraag en aanbod is niet geschikt om het uitkristalliseren van de inbreng van het wiskundig denken weer te geven. Wat wiskundigen in de bedrijfsresearch betreft: hun aantal was zo klein dat men er mijns inziens niet serieus een marktmetafoor op kan loslaten. R. Timman, de man van de wiskundig-ingenieursopleiding, kende ze, bij wijze van spreken, alle tien persoonlijk.

De voortgang van de techniek, in het algemeen door reflectie op de bestaande werkwijzen, voltrok zich in de jaren veertig en vijftig door een verzelfstandiging van die reflectie op de bestaande techniek. Er ontstonden theoretische specialismen binnen de verschillende vakken. En omdat de technische wetenschappen per se gemathematiseerd zijn, bestonden een aantal van die theoretische specialismen in een expliciteren van de ingebakken wiskundige denkwijze. Zo laat zich begrijpen dat de geavanceerde techniek leidde tot rekentechnische en statistische opdrachten aan wiskundigen, aan het Mathematisch Centrum in het bijzonder. Ze leidde tot nog iets veel belangrijkers, tot academische specialismen die juist buiten of juist binnen de academische wiskunde vielen. Econometrie, actuariaat (verzekeringswiskunde) en geodesie vestigden zich buiten de wiskunde, mathematische statistiek en besliskunde erbinnen; bedrijfsleer en regeltechniek bleven buiten de wiskunde. De situatie lag open in de informatietheorie, cybernetica, de wiskunde van vliegtuigbouw, en per traditie in de mechanica. Hier heersten nationale verschillen, maar geen willekeur. Het was een kwestie van zelfbegrip of de beoefenaars deze specialismen als wiskunde dan wel als theoretische ingenieurswetenschap bedreven. De specialisaties lagen in het spanningsveld tussen verschillende tradities. In de volgende hoofdstukken wordt één zo'n twistappel in detail gevolgd.

'Wetenschappelijk' socialisme, wetenschappelijk onderbouwd economisch beleid, wetenschappelijke bedrijfsvoering, de statistische methode en de wetenschappelijke techniek: in al haar diversiteit op verschillende maatschappelijke

niveaus kende deze nieuwe industrialisatie een gemeenschappelijke noemer, ‘de wetenschappelijke methode’.

Wetenschappelijkheid hield planning in, met het daarvoor karakteristieke wereldbeeld en het karakteristieke type deskundigen. Wetenschappelijkheid was geassocieerd met technieken van rationalisatie en efficiency, zoals statistische kwaliteitscontrole. Wetenschappelijkheid betekende mathematische, tegenover beschrijvende, statistiek. Wetenschappelijkheid was verhoging van de ingenieursdichtheid, stelselmatige inzet van bedrijfsingenieurs en andere deskundigen. Wetenschappelijkheid hield theoretische studie in, tegenover ervaringskennis, van de ingenieur. Al deze invullingen van wetenschappelijkheid vielen niet samen, ze waren wel verwant.

Het was niet voor het eerst dat de kreet ‘wetenschappelijk’ als positieve kwalificatie gold. Het nieuwe was dat het expliciet werd gemaakt.

De wetenschappelijke methode sloot telkens een mathematisering in. De industrialisatie werd bewust opgeroepen. De inzet van de wetenschappelijke methode was dan ook expliciet: expliciet door de inzet van deskundigen, dragers van de methode; of expliciet door de methode expliciet te maken, dus tot een vorm van wiskundig modelleren te maken. De opkomst van het wiskundig modelleren in de verschillende domeinen, van vliegtuigbouw tot economische planning, was karakteristiek voor de industrialisatie van de jaren veertig en vijftig.

De Liagre Böhl, Fortuyn, Dercksen en andere auteurs⁶³ hebben de industrialisatiepolitiek beschreven vanuit het niveau van het overheidsbeleid. Hun verhaal kan nu aangevuld worden.

Ten eerste leefde het streven naar hernieuwde industrialisatie – in algemene zin was Nederland natuurlijk al lang geïndustrialiseerd –, ook op het niveau van individuen en bedrijven. Het streven bestond in het concretiseren van een denkwijze die al in de eerdere fasen van industrialisatie besloten lag.

Ten tweede had dit streven een technische pendant, namelijk de wetenschappelijke methode met zijn toespitsing in de inzet van deskundigen en de introductie van wiskundig modelleren.

Het streven, ten derde, naar verdergaande industrialisatie op microniveau creëerde zich institutionele uitingsvormen, dat wil zeggen organisaties op het maatschappelijk middenniveau: in de reorganisatie van de TH en in een scala van stichtingen en verenigingen, waarvan de COP, Contactgroep Opvoering Productiviteit, en de KDI, Kwaliteitsdienst voor de Industrie, wellicht het gemakkelijkst als zodanig herkenbaar waren.

63 [Böhl 1981]; [Fortuyn 1980]

Kossmanns vertrouwde structuren vonden aanvulling in die laatste nieuwe structuren, organisaties die in hoofdzaak in de eerste tien jaren na de Tweede Wereldoorlog tot stand kwamen en die in hun refereren aan crises van het interbellum zowel door hun bestaan als door hun intentie een verbouwing van de samenleving bewerkstelligden. Het Bouwcentrum-conglomeraat nam het verbouwen al te letterlijk. De nieuwe structuren zorgden voor begeleidende technische reflectie, door deskundigen, bij bestaande activiteiten – die daardoor niet meer dezelfde waren – en in die reflectie kwam de wiskundige denkwijze prominent naar voren.

De nieuwe organisaties onttrokken zich vergaand aan verzuimdheid, zouden zich zelfs tot ontzuilende krachten ontwikkelen, en waren in hun ideologie van wetenschappelijkheid a-politiek en daardoor consensus-gericht.

Van der Leeuw kreeg niet de hoeveelheid bijbels, wel de vliegtuigen en congressen die hij in zijn *Balans van Nederland* gewenst had.

Congresganger⁶⁴

Ik was daar in het bezige gezelschap
van mensen, aangeord tot het verbouwen
der samenleving, en ik zag hen doende,
bouwmeesters, metselaars en timmerlieden,
en boog het hoofd en zocht de fundamenten,
nieuwsgierig en bezorgd; ik vond alleen
mijn beide schoenen die daar eenzaam stonden
ergens op aarde, ik vernam
als wind het reppen van de vele voeten,
geestdriftig naar de toekomst onderweg.
[...]

64 'Congresganger' uit: [Mok 1956] *Stormen en Stilten* /Maurits Mok. Amsterdam: Meulenhoff, 1956.

Zes

Wiskundig Ingenieur: achtergronden

Het beeld van de mathematische vernufteling heeft een lange traditie. Als Archimedes en Stevin er in hun tijd in slaagden wiskunde en techniek te verenigen, waarom zou deze combinatie in de twintigste eeuw dan een probleem zijn? De geavanceerde techniek en de maatschappelijke bewustwording onder de wiskundigen boden ook alle aanleiding om beide nader tot elkaar te brengen. Inderdaad wisten de wiskundigen aan de Technische Hogeschool in Delft onder aanvoering van R. Timman te bewerkstelligen dat in 1956 de opleiding tot Wiskundig Ingenieur van start kon gaan. De tegenstand en de conceptuele obstakels die zij daartoe moesten overwinnen, maken echter duidelijk dat dit beeld van mathematische vernufteling niet zonder meer beschikbaar was om op terug te vallen.

Tot en met Euler, in het midden van de achttiende eeuw, hielden alle grote wiskundigen zich tevens met praktisch-technische vragen bezig. Degenen die zich stelselmatig toelegden op praktische meetkunde en praktische rekenkunde en die boeken schreven voor de ambachtelijke meester, vormden desalniettemin een andere stroom dan die van de grondleggers van de moderne natuurwetenschap. De praktische wiskundigen dienden de overheden met het landmeten, de vestingbouw en het wijnroeien, de schilders met de leer van het perspectief, zij dienden overheden en ondernemenden met de elementaire mechanica van wind- en watermolens. Aan de ene kant van het spectrum, ook maatschappelijk geproken, stond de koopmansrekenkunde, aan de andere kant de sterrenkunde en navigatie. Voor deze kundes bestonden, naast het leren in de praktijk, opleidingen, allereerst bij particuliere scholen van rekenmeesters en zeevaartmeesters.

De in 1600 aan de Leidse universiteit toegevoegde ingenieursschool was een zeer vroege institutionalisering van staatswege. De 'Duytsche Mathematicque' was dan ook speciaal gericht op de taken van het landmeten en de vestingbouw die de Republiek aan zich had getrokken. Het onderricht in de landstaal in wiskundige vaardigheden, waarvoor Stevin het programma ontwierp, was de voorloper van het militair en civiel technisch hoger onderwijs¹.

De Wiskundig Ingenieur moest een herleving zijn, zo leek het, van de mathematische vernufteling, maar Reinier Timman, die de opleiding gestalte gaf, zag zijn voorbeelden in Monge en in Von Mises. En Gaspard Monge had juist bij de opzet van de Ecole Polytechnique de traditie verbroken, in de zin dat hij de praktische wiskunde verving door een meer theoretische wiskunde als propaedeutische wetenschap. Richard von Mises van zijn kant had rond 1920 het idee van een toegepaste wiskunde geradicaliseerd. De verschillende verwijzingen naar het verleden reikten beelden aan voor de wiskundig-ingenieursopleiding die elkaar niet verdroegen.

Het werkerterrein van de mathematische vernufteling was onbepaald breed. Hoeveel keerde daarvan nu terug bij de twintigste-eeuwse Wiskundig Ingenieur? De scheiding der geesten rond 1800 tussen de zuivere en toegepaste wiskunde enerzijds en het mathematiseringsimperialisme anderzijds, maakte dat dit beeld van de vernufteling moeilijk herkenbaar was. Was de twintigste-eeuwse statisticus, de econometrist, de methoden-en-technieken specialist in de sociale wetenschappen, was de bedrijfskundige niet evenzeer een erfgenaam van Stevin als de civiel-ingenieur, de geodeet en de mathematisch ingenieur?

Bovendien werden de technische wetenschappen beheerst door het ingebakken spanningsveld tussen wiskundige benadering en praktische gerichtheid. De wis- en natuurkundige propaedeuse was constitutief voor het technisch hoger onderwijs, de oriëntering op de praktijk inherent aan het doel van de opleiding. Als propaedeuse dienden sinds Monge niet de wiskundige wetenschappen in hun relatie tot de praktijk, maar de gezuiverde wiskunde bedoeld om het denken te vormen. De spanning had zich telkens concreet geuit in de vraag of de wiskunde er 'hulpwetenschap' was, of daarnaast ook een autonoom bestaan

- 1 [Winter 1988] *Hoger beroepsonderwijs avant-la-lettre. Bemoeiingen met de vorming van landmeters en ingenieurs bij de Nederlandse universiteiten van de 17e en 18e eeuw* / P.J. van Winter. Amsterdam etc.: Noord-Hollandsche, 1988. (*Verb. KNAW, afd. Lett., Nieuwe Reeks* 137).
[Janssen 1989] *Op weg naar Breda. De opleiding van officieren voor het Nederlandse leger tot aan de oprichting van de Koninklijke Militaire Academie in 1828* / J.A.M.M. Janssen (diss. KU Nijmegen). 's-Gravenhage: Sectie Mil. Gesch. Landmachtstaf, 1989.
[Struik 1958] *Het land van Stevin en Huygens* / D.J. Struik. Amsterdam: Pegasus, 1958¹; Nijmegen: SUN, 1979¹.
[Maanen 1987] *Facets of Seventeenth Century Mathematics in the Netherlands* / J.A. van Maanen (diss. RU Utrecht). s.l.: bij de auteur, 1987.

had binnen de technische hogescholen, als 'basisvak'. Tegen die achtergrond, de erfenis van Monge, ontwikkelde Timman iets curieus, namelijk een verzelfstandiging van de hulpfunctie van de wiskunde. Gezien tegen de achtergrond van toegepaste wiskunde, in de lijn van Von Mises, bracht hij een nieuwe vorm van wiskundebeoefening, die aansloot bij de praktijkgerichtheid van de ingenieurs.

De komende twee hoofdstukken zijn gewijd aan het concept van de wiskundig ingenieur, in het bijzonder aan de gedachten van Timman, en aan de verwerkelijking van dit concept. Leidraad is, als in hoofdstuk 2, 3 en 4, de evolutie in de visie op toepassen van wiskunde. Opnieuw, nu vanuit een andere traditie, komt het wiskundig modelleren naar voren. Het ligt voor de hand de wiskundig-ingenieursopleiding te beschouwen als een opleiding in het wiskundig modelleren, als de opleiding hierin bij uitstek. Deze zienswijze was aanvankelijk echter slechts impliciet aanwezig. Explicitering hiervan, gekoppeld aan verbreding van het concept en afbakening ten opzichte van de opkomende wetenschap van computers en programmeren², zorgde uiteindelijk voor een stabiele realisatie van het concept van de wiskundig ingenieur.

Dat in Nederland een wiskundig-ingenieursopleiding tot stand kwam stond niet op zichzelf. Buitenlandse voorbeelden waren er wel, ze lijken inhoudelijk nauwelijks een rol te hebben gespeeld. Het bestaan van een *Graduate Division of Applied Mathematics* aan Brown University in de Verenigde Staten sinds 1941 en van een opleiding tot *Diplom-Mathematiker* aan de Duitse *Technische Hochschulen* sinds 1942 gold wel als argument, men nam er pas poolshoogte op het moment dat de eigen ideeën al gevormd en bestuurlijk geaccepteerd waren. A. van Wijngaarden woonde in 1953 terloops de Conference on Training in Applied Mathematics³ bij in New York, waar John Tukey's idee en opleidings-

- 2 Op verschillende punten in het vervolg worden de aanzetten zichtbaar tot wat in de jaren zestig onderkend zou worden als het vakgebied van de informatica; ze worden hier uitdrukkelijk niet als zodanig behandeld. Vgl. 'Perspectief'.
- 3 Vgl. Hoofdstuk 2. [Proceedings 1954] *Proceedings of a Conference on Training in Applied Mathematics* (held at Columbia University, New York City, 22,23,24 oktober 1953; sponsored by the American Mathematical Society and the National Research Council). Washington: NRC, 1954.
[Weyl 1954] 'The NRC-AMS Conference on Training in Applied Mathematics' /F.Joachim Weyl. In: *Bulletin of the American Mathematical Society* 60 (1954), pp.38-44.

Jaren van berekening

programma in 'Mathematical Engineering'⁴ uit voortkwamen, maar de verworvenheden van deze onmiddellijke Amerikaanse parallel drongen in het geheel niet tot Nederland door.

De weg naar de wiskundig-ingenieursopleiding was primair een intern Delftse. Voor een goed begrip van de conceptuele obstakels en machtskwesties op deze weg komt hieronder in aansluiting op hoofdstuk 2 kort opnieuw de zuivering van de wiskunde als uitkomst van de Verlichting aan de orde, ditmaal in relatie tot techniek.

- 4 [Tukey 1954] 'The Mathematical Consultant and the Mathematical Engineer' /J.W. Tukey. In: [Proceedings 1954: pp.72-74].
[Tukey 1955] 'Mathematical Consultants, Computational Mathematics and Mathematical Engineering' /J.W. Tukey. In: *American Mathematical Monthly* LXII-8 (1955), pp.565-571.
Tukey was bepaald een zichtbaar wiskundige, de *AMM* en het *AMS Bulletin* waren standaardleestuur, toch vermeldde Timman hem en de enige werkelijk gelijknamige opleiding in de VS nergens. Seidel en Velkamp bezochten in 1960 Princeton, maar niet Princeton University waar die opleiding gevestigd was, en Bell Labs, maar niet Tukey (vgl. §7.3).

6.1 Wiskunde tegenover ervaring

Met de *Mécanique analytique* van J.L. Lagrange stond de rationele mechanica als een huis, mijlpaal in het proces van zuivering van wiskunde. Voor de praktisch werkende ingenieur was het een ideaalbeeld, maar tegelijk onhanteerbaar. Bruikbare kennis haalde de ingenieur uit anders geordende en anders gerichte literatuur, als hij het al uit de boeken haalde. Een ingenieursloopbaan was immers rond 1800 nog zeer wel bereikbaar via de praktijk, zonder formele scholing. Met de instelling van de Ecole Polytechnique kwam daar verandering in. Gaspard Monge spiegelde zich aan de mechanica bij zijn eigen analytisch meetkundig werk – dat onder meer door Poncelet zou worden voortgezet. Zijn grote invloed had hij echter met zijn concept van de wetenschappelijke ingenieursopleiding en de daarin centraal gestelde beschrijvende meetkunde.

‘Deze [beschrijvende meet-]kunde heeft twee hoofddoelen.

Het eerste is om in tekeningen die slechts twee dimensies hebben, streng definieerbare driedimensionale objecten exact weer te geven.

Onder dit gezichtspunt is ze een taal die de ingenieur nodig heeft als hij een ontwerp maakt, die degenen die leiding geven aan de uitvoering ervan nodig hebben, en die ten slotte zelfs de ambachtslieden die de verschillende onderdelen moeten uitvoeren nodig hebben.

Het tweede doel van de beschrijvende meetkunde is om uit de exacte beschrijving van lichamen al datgene af te leiden wat noodzakelijk volgt uit de vormen en de onderlinge posities. In deze zin is het een middel de waarheid te onderzoeken.’⁵

Het tweede doel behelsde een nauwkeurige verwoording van mathematisering: het bestudeerde wordt slechts genomen naar vorm en plaats, onder het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid⁶. Zo beschouwd lenen de objecten zich inderdaad voor wiskundig, in dit geval meetkundig, denken. Monge uitte hier het mathematiseringsimperialisme, wat in hoofdstuk 2 de luidruchtige ideologie van de Verlichting is genoemd, ten aanzien van het werkterrein van de ingenieur. Het bleef evenwel geen imperialisme, want het werd onmiddellijk verwerkelijk. Zijn denkbeelden vormden de basis voor de wetenschappelijke opleiding van ingenieurs. Mathematisering is daarmee constitutief voor de wetenschappelijkheid van opleiding en werkwijze van ingenieurs.

De pretentie van deze opzet van het technisch hoger onderwijs was om zonder omwegen tot concrete toepassingen te komen. Wat algemeen aanvaard werd, was echter juist de omweg van de mathematiserende werkelijkheidsbenadering. Deze acceptatie manifesteerde zich in het gebruik van de wiskunde als taal. De uiterst elementaire kant van de wiskunde van Monge en zijn navolgers in de loop van de negentiende eeuw werd snel geaccepteerd en was uiterst suc-

5 [Monge 1811 p.viii] *Géométrie Descriptive* /G. Monge. Paris: Klosterman, nouvelle édition 1811.

6 Vgl. ‘Perspectief’.

cesvol: het gestandaardiseerd technisch tekenen op grond van beschrijvende meetkunde, de netwerkjes van Culmanns grafische statica, de vectornotatie van Heaviside en Föppl⁷.

Met het mathematiseren en de taal was de speelruimte gegeven voor een wiskundige inbreng in de technische wetenschappen. Deze ruimte werd enerzijds conform de pretentie telkens benut voor pogingen theoretische doorbraken in te zetten voor technisch kunnen. Anderzijds werd zij ingevuld met de technisch veel effectievere, maar voor wiskundigen frustrerend elementaire theorievorming vanuit de praktijk.

Het middel dat Monge in zijn concept van de Ecole Polytechnique had aangereikt om de mathematisering binnen de techniek te verbreiden was de wis- en natuurkundige propaedeuse, waarbinnen zijn beschrijvende meetkunde een voorname plaats kreeg toebedeeld. Het leren van wiskunde (en natuurkunde) zou hier niet alleen als de toegang tot iets anders moeten dienen – wat in hoofdstuk 2 aangeduid is als de stille ideologie van de Verlichting⁸ –, de lessen waren instrumenteel bedoeld. Feitelijk functioneerde deze vooropleiding veeleer andersom, nauwelijks instrumenteel. De propaedeuse zou moeten voorbereiden op de volgende fase van de opleiding. In feite was de aansluiting niet altijd even herkenbaar en precies op dat punt zouden zich telkens de spanningen voordoen. Nu was de Polytechnique er tevens voor om het hoger administratief kader te selecteren en daartoe hoefde de school slechts aan de stille ideologie te beantwoorden. Zoals het een eeuw eerder bij De Fontenelle had geklonken:

‘Het is altijd nuttig correct te denken, zelfs over nutteloze onderwerpen.’⁹

Met dit argument uit de stille ideologie namen de ingenieurs natuurlijk geen genoegen; in technisch perspectief moest de geest op nuttige zaken gericht zijn en dat belofde de luidruchtige Verlichtingsideologie ook. Zodra in de verdere geschiedenis van de technische hogescholen de wiskundedocenten openlijk neigden tot de houding van De Fontenelle, kwam er ruzie.

De Ecole Polytechnique werd weliswaar het toonbeeld voor ingenieursopleidingen elders in de wereld, het voorbeeld werd over het algemeen niet strikt nagevolgd. Met name het Franse stelsel van praktijkgerichte vervolgoplei-

7 Culmanns werk speelde in de jaren 1860, Heaviside 1870, Föppl 1890; zie hieronder: §6.1.a en [Klemm 1966] ‘Die Rolle der Mathematik in der Technik des 19. Jahrhunderts’ /Friedrich Klemm. In: *Technikgeschichte* 33-1 (1966), pp. 72-96.

8 Voorzover de Ecole Polytechnique selectie- en opleidingsinstituut was voor het hogere echelon van de Franse ambtenarij, was het natuurlijk zonder meer uitdrukking van de stille ideologie.

9 [Fontenelle 1702 p.13] *Histoire du renouvellement de l’académie des sciences en MDCXCIX et les éloges historiques de tous les académiciens morts depuis ce renouvellement. Avec un discours préliminaire sur l’utilité des mathématiques et de la physique* /Bernard de Fontenelle. Paris, 1702.

ding los van de Polytechnique werd niet in die vorm overgenomen. Bij alle varianten echter, en zelfs bij de hervormingen van die varianten, was de wiskundige propaedeuse een constante.

In Nederland wilde men aanvankelijk de propaedeuse niet en men kreeg dus ook geen wetenschappelijke ingenieursopleiding. Het waren de Nederlandse officieren die een dergelijke opleiding voor hun rekruten niet wilden. Bevreesd voor een te eenzijdig theoretische opleiding torpedeerden zij in 1808 met succes Lodewijk Napoleons voornemen één centrale polytechnische school te stichten. Zoveel wiskunde zou een gevaar inhouden gezien de 'geaardheid' van de Nederlander, zo meende een daarop studerende commissie, daar sommige leerlingen eenmaal gegrepen door het 'zoet der wetenschappen' nog slechts moeilijk de motivatie zouden kunnen opbrengen om zich de zo noodzakelijke praktische vakkennis eigen te maken¹⁰.

De meeste instellingen buiten Frankrijk kozen ervoor een volledige beroepsopleiding te verzorgen en juist dan kwam het conflict tussen theoretische aanhef en praktisch gericht slot van de scholing, zonder herkenbaar verband tussen beide, in volle omvang naar voren. Een van de voornaamste redenen dat de Artillerie-Genieschool in Delft (1814-1828) slechts een kort leven beschoren was, was een hoog oplopend conflict tussen directeur Voet en wiskundeleraar J. de Gelder. Het model van de Ecole Polytechnique was weliswaar niet ten volle overgenomen, De Gelder wilde toch de wiskunde doceren in de stijl van die school en was niet bereid zich naar Voets directieven te voegen¹¹. In de breekbare situatie van de jonge opleiding van militair kader (en van kleine aantallen landmeters en waterstaat-ingenieurs) kon de onenigheid uitgroeien tot een controverse die het bestaan van de Delftse school bedreigde. Tien jaar later, in 1828 werd deze opgeheven en vervangen door de Koninklijke Militaire Akademie in Breda. In 1843 opende de, civiele, Koninklijke Akademie haar deuren, opnieuw in Delft. Uit deze Akademie (1843-1864) kwam via de Polytechnische School (1864-1905) de Technische Hoogeschool voort, waarbinnen de wiskundig-ingenieursopleiding zou ontstaan. De wonderlijke ontwikkeling deed zich voor in de eerste eeuw van dit instituut dat enerzijds de technische vakken wetenschappelijker werden, meer doortrokken van wiskunde, en tegelijk daarmee de opleiding geleidelijk minder schools werd, en dat anderzijds de greep van de wiskundigen op de opleiding afnam.

De Koninklijke Akademie en de Polytechnische School kenden geen afzonderlijke afdelingen voor de technische vakken. Het was één geheel waarbinnen de wiskundigen aanzienlijke invloed konden uitoefenen. Aan de Akademie was de situatie zelfs zo dat de best geklasseerden na twee jaar, op grond van zoiets als een propaedeutisch examen, in aanmerking kwamen voor de verdere opleiding

10 [Janssen 1989 p.246,247]

11 [Janssen 1989 p.305ff]

'tot zoodanige betrekkingen in 's lands dienst [...] waartoe eene geheel wetenschappelijke opleiding noodig is, zoo als voor den waterstaat, de mijnwerken enz. [...].'¹²

In 1905 kwam er een aparte Afdeling Algemene Wetenschappen, met daarin de wiskundigen, die het propaedeutisch diploma verleende. De technische afdelingen twijfelden steeds sterker aan de noodzaak van die wetenschappelijke vorming vooraf. Zij probeerden greep te krijgen op de propaedeuse en aan het eenzijdig theoretisch karakter daarvan een prelude op de praktische kant van de vervolgopleiding toe te voegen. Uiteindelijk bepaalde het Hogeschoolstatuut van 1958 dat niet langer de Afdeling Algemene Wetenschappen, maar de technische afdelingen het propaedeutisch examen verleenden en daarmee waren de wiskundigen hun greep erop kwijt.

6.1.a Wiskunde in de technische wetenschappen: drie mechanica's

De ontwikkeling van het technisch hoger onderwijs kende nationaal en regionaal uiteenlopende tradities. De geschiedschrijving reikt bijvoorbeeld een tegenstelling aan tussen de theoretische en militaristische Ecole Polytechnique en de meer op algemene – en praktische – vorming toegespitste Duitse tegenhanger, de Technische Hochschule. Er is een tegenstelling gesignaleerd tussen de Polytechnique en de meer op ervaringskennis gerichte Angelsaksische Polytechnics. Het mag zijn dat deze instituten symbool stonden voor verschillende oriëntaties, het spanningsveld tussen wiskunde en praktijk deed zich binnen ieder van de instellingen voor. Het deed zich op microniveau binnen de technische vakken zelf voor¹³.

Analytische versus technische mechanica

In hoofdstuk 2 is de natuurfilosofie, waaruit de wiskunde als wetenschap zich emancipeerde, voorgesteld als één mêlee. Enige nuancering is hier op zijn

12 Kon.Besluit 20 oktober 1842 (no 55), geciteerd naar [Lintsen 1980 p.151] *Ingenieurs in Nederland in de Negentiende Eeuw. Een streven naar Erkenning en Macht* /Harry Lintsen. 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1980.

De studie duurde vier jaar. Studenten protesteerden in de jaren vijftig van de negentiende eeuw tegen de schoolse opzet van de studie, bepleitten een 'vrije studie' onder meer om zich werkelijk in de wetenschap te kunnen verdiepen. Deze werd in 1864 gerealiseerd in de Polytechnische School, echter bij wet op het *middelbaar* onderwijs [Lintsen 1980 pp.170-172].

13 Voor een uitgebreider overzicht van de in §6.1.a en §6.1.b besproken materie: [Klemm 1966];

[Purkert/Hensel 1986] 'Zur Rolle der Mathematik bei der Entwicklung der Technikwissenschaften' /Walter Purkert, Susann Hensel. In: *Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften* Heft 11 (1986), pp.3-53.

[Hensel e.a. 1989] *Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland* /Susann Hensel, Karl-Norbert Ihmig, Michael Otte. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1989.

plaats. De mechanica die een voorlopig hoogtepunt bereikte in de analytische mechanica van Lagrange was het theoretisch bouwwerk van Newton, Leibniz en Huygens: de rationele mechanica. Huygens moet hier in het bijzonder vermeld worden, omdat zijn studie van de slinger geldt als een van de eerste werkelijke toepassingen van deze mechanica¹⁴. Het was deze mechanica, tegenwoordig meestal newtonsche of klassieke mechanica genoemd, die als een vast onderdeel werd opgenomen in de propaedeuse van de technische hogescholen. Het vak heette dan *de* mechanica.

Daarnaast was er de technische of werktuigmechanica, de traditie van Stevin, een van de bekwaamheden waartoe het technisch hoger onderwijs in feite opleidde. Ook deze kennis was gemathematiseerd en systematisch geordend, geënt op de technische praktijk¹⁵. Stevins werk toont vroege voorbeelden van theorievorming en berekening naar aanleiding van een praktisch probleem. In een van die voorbeelden was het resultaat een aanzienlijke efficiency-winst in de krachtoverbrenging in windmolens¹⁶. Deze technische mechanica was aan de technische hogescholen van de negentiende eeuw de kern van de werktuigkundige studierichting.

Wat de inhoud van de vakken betreft, was in de negentiende eeuw de werktuigkundige traditie te herkennen aan kinematische – in tegenstelling tot dynamische – beschouwingen, aan hydrostatica en bouwstatica, aan het zo goed als ontbreken van differentiaalvergelijkingen en andere toepassingen van de analyse.

De mechanica, daarentegen was theoretisch sterk ontwikkeld, maar praktisch zonder veel betekenis. Pogingen om tot toepassing te komen vanuit de rationele mechanica bevatten over het algemeen wel dynamische beschouwingen – dat wil zeggen dat in tegenstelling tot de kinematica niet slechts een beweging werd beschreven, maar dat ook in rekening werd gebracht dat er een massa is

- 14 Christiaan Huygens (1629-1695). Om een gelijkmatig bewegende, cycloïde beschrijvende, (uurwerk)slinger te ontwerpen onderzocht Huygens wat de ideale vorm zou zijn van een steun waartegen het koord van de slinger zou oplopen (ook een cycloïde, berekende hij). [Huygens 1673] *Horologium Oscillatorium sive De Motu Pendulorum ad Horologia Aptatia. Demonstrationes Geometricae* /Christian Hugeni. Pariis: F. Muguet, 1673; repr.ed. in [Huygens 1888 XVIII] *Oeuvres Complètes de Christiaan Huygens* Vol I-XXII, Den Haag: Martinus Nijhoff, 1888-1950; Vol. XVIII (1934).
- 15 Da Vinci (1452-1519) in Italië, Leupold (1674-1727) in Leipzig en Polhem (1661-1751) in Stockholm ontwierpen ieder een mechanisch alfabet, een systematische opsomming van werktuigonderdelen. De basis van deze systematiek werd pas vervangen door Reuleaux (1829-1905) in [Reuleaux 1875] *Lehrbuch der Kinematik* Bd 1,2 /F. Reuleaux. Braunschweig, 1875-1900.
- 16 Simon Stevin (1548-1620); [Stevin 1634] *Van de molens* /Simon Stevin. Repr.ed. in [Stevin 1955 V pp.335-412] *The Principle Works of Simon Stevin* (5 Vols.) /E. Crone, E.J. Dijksterhuis, R.J. Forbes, M.G. Minnaert, A. Pannekoek (eds.). Amsterdam: Swets & Zeitlinger, 1955-1966.

die beweegt, impuls en energie heeft, kracht uitoefent. Zulke pogingen werden gedragen door analytische beschrijvingen, maar gingen in de ogen van de ingenieurs typisch mank aan te sterke idealisering, zoals het verwaarlozen van wrijvingsverschijnselen. Telkens opnieuw was er de hoop de kloof overbrugd te hebben, was er de pretentie met een doorbraak in de theorie een veld van technische toepassingen ontsloten te hebben. Navier stelde in de stijl van Fourier een theorie van hangbruggen op, was zich bewust van het voorlopige en benaderende karakter ervan, maar de ingenieurs bouwden hem een stijve constructie – iets waarop zijn beschouwingen in het geheel geen betrekking hadden¹⁷. Culmann meende met zijn grafische statica veel dichter bij de praktijk te zijn gekomen dan Poncelet, maar ook van zijn werk werd uiteindelijk zozeer het elementaire overgenomen dat het effect bijna neerkwam op een hernieuwde receptie van de beschrijvende meetkunde¹⁸.

Föppl voerde de vectorrekening in in de technische mechanica en deed een aanzet daartoe in de elasticiteitsleer en hydromechanica. Maar zelf merkte hij daarbij op:

‘Wiskundig volkomen correcte oplossingen van de differentiaalvergelijkingen voor elastische lichamen zijn maar al te vaak in krasse tegenspraak met de werkelijk waargenomen verschijnselen.’¹⁹

Het succesvolst was de rationeel-mechanische benadering in echt nieuwe probleemgebieden die in het midden van de negentiende eeuw naar voren kwamen, ijzerconstructies in bruggen en spoorwegen en later de elektriciteitsleer. In de twintigste eeuw kwam uit de vliegtuigbouw een stroom van dergelijke vraagstukken naar voren. Hier was geen ingenieurservaring. De theoretische aanpak vond gemakkelijk ingang; er was behoefte aan theorie om überhaupt enige structuur in zo’n probleemgebied aan te brengen. Vanuit de wiskunde of de mechanica gezien waren het toepassingen, uit praktisch-technisch oogpunt gezien bleef het theorie. Ook hier weer dat opmerkelijke vertrouwen dat men telkens koesterde in de bruikbaarheid van mathematische methoden. De pre-

17 [Navier 1823] *Rapport à Monsieur Becquey, conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines; et Mémoire sur les ponts suspendus* /C.L.M.H. Navier. Paris: Imprimerie Royale, 1823¹; Paris: Carilian-Goeury, 1830².

[Kranakis 1987] ‘Navier’s Theory of Suspension Bridges’ /Eda F. Kranakis. In: *From Ancient Omens to Statistical Mechanics* /J.L. Berggren and B.R. Goldstein (eds.). Copenhagen: University Library, 1987, pp.247-258.

18 [Culmann 1866] *Graphische Statik* /C. Culmann. Zürich, 1866.

[Scholz 1989] *Symmetrie Gruppe Dualität. Zur Beziehung zwischen theoretischer Mathematik und Anwendungen in Kristallographie und Baustatik des 19. Jahrhunderts* /Erhard Scholz. Basel etc.: Birkhäuser, 1989.

19 [Föppl 1899 p.101] ‘Ziele und Methoden der technischen Mechanik’ /A. Föppl. In: *Jahresb. DMV* 6 (1899), pp.99-110. Geciteerd naar [Klemm 1966 p.87]. Vgl. [Föppl 1897] *Vorlesungen über technische Mechanik* 6 Bde. /A. Föppl. Leipzig, 1897-1910.

tenties waren groot, het begrip van toepassen nogal diffuus. Dit begrip kende geen eigen plaats toe aan de praktische ingenieurswetenschap, laat staan aan praktische wiskunde. Zo stelde Redtenbacher in 1858 dat Duitsland ‘wetenschappelijk inzicht in de plaats moest stellen van het geld en de ervaring’ die het in vergelijking met Engeland tekort kwam. De miskennis van ervaringskennis die uit die oproep sprak, was echt zo bedoeld, getuige zijn toelichting.

‘Het tekenen is voor de werktuigbouwer een middel, waarmee hij zijn gedachten en concepten kan uitbeelden met een helderheid, precisie en overzichtelijkheid die niets te wensen overlaat. Een getekende machine is als het ware een ideale realisatie ervan, maar in een materiaal dat weinig kost en zich makkelijker laat bewerken dan ijzer en staal [...] Maar niet alleen voor het ontwerp, ook voor de uitvoering zijn de tekeningen uiterst belangrijk, want alle afmetingen en vormen van de onderdelen zijn er van meet af aan zo precies en onwrikbaar door bepaald, dat het er bij de uitvoering alleen maar om gaat om dat wat de tekening uitbeeldt in het constructiemateriaal na te maken.’²⁰

Terwijl Redtenbacher hier de introductie van de beschrijvende meetkunde bepleitte – Monge is hoorbaar in het citaat – maakte ook hij meteen de sprong voorwaarts naar de wiskunde zelf. Hij hielp zuiver wiskundigen aanstellen aan de Technische Hogescholen.

Het was vooral het ontoegankelijke werk van deze wiskundigen dat in de jaren 1890 aan de Duitse Technische Hochschulen een *Anti-Mathematische Bewegung* losmaakte. De ingenieurs wilden wiskunde, maar wiskunde als hulpwetenschap en dat betekende wiskunde naar hun maatstaven van bruikbaarheid en nu eens met niet meer pretenties dan hulp²¹.

Niet alleen stonden de technische en de theoretische mechanica nog steeds los naast elkaar, met deze *Bewegung* was er een kloof tussen de wiskundige en de ervaringskant van ingenieurswetenschappen ontstaan die ook de beide mechanica’s verder uit elkaar dreef. Wat twee polen binnen een geheel heetten te zijn, waren zo de objecten geworden van twee kampen, in gevecht gewikkeld.

6.1.b Approximation

Felix Klein, de dictator van de Duitse wiskunde rond 1900, hield vurige pleidooien voor erkenning van het ervaringselement in de ingenieurswetenschappen²². Het waren vermaningen aan de wiskundigen, tevens pogingen het ver-

20 [Redtenbacher 1852 p.294] *Prinzipien der Mechanik und des Maschinenbaues* /F. Redtenbacher. Mannheim, 1852. Geciteerd naar [Klemm 1966 p.80].

21 De beweging werd in die tijd zo genoemd, ze was vervuld van een enorme ergernis. [Hensel e.a. 1989]. Nader onderzocht zou moeten worden welke connectie er is tussen dit Duitse debat en de overgang in Nederland in 1905 van Polytechnische School naar Technische Hoogeschool.

22 Bijv. [Klein 1908] ‘Wissenschaft und Technik’ /Felix Klein. In: *Physikalische Zeitschrift* 9 (1908), pp.1-4. Vgl. ook [Tobies 1988] ‘Felix Klein und die Anwendungen der Mathematik’ /Renate Tobies. In: *Wissensch. Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Univ. Jena, Naturw. Reihe* 37 (1988), pp.259-270.

trouwen van de ingenieurs te herwinnen. Wat er mis was, werd bij hem ongenadig duidelijk in een tussenzinnetje als:

‘Onze uitspraken over de aard der dingen zullen echter bescheidener worden.’²³

Klein bleef weliswaar binnen het van Lagrange stammende paradigma van toegepaste wiskunde als toegepaste analyse, hij zag zich door wat hij noemde de ‘arithmetisering van de wiskunde’ genoodzaakt tot een herijking. De gewone wiskundige behandeling van een toegepaste wetenschap, zo stelde hij, stelt exacte axioma’s in de plaats van de benaderende resultaten van de ervaring en leidt uit deze axioma’s strenge mathematische conclusies af. Maar bij het voltrekken van deze aanpak mocht men, vermaande hij, niet vergeten dat wiskundige uitwijdingen die de exactheid van de betreffende wetenschap te boven gaan, geen praktisch nut hebben²⁴.

‘De essentie is nu, dat gemeten aan die zo gearithmetiseerde wiskunde ieder zintuiglijk vatten verschijnt als iets *onnauwkeurigs*, als iets slechts *tot op zeker aantal decimalen bepaalds*. Toch zal men de gearithmetiseerde wiskunde overeind willen houden als uitgangspunt voor de kwantitatieve beheersing van de buitenwereld.’

Hier wilde Klein dat de wiskundige en de empirische wetenschapper elkaar tegemoet zouden komen:

‘Voor de wiskundige volgt hieruit de taak om op basis van de gearithmetiseerde wetenschap een complete leer van *benaderingsmethoden* te ontwikkelen, om datgene als een bijzondere discipline te cultiveren wat Heun onlangs treffend heeft aangeduid als *Approximationsmathematik*. Voor de empiricus zal het erop aankomen [...] de graad van nauwkeurigheid vast te leggen, waarbinnen de [...] waarnemingen waarvan hij uitgaat juist zijn, of waarbinnen hij betrouwbare resultaten wenst.’²⁵

Het was nog immer één ongedeelde waarheid omtrent de buitenwereld, die Klein op het oog had. Deze viel in zijn ogen niet meer samen met de analytische

23 [Klein 1902 p.245] ‘Auszug aus dem Gutachten der Göttinger philosophischen Fakultät betreffend die Beneke-Preisauflage für 1901’ /F. Klein. In: *Mathematische Annalen* 55 (1902); Ook in: [Klein 1921 II pp.241-246] *Gesammelte mathematische Abhandlungen* (3 Bde) /Felix Klein. Berlin: Springer, 1921-1923. Net als Lagrange een eeuw eerder en opnieuw vergeefs had Klein geprobeerd met een prijsvraag de verwoording van een nieuw begrip van (toegepaste) wiskunde uit te lokken. In dit ‘Gutachten’ legde hij uit wat het antwoord ongeveer had moeten zijn.

24 [Klein 1894] ‘On the Mathematical Character of Space-intuition and the Relation of Pure Mathematics to the Applied Sciences’ /F. Klein. In: *The Evanston Colloquium. Lectures on Mathematics* /F. Klein (ed. by A. Ziwet). New York: MacMillan, 1894. Repr.ed. in: [Klein 1921 II pp.225-231]; i.h.b. p.229. Klein wees deze lezingen uit 1893 aan als keerpunt in zijn denken en carrière [Klein 1921 II p.507].

25 [Klein 1902 pp.244,245], cursivering in origineel.

weergave, in die zin was hij bescheidener, maar nog immer was deze weergave de enige toegang²⁶.

Deze *Approximationsmathematik* werd de subtielere versie van het concept van toegepaste wiskunde. Deze hield weliswaar een zekere terughoudendheid in, wezenlijk bescheidener dan het heersende paradigma ten aanzien van de greep op de werkelijkheid was het niet. Het was een puur mathematische reflectie op de relatie tussen wiskunde en werkelijkheid en daarmee opnieuw een poging om door een doorbraak in de theorie het spanningsveld met de praktijk op te heffen.

Kleins onderscheid tussen *Approximationsmathematik* en *Präzisionsmathematik* werd een belangrijk thema in de discussies onder Duitse wiskundigen in de eerste decennia van de twintigste eeuw. Daarop teruggrijpend vond Klein het nodig uit te leggen dat *Approximationsmathematik* allerm minst een 'approximative Mathematik' was, maar een discipline even streng en wellicht moeilijker dan de rest van de wiskunde. De erkenning dat astronomen en landmeters meestal wel enkelvoudig approximatief te werk gaan, was voor hem aanleiding nog eens de waarde van technische ervaringskennis te prijzen²⁷.

Echte begripsmatige verheldering bracht de visie van Klein dus niet. Zijn invloed lag in het mede bepalen van de atmosfeer, van de bezetting van leerstoelen en van de onderzoeksagenda. Carl Runge werd in Göttingen benoemd op een nieuwe leerstoel toegepaste wiskunde, Ludwig Prandtl voor de mechanica; er kwam een instituut voor toegepaste wiskunde. Wat zich feitelijk aan benaderingsmethoden ontwikkelde, was primair het werk van Heun, die de term *Approximationsmathematik* invoerde²⁸, van Runge en van Kutta. Deze mensen gaven een enorme impuls aan het gebied van numerieke methoden.

In het leggen van verbindingen met de technische wetenschappen werden Klein de Göttingers op hun beurt overtroffen door Richard von Mises. Deze werd in 1920 benoemd in Berlijn op een eveneens nieuwe leerstoel toegepaste wiskunde. Kort na zijn benoeming richtte Von Mises ook in Berlijn een Instituut voor Toegepaste Wiskunde in, gaf het *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* (1921) uit en hielp de GAMM oprichten, Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (1922). Vooral het tijdschrift *ZAMM* had een enorme invloed, ook in Nederland, misschien het meest door de her-

26 Klein beriep zich op Gauss, Tschebyscheff en Weierstraß; hij zette zich uitdrukkelijk af tegen Boltzmann. Boltzmanns geschriften uit dezelfde tijd toonden een nolens volens aanzet tot het latere begrip van wiskundig modelleren, vgl. hoofdstuk 2.

27 [Klein 1921 p.II-212]. Het betreft hier een toevoeging bij de uitgave van zijn verzameld werk.

28 [Heun 1901 p.117ff] 'Die kinetische Probleme der wissenschaftlichen Technik' /Karl Heun. In: *Jahresbericht DMVIX-2* (1901), pp.1-122. De term *Approximationsmathematik* komt alleen in de inhoudsopgave letterlijk voor, is zo te zien een terloopse vondst achteraf.

kenning die het degenen bood die zich bezighielden met geavanceerde technisch-wetenschappelijke problemen zoals stijfheid en sterkte van materialen, zoals aerodynamische en andere stromingsproblemen, zoals technische optica. De Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart in Amsterdam, voorloper van het NLL, en J.M. Burgers' aero- en hydrodynamicagroep in Delft waren onder de vroegste abonnees²⁹.

In zijn zeldzaam invloedrijke openingsartikel van het *ZAMM* was Von Mises een wezenlijke stap verder gegaan dan Klein met diens *Approximationsmathematik*. Von Mises stelde dat noch deze, noch de grafostatica, noch enig ander speciaal gebied van de wiskunde het begrip Toegepaste Wiskunde duidelijk genoeg afbakende.

'De waarheid is dat de leer van de bouw van machines ons slechts kan leren hoe *vanuit een bepaald gebruiksdoel* de betreffende machine vorm moet krijgen en op precies dezelfde manier kan de wiskundige onmogelijk voor ieder afzonderlijk praktisch probleem vantevoren de passende methode of zelfs de uiteindelijke formule klaarleggen. Alleen nauwkeurige *kennis van het doel* kan op het laatste traject [van het toepassen] waarlijk een leidraad bieden.

Als er al een algemene karakterisering van de werkwijze binnen de ingenieurswiskunde is, dan is dat, dat er wordt uitgegaan van een bepaalde praktische opdracht die vervuld moet worden; en dat uit deels zeer uiteenlopende gebieden van de theorie alles erbij gehaald en toegesneden wordt, wat op enigerlei wijze als bruikbaar naar voren komt.³⁰

Von Mises bracht hier het *externe doel als criterium* in voor het toepassen van wiskunde, een cruciaal moment. In feite was hij de eerste die met zoveel woorden afstapte van Toegepaste Wiskunde als aanwijsbaar deelgebied van de wiskunde. Hij maakte de weg vrij voor de latere notie van *toepassingsgerichtheid*. Het paradigma van de toegepaste analyse, in het bijzonder toepassing van de rationele mechanica, bleef voor Von Mises fier overeind als ideaal, maar in het licht van de ingenieurspraktijk was hij bereid tot vergaand pragmatisme.

Dit was op conceptueel vlak de uitkomst van de verzoeningspoging die Felix Klein had ingezet met zijn *Approximationsmathematik*. Liever gezegd, het was de tussenstand van 1920, die later onder meer bij Burgers en Biezeno in Delft een vervolg zou krijgen (§6.2; vgl. ook hoofdstuk 2).

Von Mises had het speciaal over de mechanica en dat was ook terrein waarop zich intussen ontwikkelingen voordeden die Heun en Klein met *Approximationsmathematik* onder woorden hadden trachten te brengen. Er kwam beweging in de algemeen erkende situatie dat de propaedeutisch onderwezen rationele mechanica eigenlijk alleen in de astronomie en de fysica toepassing vond en dat

29 Het Wiskundig Genootschap verwierf zich pas later een herdruk van eerste jaargangen.

30 [Mises 1921 p.4,5] 'Über die Aufgaben und Ziele der angewandten Mathematik' /R. von Mises. In: *ZAMM* 1-1 (1921), pp.1-15.

de regelrecht analytische aanpak weinig vruchtbaar was gebleken in technische problemen.

Eenzijds stond de technische mechanica rond de eeuwwisseling in nog sterkere mate dan voorheen voor problemen waarvoor de op dat moment beschikbare elementaire wiskundige technieken tekortschoten³¹. Zoals in het midden van de negentiende eeuw de constructie van ijzeren bruggen nieuwe problemen had gesteld, zo kon Heun nu verwijzen naar vraagstukken betreffende spoorwegen, motoren (krukassen) en schepen (rolbeweging), in het algemeen naar driedimensionale essentieel dynamische vraagstukken³². De vliegtuigbouw kwam daar even later als geheel nieuw terrein bij.

Dankzij numerieke methoden kon het werkkerrein van de rationele mechanica zich uitbreiden tot in aanleg technisch-mechanische vraagstellingen. Wat telkens onmogelijk had geschieden, vanuit de rationele mechanica technische vraagstukken te bewerken, bleek nu toch een hanteerbare aanpak. Nu bij ontstentenis van ingenieurservaring technische vraagstukken onbeantwoord dreigden te blijven, waren de moeilijke en moeizame rekentechnieken een acceptabel alternatief. Zo ontstond een *toegepaste mechanica*, deels in plaats van de technische mechanica. Ze was theoretisch van inslag, technisch van doelstelling en overheersend 'rechnerisch' (numeriek én grafisch) van werkwijze. De toegepaste mechanica was een nieuw element binnen het spanningsveld tussen de wiskundige en de praktische gerichtheid in de technische wetenschap, een verwarrend element.

Aldus waren er drie mechanica's, theoretisch, technisch en toegepast. De toegepaste mechanica was een toepassing van de theoretische, precies binnen het paradigma van toegepaste wiskunde. Het betrof niet een synthese van de eerdere twee, maar de invulling van een nieuw ontstaan tussengebied. Het woeste rekenwerk dat hier vereist was, de numerieke methoden – de term *Approximationsmathematik* kwam onder ingenieurs niet prominent voor –, bewees dat het toepassen niet zonder pijn aansluiting vond op de praktijk van de ingenieurs.

Een geleidelijk pragmatischer invulling van het concept toegepaste wiskunde en het nieuwe vakgebied van toegepaste mechanica waren ook in Nederland vertegenwoordigd, in Delft, voorshands niet onder wiskundigen maar onder ingenieurs.

31 Heun sprak hier van gebruikswiskunde, 'Betriebsmathematik': de elementaire methoden die de ingenieur zonder beroep op wiskundige overwegingen kan hanteren. Dit is de praktische reken- en meetkunde die volgens Heun bij Euler zijn afronding vond, aangevuld met de elementaire spin-off van de negentiende-eeuwse ontwikkelingen [Heun 1901 p.119]. Zie echter ook 'bedrijfwiskunde', § 7.3.

32 [Heun 1901].

6.2 De onderwereld van Biezeno

F.K.Th. van Iterson hield het in 1913 na drie jaar hoogleraarschap in de Toegepaste Wiskunde en Mechanica in de Afdeling Werktuigbouwkunde voor gezien aan de Technische Hoogeschool in Delft en aanvaardde de benoeming tot directeur van de Staatsmijnen. Ergernis over de vergoeding van laboratorium-apparatuur was daaraan voorafgegaan en een niet verhoord pleidooi om de toegepaste en de theoretische mechanica te verenigen binnen de technische afdelingen. Theoretische (rationele) mechanica was het propaedeutisch domein van de wiskundigen in de afdeling Algemene Wetenschappen. Van Itersons opvolger is datzelfde streven naar 'één harmonisch opgebouwde Technische Mechanica'³³ altijd blijven koesteren.

Cornelis Biezeno werd op zeer jeugdige leeftijd in 1914 hoogleraar Toegepaste Mechanica, nadat hij een jaar lang met succes Van Itersons colleges had waargenomen. Met zijn aanstelling veranderde de naam van de leerstoel in Toegepaste Mechanica, het hierboven gesignaleerde nieuwe domein tussen theoretische en technische mechanica. Jan Burgers was nog jonger toen hij hoogleraar Aero- en Hydrodynamica werd in 1918, een nieuwe leerstoel op een qua stijl en gebruik van wiskunde nauw verwant werkkerrein³⁴. Beiden bleven hun carrière lang buitenbeentjes in de Delftse afdeling Werktuigbouwkunde, invloedrijke buitenbeentjes. Biezeno trad meer op de voorgrond dan het eenzellige genie Burgers, maar de laatste nam op onverwachte momenten cruciale organisatorische initiatieven.

In januari 1913 was de onderwijsbegroting aanleiding tot kamervragen over aerodynamisch onderzoek aan de TH: waarom de minister – toen nog die van Binnenlandse Zaken, Heemskerk – een subsidieverzoek van de Nederlandsche Vereeniging voor Luchtvaart niet had ingewilligd?

'Men wil een gebouwtje, zooals in Duitsland te Göttingen bestaat en ook in Frankrijk aanwezig is. Zij vraagt nu f 5000 subsidie aan de Regeering. Particulieren zijn dan bereid tot belangrijke financieele hulp. [...] Het subsidie van [het Ministerie van] Oorlog is echter onvoldoende.'³⁵

33 [Biezeno 1958 p.15,16] *Afscheidscollege* /C.B. Biezeno e.a.. Delft: Afd. Werktuigbouwkunde, 1958.

34 C.B. Biezeno (1888-1975) had in Delft gestudeerd en bliksemcarrière gemaakt. J.M. Burgers (1895-1981) was een leerling van Ehrenfest in Leiden en voorafgaand aan zijn benoeming assistent van Lorentz in Haarlem. Vgl. [Alkemade 1995] 'Biography' /geen auteursverm. [Fons Alkemade] in: *Selected Papers of J.M. Burgers* /E.T.M. Nieuwstadt and J.A. Steketee (eds.). Dordrecht: Kluwer Ac., 1995, pp.i-cix.

35 Tweede Kamer der Staten Generaal, zitting 1912-1913. *Kort verslag der vergaderingen* 'Vergadering van woensdag 22 januari 1913', p. 814.



F.K.Th. van Iterson was in zijn kortstondig hoogleraarschap wegbereider voor Biezeno en de toegepaste mechanica; daarna als directielid van de Staatsmijnen hield hij contact met Biezeno en Burgers.

Curatoren van de TH hadden de minister in hun advies laten weten dat het geen onderwijsbelang betrof en boorden zo in feite Van Iterson de inrichting van een aerodynamisch laboratorium door de neus. In 1918 werd de zaak wel belangrijk genoeg gevonden. De Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart werd ingesteld en aan de TH kwam een leerstoel Aero- en Hydrodynamica. Burgers werd er benoemd, met de toezegging dat hij er een laboratorium mocht inrichten, waarmee hij in 1921 een bescheiden begin maakte.

Ook Biezeno mocht na aandringen een laboratorium inrichten. Zijn Laboratorium voor Technische Mechanica kwam in de loop van de jaren twintig tot stand. Het was een hele gebeurtenis dat in 1929 een Mohr-en-Federhaff-machine aangeschaft kon worden voor het onderzoek naar treksterkte van materialen. Biezeno's werkruimtes waren aanvankelijk gehuisvest in Burgers' Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica. De laboratoria dienden het experiment in het onderzoek, dat naar Delftse verhoudingen zeer wetenschappelijk en extreem wiskundig van aard was.

De tegenstrijdige tekenen waren kenmerkend voor de Delftse ingenieursopleiding. Sinds 1905 was het een Technische Hoogeschool met technische afdelingen voor de verschillende studierichtingen en een Afdeling Algemene We-

tenschappen die verantwoordelijk was voor het propaedeutisch examen. In Algemene Wetenschappen waren de wiskundigen, de natuurkundigen en de docenten voor de economische en juridische vakken verenigd. De standaard leeropdracht van de wiskundigen was ‘Zuivere en toegepaste wiskunde en *de* mechanica’, het lidwoord om aan te geven dat ‘toegepast’ niet op ‘mechanica’ sloeg – en misschien ook wel om de gedachte uit te drukken dat er maar één mechanica zou zijn. Het erfdeel van Lagrange en Newton uit te dragen was dus het voorrecht van de wiskundigen. Biezeno en Burgers werkten binnen de Afdeling Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde³⁶ en moesten daar hun mathematische oriëntatie bevechten op de technisch-mechanische traditie. Biezeno was de eerste met de leeropdracht Toegepaste Mechanica. In de toegepaste wiskunde waren zij evenwel veel actiever dan de wiskundigen – met uitzondering van J.A. Schouten. Op dit terrein waren zij het die de erfenis van Lagrange levend hielden.

Eenzijds stelde de TH zich behoudend op in het spanningsveld van theorie tegenover praktijk of wiskunde tegenover ervaring, dat nu eenmaal overal ingebakken zit in het hoger technisch onderwijs. De opleidingen moesten praktijkgericht zijn. Alles wat dat imago zou kunnen aantasten werd op de achtergrond gehouden. Dat verklaart wellicht iets van de curieuze behandeling die Van Iterson ten deel viel van de kant van zijn eigen bestuur.

Op de achtergrond, anderzijds, was men niet afkerig van gewaagde benoemingen, zoals die van de jonge Biezeno en de piepjonge Burgers. De leerstoelen in de naar verhouding sterk theoretische vakken waren er uiteindelijk gekomen, zij het na een lange aanlooptijd. Een leerstoel voor vliegtuigbouw bijvoorbeeld kwam pas in 1940 tot stand. De beide jonge hoogleraren kregen laboratoria, maar na lang touwtrekken. Zij doceerden maar hadden geen eigen afstudeerders. De uitkomst van deze en vergelijkbare ontwikkelingen was dat deze zich nationaal als praktijkgericht profilerende hogeschool internationaal juist bekend stond als een wetenschappelijk erg sterk instituut. Internationaal was de toegepaste mechanica een betrekkelijk kleine onderstroom die onderhouden werd aan een aantal wetenschappelijk georiënteerde polytechnische instituten. Op dezelfde wijze vormden Burgers en Biezeno met hun groepen een onderstroompje in Delft.

6.2.a Toegepaste Mechanica

Biezeno, 26 jaar, oud werktuigkundig ingenieur en geen tijd gehad om te promoveren, had in 1914 een vliegende start als hoogleraar. Hij schopte wild om zich heen in zijn inaugurale rede. Na een schimpscheut in de richting van gemakzuchtige studenten gebruikte hij een artikel uit het hoogtepunt van de

36 Tot 1919 Afdeling Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde en Elektrotechniek; vanaf 1941 Afdeling Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde en Vliegtuigbouwkunde.

Antimathematische Bewegung in Duitsland, een artikel van P. von Lossow uit 1899, om zijn eigen sterk wiskundig georiënteerde program tegen af te zetten.

‘Zou men nu bij ’t aanvaarden van de noodzakelijkheid dier studie [i.e. de wis- en natuurkundige propaedeuse] angst moeten hebben, dat er later een Geistesrevolutieon hervorderufen zou moeten worden voor en aleeer de door Von Lossow zoo beklagde slachtoffers bevrijd zouden zijn van den ban der “Unbekannten X”, eer zij van dat kwaadaardige, epidemisch geworden mathematische denken gedesinfecteerd zouden wezen, om eerst daardoor weer voldoende geschiktheid te krijgen tot wat in tegenstelling tot wiskundig denken technisch denken pleegt genoemd te worden?’

En:

‘Zou nu iemand met een alphabetletter teveel in zijne rekening verweten mogen worden, dat hij verkeerd dacht?’³⁷

De manier van denken van ingenieurs en mathematici is echter, volgens Biezeno, geheel dezelfde. Binnen de Toegepaste Mechanica zag hij zelfs geen verschil in gerichtheid tussen beide. Waarop hij zijn gehoor inwijdde in de stand van de theorie in de elasticiteitsleer (problemen van knik, torsie, breuk etc. van materialen) en de grafostatica waarbij zijn eigen werk zou gaan aansluiten.

Aanvankelijk overheersten in Biezeno’s werk de grafische (projectief-geometrische) methoden en het grafisch en analoog³⁸ rekenen, gaandeweg wonnen de puur analytische methoden en het numeriek rekenen terrein. Burgers’ werk was van meet af aan meer analytisch van inslag, wat zowel gezien zijn achtergrond in de theoretische fysica als met het oog op zijn werkerrein, de stromingsleer, voor de hand lag.

Burgers én Biezeno belichaamden het doordringen van de rationele mechanica in technische vraagstukken, de aanpak van Toegepaste Mechanica. Karakteristiek was de vorming van deeltheorieën, geen ad hoc hypothese maar in de traditie van de rationele mechanica theorieën met waarheidspretentie, en de nadruk op concrete numerieke resultaten. In hun werk en meer nog in beider werkomgeving ontwikkelde zich zeer geavanceerde vaardigheid in het numeriek rekenen.

Zij boekten resultaten en zochten internationale aansluiting bij de toegepaste mechanica in Duitsland, bij het werk van Heun, Runge, Kutta en Von Mi-

37 [Biezeno 1914 p.9,10] *De beteekenis der wiskunde als hulpwetenschap der toegepaste mechanica* /C.B. Biezeno (inaug. rede TH). Delft: Waltman, 1914.

38 Het gebruik van allerlei mechanische modellen als analogon om aan te meten was gangbaar. Biezeno vermeldde met name het meten aan een zeepvlies om een verloop te leren kennen van een functie die de spanningsverdeling in een stalen balk weergeeft.

ses. Persoonlijk contact bouwden ze op met Prandtl en Von Kármán³⁹. In Duitsland had men een voorsprong op dit wetenschapsgebied, dat in ZAMM en GAMM een condensatiekern vond. Duitsland was, als gevolg van het verdrag van Versailles, voorwerp van een culturele boycot. In die situatie verschenen de jonge Delftse hoogleraren in 1922 op een door Von Kármán, Prandtl, de Italiaan Levi-Civita en de Zweed Oseen georganiseerde bijeenkomst in Innsbruck⁴⁰. De Nederlandse wetenschappers stonden vooral dankzij Lorentz bekend om hun neutraliteit in dezen, hun stellig afwijzen van die boycot⁴¹. Zij konden het internationale congres waar de toegepaste mechanica rijp voor was wel beleggen. Dat deden Biezeno en Burgers, op aansporing van Von Kármán, en in 1924 kwamen ook de ‘geallieerden’ naar Delft. Het *International Congress for Applied Mechanics* werd zo’n succes dat ter plaatse besloten werd het tot instituut te verheffen, met een permanent International Congress Committee⁴². De organisatoren hadden voorgoed hun naam gevestigd, in een nog ongeorganiseerde gemeenschap. De IUTAM, International Union for Theoretical and Applied Mechanics, zou pas in 1946 tot stand komen – met opnieuw Burgers in een hoofdrol. Dat zich in de tussentijd geen gemeenschap vormde, hing wel samen met de nawerking van de culturele boycot, maar was toch vooral een teken dat het vakgebied nog niet uitgekristalliseerd was als zelfstandige discipline. Net als in Delft had ook internationaal de Toegepaste Mechanica voor 1945 trekken van een subcultuur.

39 L. Prandtl was net als Runge door Klein naar Göttingen gehaald. Von Kármán werkte in Aken en was met Von Mises de sterke figuur op dit terrein. George Batchelor noemt in zijn biografie van G.I. Taylor als de vier leidende figuren in de mechanica in de jaren dertig: Von Kármán, Prandtl, Taylor en Burgers. De eerste drie kwalificeert hij nader als ‘de reuzen van de mechanica in de eerste helft van deze eeuw’. [Batchelor 1996 p.176] *The Life and Legacy of G.I. Taylor* /George Batchelor. Cambridge: Cambridge UP, 1996.

40 [Kármán/Levi-Civita 1924] *Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik* (Th. Von Kármán, T. Levi-Civita (Hrsg.)). Berlin: Springer, 1924.

41 [Schröder-Gudehus 1966] *Deutsche Wissenschaft und internationale Zusammenarbeit 1914-1928. Ein Beitrag zum Studium kultureller Beziehungen in politischen Krisenzeiten* /Brigitte Schröder-Gudehus. Genève: Imp. Dumaret & Golay (Un. de Genève, Inst. des hautes études internationales: Thèse No. 172), 1966.

Over de positie van Lorentz en Korteweg tegenover de culturele boycot in: [Schneiders 1982] *De bibliotheek- en documentatiebeweging 1880-1914. Bibliografische ondernemingen rond 1900* /Paul Schneiders (diss. UvA). [Bussum: bij de auteur], 1982.

Nederland hield aan het verdrag van Versailles voorts onder meer de vestiging van de voor de toepassingen van de wiskunde niet onbelangrijke fabrieken van Fokker en HSA over.

42 [Biezeno/Burgers 1925] *Proceedings of the first International Congress for Applied Mechanics, Delft 1924* /C.B. Biezeno and J.M. Burgers (eds.). Delft: Waltman, 1925. Biezeno was voorzitter van organisatiecommittee en congres, Burgers secretaris. Het permanente congrescomité was samengesteld op persoonlijke titel, behalve Biezeno en Burgers hadden J.A. Schouten en E.B. Wolff, directeur RSL, er zitting in.

Beide organisatoren hielden op het congres van 1924 een hoofdvoorzacht, die karakteristiek was voor hun werk en voor hun stijl van werken. Biezeno gaf een *state-of-the-art* overzicht 'Graphical and Numerical Methods for Solving Stress Problems': gedegen en technisch uitvoerig, praktisch georiënteerd en een aan het ingenieursvraagstuk ontleend niveau van synthese. Kenmerkend voor Biezeno en voor de tijd was dat hij de grafische en de numerieke rekenmethoden als gelijkwaardig behandelde. In dezelfde lijn lag zijn latere hoofdwerk, het standaardwerk *Technische Dynamik* dat hij samen met Grammel schreef⁴³. Daar gaf de titel al aan dat het om de technische uitwerking van een rationeel-mechanische (*Dynamik*) benadering ging. Wel was toen, 1939, de tekenende analyse van krachten naar het tweede plan geschoven, rekenende dynamica voor grafostatica.

Burgers bood met 'The Motion of a Fluid in the Boundery Layer along a Plane Smooth Surface' verslag van een veel abstracter onderzoek aan de frontlijn van het vak. Grenslaagproblemen zouden hem blijven bezighouden, met name de combinatie van regelmatige stroming en turbulentie. Het leidde tot de Burgers-vergelijking⁴⁴, een van zijn hoofdresultaten.

De rationeel-mechanische stijl van dit werk was een manifestatie van zijn wetenschapsideaal. Hij kon achteraf zonder veel pijn toegeven in technisch-praktisch opzicht te zijn voorbijgestreefd door anderen.

'Langs die weg is veel bereikt dat ik met mijn model niet kon: doch wat niet bereikt is, is een om zo te zeggen "absolute theorie", die, uitgaande van de grondgegevens, tot de werkelijke sterkte van de turbulentie met haar verschillende aspecten voert. De theorie van de zg. "isotrope homogene turbulentie" kan laten zien hoe een eenmaal gegeven turbulentie zich ontwikkelt, doch hierbij wordt van een hypothetische formule gebruik gemaakt, die vele vraagstukken openlaat. Ik geloof te mogen zeggen dat ik voor mijn vereenvoudigd model meer principiële dingen kan bereiken.'⁴⁵

Burgers en Biezeno waren in de eerste plaats wetenschapsbeoefenaars, geen vanzelfsprekendheid in Delft. Ze publiceerden in *De Ingenieur*, maar vooral ook in internationale tijdschriften zoals het *ZAMM*, Burgers hierin voor het eerst in 1923, Biezeno in 1924. Ze bouwden ieder afzonderlijk een laborator-

43 [Biezeno/Grammel 1939] *Technische Dynamik* /C.B. Biezeno und R. Grammel. Berlin: Julius Springer, 1939¹, 1953². Reprint ed. Ann Arbor: Edwards, 1944. Vele vertalingen, o.m. *Engineering Dynamics* (4 Vols.) London/Glasgow: Blackey & Son, 1954.

44 De Burgers-vergelijking: $u_t + uu_x = \nu u_{xx}$ of $\partial u / \partial t + u \partial u / \partial x = \nu \partial^2 u / \partial x^2$. Een overzicht van zijn werk op dit terrein biedt [Burgers 1974] *The Nonlinear Diffusion Equation. Asymptotic Solutions and Statistical Problems I* /J.M. Burgers. Dordrecht/Boston: Reidel, 1974. [Nieuwstadt/Steketee 1995] *Selected Papers of J.M. Burgers* /F.T.M. Nieuwstadt and J.A. Steketee (eds.). Dordrecht: Kluwer, 1995.

45 [Burgers 1955a p.15] *Terugblik op de hydrodynamica I* /J.M. Burgers (afscheidscollege). Delft: TH afd. Werkt., 1955. N.B. het woord model is van 1955, aanvankelijk gebruikte hij 'mathematical examples', na 1940 mathematisch 'model', vergelijk §2.3.

um en creëerden een krachtige onderzoeksgroep om zich heen. Beiden hadden veel gezamenlijke publicaties met medewerkers. In al deze opzichten waren ze volkomen vergelijkbaar met hun generatiegenoot J.A. Schouten, ook al jong hoogleraar geworden in 1914. Schouten had trouwens ook een aandeel in het congres van 1924 en werd lid van het permanente congrescomité.

Zij behoorden, Schouten tot op zekere hoogte ook, tot de wereld van het *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, de nog diffuse gemeenschap van Von Mises, Von Kármán en Prandtl. G.I. Taylor, Southwell en Griffiths in Engeland, Joukowski in Moskou en Levi-Civita in Rome waren toonaangevende figuren.

Het Nederlandse onderzoek was tot 1945 sterk op Duitsland georiënteerd⁴⁶. Biezeno, Burgers, E.B. Wolff (RSL) en de Fokker Vliegtuigfabrieken vestigden als het ware een dependance van de Duitse ontwikkeling. In de *ZAMM*-wereld hadden Delft, de TH, en Amsterdam, de RSL, wel degelijk een eigen positie, werden ze erkend in de rij van Stockholm, Hamburg, Berlijn, Aken, Göttingen, München, Parijs etc. De Duitser Heinrich Hencky, jong talent in de elasticiteitstheorie, kwam in 1922 naar Delft om lector naast Biezeno te worden; Grammel benaderde Biezeno om samen het boek *Technische Dynamik* te schrijven.

In deze wereld ontplooidde zich, en dat was misschien wel het meest bindende element in deze 'gemeenschap', een nieuwe opvatting van en praktijk in het toepassen van wiskunde: verwoord door Von Mises' toepassingsgerichtheid⁴⁷, in de praktijk gebracht met een stormachtige ontwikkeling van rekenmethoden. Met de toegepaste mechanica als toepassing van de rationele mechanica hielden Burgers en Biezeno, net als Von Mises, het paradigma van de toegepaste analyse overeind. Juist binnen deze opvatting van het vak, vanuit de gedachte dat er een waarheid of wezensinzicht te verwerven viel, moest er zoveel gerekend worden. Deze mensen onderscheidden principieel tussen theorie en hypothese. Burgers schaarde 'wiskundig model', voorzover hij dit begrip gebruikte, aan de kant van theorie. Maar in het licht van de ingenieurspraktijk waren ze bereid tot een vergaand pragmatisme. Dat dit pragmatisme überhaupt de toepassingsverhouding van de wiskunde zou gaan bepalen, dat het wiskundig modelleren het onderscheid in waarheidspretentie tussen 'hypothese' en 'theorie' zou wegvagen, was een begrijpelijk vervolg, dat echter bij deze auteurs nog niet aan de orde was.

Het rekenen, en dan steeds overheersender de numerieke evaluatie van analytische resultaten, was het tweede kenmerk van de *ZAMM*-wereld. In het

46 In 1945 sloeg de oriëntering (en de voertaal) op slag om naar Engeland en de VS, waar trouwens Von Kármán en Von Mises en zovele anderen inmiddels verbleven.

47 [Mises 1921]

ZAMM was het berekenen van concrete uitkomsten een alomtegenwoordig punt van aandacht, herhaaldelijk verschenen er artikelen afzonderlijk gewijd aan rekenmethoden.

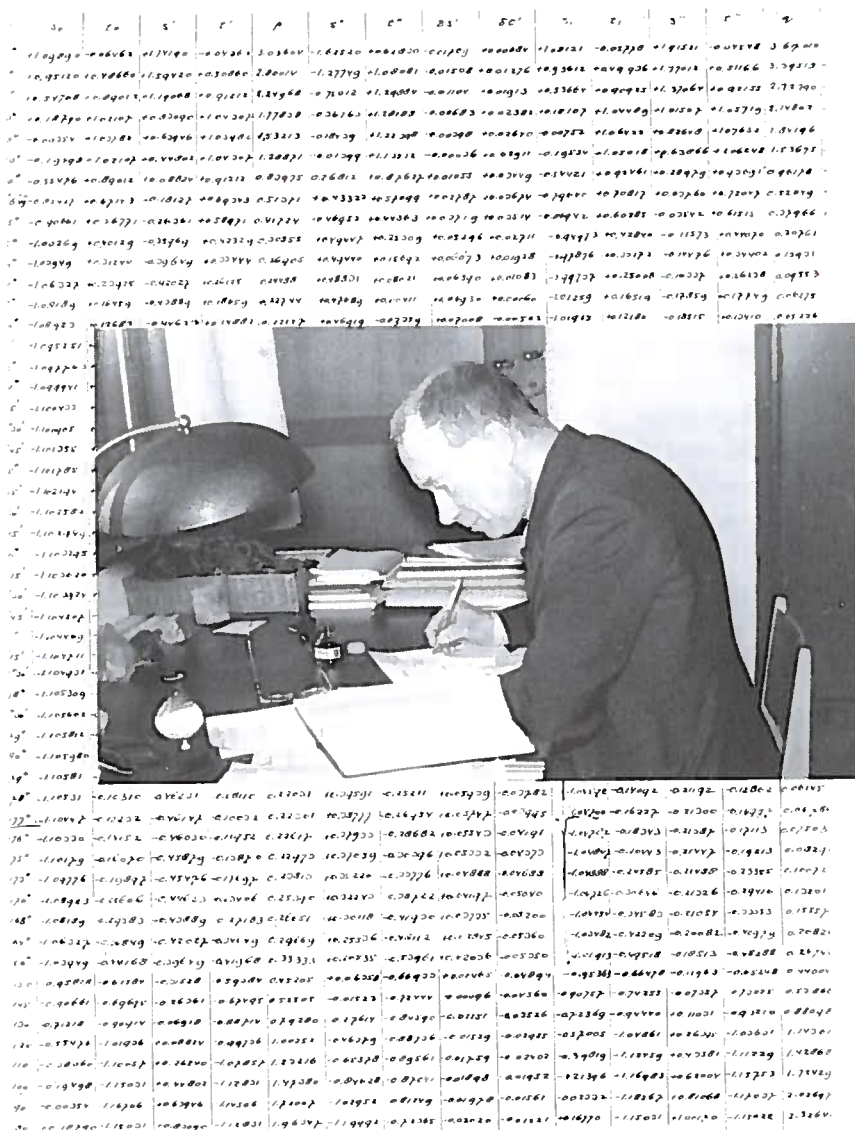
Nergens in Nederland raakte men zo doorkneed in de numerieke methoden als in het luchtvaartlaboratorium en in de laboratoria van Burgers en Biezeno. Hier had bijvoorbeeld ook Van Wijngaarden de ervaring en de bijbehorende instelling opgedaan. Het rekenen was een streven naar concrete resultaten, zoals de ingenieur die behoefde. Specifiek het numeriek rekenen moet begrepen worden in het licht van het toepassen van de rationeel-mechanische benadering. Daar wilde men niet slechts een praktische waarheid, maar een theoretisch onderbouwde waarheid. En dan zou de ingenieurseffectiviteit niet goed genoeg zijn. Geen 'als het maar werkt'. Dan ging het om een in rede begrepen inzicht, dat praktisch hanteerbaar gemaakt moest worden; dan moest een analytisch resultaat numeriek geëvalueerd worden. De *numerieke analyse*, zoals dit vakgebied na de Tweede Wereldoorlog zou gaan heten, was een laatste triomf van het paradigma van de toegepaste analyse.

Er was een incongruentie tussen de resultaten op technisch-wetenschappelijk gebied en het zelfbegrip van deze mensen. Ze deden niet primair wat ze zeiden, wat ze zelf het belangrijkste vonden en waarop hun methodologische reflecties betrokken waren. Het ideaal, alle empirisme van iemand als Von Mises ten spijt, was de ontwikkeling van theorie. De notie van theorie was toch al op drift in de natuurkunde die zij als maatstaf namen. In de confrontatie met de eisen van de techniek realiseerde men zich eens te meer vergaande idealisering en te plegen in het zoeken naar axiomatisch gefundeerde waarheid. Het begrip 'wiskundig model' werd na 1940 gebruikt als uitdrukking van dit bewustzijn. Het betekende bij Burgers, niet zoals bij Borel⁴⁸ 'partiële theorie', maar meer in de lijn van Hertz en Ehrenfest partiële uitbeelding van theorie in de quasi-realiteit van de wiskunde.

Resultaten, technische resultaten, daarentegen werden veeleer geboekt met de veel pragmatischer werkwijze zoals Von Mises die geschilderd had in 1921, door Burgers afgedaan als het stellen van hypothesen. De reflecties op het eerste, het wetenschappelijk ideaalbeeld, werden in de jaren vijftig overgeheveld naar het tweede, het benaderend afbeelden van de werkelijkheid. De bijdrage aan het ingenieurswerk ging wiskundig modelleren heten.

Burgers' werk toonde de ontwikkeling van het begrip in een reeks artikelen uit 1940, met een opeenvolging van titels van 'Wiskundige voorbeelden ter illustratie [...]' tot 'Een wiskundig model ter illustratie [...]'. Burgers was, zoals opgemerkt in hoofdstuk 2, met Van Dantzig en Tinbergen een van de eersten

48 Vgl. §2.3.



J.M. Burgers, de andere dragende figuur in de onderwereld van Biezeno was ook een verwoed en zeer ordelijk rekenaar. De foto is genomen in 1954; de achtergrond is een rekenblad uit een van zijn onderzoeksdossiers uit de jaren dertig.

die het wiskundig modelbegrip hanteerden. Hij kende Tinbergen op zijn minst uit gezamenlijke betrokkenheid bij een initiatief in 1939 gericht op maatschappelijke bewustwording van wetenschapsbeoefenaars. Van Dantzig kende hij goed als collega in Delft. Beiden spraken op het symposium in november 1940 over 'Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden'. Burgers nam deel aan de discussie naar aanleiding van Van Dantzigs voordracht en in het verslag

stoeiden beiden met de term ‘mathematisch model’. Een richting van beïnvloeding is niet aan te geven; veelzeggender is Burgers’ filosofische activiteit. Hij had met Van Dantzig de nadenkende instelling gemeen en verbond net als deze metatheoretische met cultuurfilosofische reflecties. Hij schreef meer, werd minder gelezen. Vrijwel onopgemerkt bleef Burgers’ voor Nederland opvallend vroege receptie van Whiteheads procesfilosofie⁴⁹.

6.2.b Subcultuur in Delft

De GAMM startte in september 1922 met een dubbele naam: *Deutsche Ingenieurwissenschaftliche Vereinigung–Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik*⁵⁰. De betrokkenen onderscheidden zichzelf wel als ‘wetenschappelijk werkende ingenieurs’. Wetenschappelijk wensten Burgers en Biezeno in Delft te werken en met deze opstelling plaatsten ze zich buiten de orde. Het evenwicht tussen wis- en natuurkundige propaedeuse en praktisch georiënteerde vakstudie was een zorgvuldig bewaakte status quo. De eis van minstens zes maanden praktijkervaring voor het ingenieursdiploma was een dogma. Vanuit het machtige bolwerk van de Afdeling Weg- en Waterbouw en de kleine Afdeling Mijnbouw werd er gewaakt. De wiskundigen in de Afdeling Algemene Wetenschappen hadden er alle belang bij het evenwicht niet te verstoren. Ziehier de orde die hen weinig ruimte liet.

Hoezeer beiden internationaal vooraanstaande wetenschappers waren, hoeveel contacten ze met het industriële onderzoek hadden, hoe invloedrijk hun lessen waren, ze hadden geen eigen studenten. De toegepaste mechanica en de stromingsleer golden als theoretische vakken binnen de Afdeling Werktuigbouwkunde en daarin konden de ingenieurs niet afstuderen – een situatie die

49 Zie §2.3, daar ook de opsomming van Burgers’ artikelen.

[Burgers 1941 p.11-12] ‘Beschouwingen over de statistische theorie der turbulente strooming’ /J.M. Burgers. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden. Ned. Tijdschr. v. Natuurkunde* 8-1,2 (1941), pp. 5-18. [Dantzig 1941 p.78] ‘Mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening’ /D. van Dantzig. Ibidem pp. 70-93.

Burgers verwees naar Van Dantzigs ook deels op Whitehead geïnspireerde flitsenhypothese uit 1938 in [Burgers 1956 p.148] *Ervaring en conceptie* /J.M. Burgers. Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1956.

Vgl. voorts: [Burgers 1944] ‘Trekken van de moderne westerse wetenschap’ /J.M. Burgers. In: *Med. NAW Afd. Letterkunde–Nieuwe Reeks* 7-5 (1944) pp. 197-220.

[Burgers 1965] *Experience and Conceptual Activity. A Philosophical Essay Based Upon the Writings of A.N. Whitehead* /J.M. Burgers. Cambridge (MA): MIT Press, 1965.

[Whitehead 1929] *Process and Reality. An Essay in Cosmology* /A.N. Whitehead. Cambridge: Cambridge UP, 1929.(New York: The Free Press, 1978); [Whitehead 1926] *Science and the Modern World* /A.N. Whitehead. Cambridge: Cambridge UP, 1926.

50 Vgl. ZAMM II (1922), p. 320. De pleitbezorgers van de eerste naam wilden uitdrukkelijk ook ruimte voor vakken als elektriciteitsleer en mathematische statistiek. In het ZAMM kwamen deze ook aan bod. In deze vakken lag overigens de introductie van wiskundige methoden minder controversieel.

pas in 1949 zou wijzigen door een herschikking binnen de Afdeling. Het was, met andere woorden, de Afdeling zelf die deze hoogleraren afhiel van het normale resultaat van een opleidingsinstelling, leerlingen, en hun onderzoeksgroepen bepaalde tot een subcultuur.

De Technische Hoogeschool viel in 1905 weliswaar niet meer onder de wet op het middelbaar onderwijs, de ingenieurs hadden zich heftig verzet tegen opname in het Academisch Statuut, kennelijk bevreesd de eigen identiteit te verliezen. Deze vrees gelijkgesteld te worden aan de universiteiten en in het licht van het criterium van wetenschappelijkheid gedoemd te zijn tot de positie van tweederanginstelling, was nog levend in de jaren veertig en vijftig en leidde tot een afzonderlijk Hogeschoolstatuut in 1958⁵¹.

Terwijl zo wetenschappelijkheid niet tot enig criterium verheven mocht worden, was er een nagenoeg permanent pleidooi voor een eigen wetenschappelijke ontwikkeling aan de TH. De wetenschappelijke component in de *voorming* hoefde niet bepleit te worden, die behoorde immers tot de status quo. Het wetenschappelijk *onderzoek* daarentegen moest steeds aangekaart worden. De middelen voor de inrichting van laboratoria, voor personeel, voor internationale contacten, voor nieuwe leerstoelen, het kwam er allemaal, maar per geval gevraagd als betrof het incidenten⁵². Een enigszins structureel, zij het bescheiden kanaal voor zulk streven kwam tot stand in 1925 met het Delftsch Hogeschoolfonds. Het fonds stelde bijzondere leerstoelen in, onder meer die van B. van der Pol en H.A. Kramers, steunde colloquia en gaf geld voor onderzoeksprojecten. De lijst van projecten⁵³ geeft dan ook een indicatie waar er aan de weg getimmerd werd, welke groepen een grotere onderzoeksambitie koesterden dan hun toegang tot de middelen van de TH toestond. Zowel Burgers als Biezeno kwamen voortdurend op de lijst voor.

51 [Groen 1987] *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815 tot 1980. Een onderwijskundig overzicht* 3 dln. /M. Groen. Eindhoven: bij de auteur, 1987-1989.

In 1963 werden de TH's wel opgenomen in het nieuwe Academisch Statuut.

52 Bij de chemische technologen was dit kennelijk minder een probleem, gezien de enorme aantallen promoties in die afdeling, met name bij Boëseken en Waterman. Vgl. [Bibliografie 1967] *Bibliografie van de dissertaties ter verkrijging van de titel doctor in de technische wetenschappen en lijst van promoties honoris causa 1905-1966* /Technische Hogeschool Delft. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1967. [2000 Delftse 1992] *2000 Delftse dissertaties. Een bibliografie. 2000 Theses from Delft University of Technology. A Bibliography. 1905-1992* /-. Delft: Bibliotheek Technische Universiteit Delft, 1992.

De situatie aan de universiteiten was qua financiering niet wezenlijk anders. Het inrichten van laboratoria en het stelselmatig doen van onderzoek was vóór 1945 geen gemeengoed. Hier aan de TH compliceerde de verwevenheid met de theorie-praktijkverhouding de zaak.

53 De jaarverslagen van het Hogeschoolfonds zijn voor de meeste jaren opgenomen in het *Jaarboek van de Technische Hoogeschool*. Het rijke archief van het fonds is helaas enkele jaren geleden door zijn beheerder vernietigd.

Wetenschappelijk onderzoek mocht dan geen hoofdmotief kunnen worden en theoretische oriëntatie mocht min of meer buiten de orde zijn, er was wel achtung voor onderzoek. Onder de praktijkgerichte instellingen ontplooiden de TH zich tot een internationaal gewaardeerde dankzij het onderzoek en dankzij het niveau van de afgestudeerden. Te midden van degenen in de TH-gemeenschap die actief waren op onderzoeksgebied nam Biezeno weer een vooruitgeschoven en extreme positie in: vooruitgeschoven door zijn expliciete stellingname, extreem door zijn nauw aansluiten bij de toegepaste wiskunde. Rond de jonge studierichtingen elektrotechniek, 1905, en technische natuurkunde, 1928, werd actief onderzoek verricht en kwamen rond 1930 laboratoria tot stand. Het leek of daar het doen van theoretisch onderzoek minder controversieel lag, maar dat was schijn. Er werden namelijk pas na verloop van tijd theoretici aangesteld en dan aanvankelijk nog bijzondere hoogleraren. Zo was Van der Pol⁵⁴ van 1938 tot 1948 voor het Hoogschoolfonds bijzonder hoogleraar theoretische elektriciteitsleer, Kramers⁵⁵ van 1931 tot 1952 theoretische natuurkunde. Eerst in 1939 werd een gewoon hoogleraar theoretische natuurkunde aangesteld, R.L. Kronig⁵⁶. Dit waren de mensen die even dicht op de wiskunde zaten als Biezeno. Er is een Burgers-vergelijking, maar ook een Van der Pol-vergelijking. Ook zij hadden aanvankelijk geen afstudeerders, maar wel promovendi; Kramers zelfs een hele rij. Zij vormden met Biezeno, Burgers, Schouten en Van Dantzig eind jaren dertig het contingent van theoretici onder degenen aan de TH die zich op onderzoek toelegden.

Deze gelijkgestemden vormden geen eigen kring, ze hadden in de jaren dertig ook geen gemeenschappelijke agenda binnen de TH-gemeenschap. Biezeno en Schouten waren achtereenvolgens rector van de TH, domweg op grond van anciënniteit als hoogleraar; ze maakten op dit punt geen zichtbaar beleid⁵⁷. Dat deze groep niettemin een gerespecteerde onderstroom vormde, werd duidelijk na 1945, toen juist deze mensen vooraanstaand de vele vernieuwingscommissies gingen bevolken en er in 1949 theoretische afstudeerrichtingen werden toegestaan.

- 54 Balthasar van der Pol, Philips Nat Lab, ontwikkelde de antennetheorie. Later zou hij optreden als curator van het Mathematisch Centrum.
- 55 Hans Kramers, studiegenoot van Burgers bij Ehrenfest, was in Leiden de hoeder van de traditie van Lorentz en Ehrenfest; in 1945 oprichter van Mathematisch Centrum en FOM. Zie hoofdstuk 3.
- 56 Ralph de Laer Kronig, afkomstig van de RUG, later de 'ontdekker' van Van Wijngaarden voor het MC, was begin jaren zestig Rector Magnificus van de TH.
- 57 C.B. Biezeno in 1937/1938, J.A. Schouten in 1938/1939. Het rectoraat werd pas later een zware beleidsbepalende functie met een vijfjarige termijn, te beginnen met opnieuw Biezeno in 1949 (die overigens zijn termijn niet volmaakte en indirect werd opgevolgd door Bottema). Voorzover er al beleid werd gemaakt, gebeurde dat in het College van Curatoren. Financieel was er in de jaren dertig nauwelijks beleidsruimte.



De onderwereld van Biezeno bovengronds ter gelegenheid van een congres in 1959. Op de voorste rij, derde van links A. van Wijngaarden, dan R.J. Legger, J.J. Koch, C.B. Biezeno, W.T. Koiter, H.J. van der Maas. Op de tweede rij geheel links A.D. de Pater en A. van der Neut; direct achter Koiter J.W. Cohen.

Op het niveau van de TH manifesteerden de theoretici zich niet als aparte groep. Op het niveau van de afdeling, de Afdeling Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde, vormde zich wel een echte subcultuur, *de onderwereld van Biezeno*⁵⁸. Deze wereld werd in de eerste plaats gekarakteriseerd door het streven om het wiskundig geraamte onder de werkelijkheid van de ingenieur bloot te leggen.

Binnen de afdeling bestond een kleine coherente groep met een eigen agenda, die afweek van de doelen van de afdeling en van de TH als geheel. Deze groep hield er een eigen stijl van werken op na en een eigen beeld van haar nut voor de buitenwereld. Kern van de groep was het team van Biezeno zelf, dat bestond uit een lector en vast laboratoriumpersoneel en verder een groeiend aantal assistenten en stagiaires⁵⁹. Hierdoor en door promoties, tot 1945 vier en

58 De uitdrukking is van W.T. Koiter, leerling van Biezeno en drager van diens traditie. Interview 10-11-1988.

59 [Koch 1958] 'Waarde Biezeno' /J.J. Koch. In: [Biezeno 1958 pp.47-53]. [Koch 1953] 'The Laboratory for Applied Mechanics at the Technological University of Delft' /J.J. Koch. In: *Anniversary Volume on Applied Mechanics, Dedicated to C.B. Biezeno I - -*. Haarlem: Stam, 1953, pp.209-303.

daarna nog vier, had hij toch leerlingen. Biezeno's colleges moeten indrukwekkend geweest zijn.

In de directe omgeving en meebepalend voor de subcultuur was er Burgers met diens laboratorium. Dan waren er beider werkcontacten met de spoorwegen, met het scheepsbouwkundig proefstation, met de Staatsmijnen en met de Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart (vanaf 1937 NLL). Zij hadden daar leerlingen of verwierven die juist. Omgekeerd memoreert Burgers hoe hij meteen na zijn aanstelling in 1918 een uitgebreide brief kreeg van de directeur van de Staatsmijnen, Biezeno's voorganger Van Iterson, met een lijst van problemen en hoe Wolff, Koning en Von Baumhauer reeds in de jaren twintig binnen de RSL een aanzet deden tot theoretisch aerodynamisch onderzoek⁶⁰.

De agenda van deze groep was het wetenschappelijk bedrijven van ingenieurswetenschap, wetenschappelijk door het verder exploiteren van de rijke bron van rationele mechanica. Biezeno wilde met verder reikend wetenschappelijk inzicht zijn vak dienstbaar maken aan de samenleving. Een rekenende detaillering van deze benadering moest leiden tot concrete technische resultaten. De agenda van de onderwereld van Biezeno was met andere woorden dezelfde als de taak die Von Mises in die tijd formuleerde voor de *Angewandte Mathematik*. De stijl werd enerzijds gekenmerkt door streven naar theorievorming, gekoppeld, zoals boven aangegeven, aan pragmatisme bij het aanpakken van concrete problemen, anderzijds door onverschrokkenheid ten aanzien van rekenwerk. De onverschrokkenheid was geboren uit de zekerheid op het goede spoor te zitten, namelijk op de weg naar de waarheid. Bij A. van Wijngaarden werd die stijl bijzonder manifest. Hij werkte in de oorlogsjaren aan een proefschrift bij Burgers, rekende telkens wekenlang achtereen en vond het resultaat niet mooi⁶¹. Het schoonheidsideaal was inzicht naar het voorbeeld van de rationele mechanica. Hij was intussen assistent bij Biezeno en promoveerde ten slotte bij deze, het ideaal terzijde stellend, op een vertoon van rekentechnisch kunnen, met lof.

Biezeno onderwees weliswaar grafische en numerieke methoden, in zijn omgeving gold een veel sterker adagium. Daar gold de vanzelfsprekendheid dat men zich de voor een probleem benodigde rekentechnieken eigen maakte, en er niet voor terugschrok de technieken desnoods zelf te ontwikkelen. Deze vanzelfsprekendheid was wellicht het meest onderscheidende kenmerk van de 'onderwereld van Biezeno'.

60 [Burgers 1955a]

61 [Wijngaarden 1987] 'Ingenieur van taal' /A. van Wijngaarden; interview door G. Alberts en P.C. Baayen. In: [Zij mogen 1987 pp.276-288].

6.2.c Vliegtuigen, flutter en onderzoek

Een natuurlijk voorland voor de leerlingen van Biezeno en van Burgers was de vliegtuigbouw. De hele sectie 'Sterkte' van het Luchtvaartlaboratorium, waar Van der Neut, Plantema en, gedurende korte tijd, Koiter en Van Wijngaarden problemen van kniklast, torsie en spanning onderzochten, kan tot de subcultuur gerekend worden. Plantema promoveerde later bij Van der Neut, de andere drie bij Biezeno. Dergelijke elasticiteitsvraagstukken stonden centraal in Biezeno's eigen belangstelling.

H.J. van der Maas, scheepsbouwkundig ingenieur in 1923, zat eigenlijk aan de inspectiekant van de RSL⁶². Hij entameerde van daaruit aerodynamisch onderzoek waarop hij in 1929 bij Burgers promoveerde. Van der Maas werd in 1940 de eerste hoogleraar vliegtuigbouw.

Het flutteronderzoek dat J.H. Greidanus onder zijn leiding in 1938 aan het NLL begon, behoorde tot het meest typische uit Biezeno's onderwereld. Biezeno had er overigens geen enkele persoonlijke bemoeienis mee. Greidanus was een Amsterdams natuurkundige en zou in 1947 bij Van der Maas promoveren. Van der Maas was te zeer zijn eigen weg gegaan om hem leerling van Burgers dan wel van Biezeno te noemen. Toch, überhaupt het aanpakken van dit probleemgebied, de stoutmoedige analytische theorievorming waarbij de rekenmethoden voor numerieke evaluatie niet van tevoren bekend waren, zo'n onderneming op touw te zetten was karakteristiek voor de onderwereld van Biezeno. Het onderzoek ging om de trilling van het systeem van een draagvlak (vliegtuigvleugel) met de omringende luchtlaag. Flutter (flapperen/wapperen) was de naam voor het verschijnsel dat dit systeem in eigen trilling raakt en desintegreert. Het vooraf berekenen en uitbannen van dit gevaar was bij de toenemende snelheid van vliegtuigen een acuut technisch vraagstuk. Er was dus vraag naar. Toch zou het entameren van dit onderzoek, aan de frontlijn van de aerodynamica, in Nederland niet wel denkbaar zijn geweest buiten de aanwezigheid van die subcultuur met haar eigen vanzelfsprekendheden.

Greidanus bouwde een zelfstandige groep op voor flutter en stromingsleer binnen het NLL. Het werd in 1946 een afzonderlijke sectie 'Flutter' onder zijn leiding. Daar werkte A.I. van de Vooren en daar kwam in 1946 R. Timman werken.

'Timman was de interessantste medewerker die ik ooit gehad heb. Hij had een zeer uitgebreide mathematische intuïtie, wist in geweldig moeilijke vraagstukken een weg te vinden. Die hele theorie van het trillend draagvlak in compressibele stroming heeft hij tot in de puntjes uitgewerkt; naar mijn mening een enorme prestatie van

62 In 1937 werd de inspectie losgekoppeld van het onderzoek, dat voortgezet werd in het NLL. Van der Maas was zeer invloedrijk in het naoorlogs herstel van de TH. Hij was de centrale figuur in het reorganiseren van het vliegtuigbouwkundig onderzoek na de oorlog en in het scheppen van de onderafdeling en later de Afdeling Vliegtuigbouw.



Het flutter-onderzoek aan het NLL werd opgebouwd door H.J. Greidanus (links). R. Timman (rechtsboven) en A.I. van de Vooren (rechtsonder) waren prominente onderzoekers in zijn team

die man. Op wiskundig gebied stak Timman met kop en schouders boven ons allemaal uit.⁶³

Het zou overdreven zijn het flutteronderzoek toen het in het Amsterdamse laboratorium een geheel eigen leven ging leiden, nog tot de onderwereld van Biezeno te rekenen. Inhoudelijk had het er wel al de karakteristieken van.

Het aantal plaatsen waar wetenschap werd beoefend in de stijl van Biezeno en Burgers nam geleidelijk toe. Bovengenoemde groepen stonden in directe verbinding met de onderwereld van Biezeno. Daarbuiten gebeurde, evenzeer op kleine schaal, hetzelfde. In de elektrotechniek, speciaal de 'Zwakstroom', en in kringen van de Delftse natuurkunde, in het bijzonder in de Optica en de Theoretische Natuurkunde, deden zich enigszins vergelijkbare ontwikkelingen voor. In de Scheikunde bestond reeds een langere traditie van systematisch onderzoek, maar van daaruit werd een minder groot beroep op de wiskunde gedaan.

63 J.H. Greidanus in interview, 12 januari 1989.

Na de oorlog bereikte de subcultuur van wetenschappelijk onderzoek een volledige doorbraak binnen de ingenieurswereld. Van verschillende zijden kwamen nu pleidooien voor een wetenschappelijke aanpak van de ingenieurswetenschappen en voor een meer stelselmatig onderzoek. In de cavalcade van initiatieven en commissies in de wederopbouwtijd traden opvallend vaak mensen uit de onderwereld van Biezeno en hun connecties op.

Biezeno zelf trad prominent naar voren in een reeks commissies, onder meer als voorzitter van de sectie N, Technische Wetenschappen, van de commissie-Reinink II⁶⁴. TNO werd uitgebreid en gestroomlijnd, de basis werd gelegd voor ZWO. De TH bezon zich onder leiding van haar president-curator, Philips Nat-Lab directeur G. Holst, op betere afstemming van de Hoogeschool op de behoeften van de te industrialiseren samenleving. Behalve een kwantitatieve prognose kwam daaruit de aanbeveling naar voren om voor alle studierichtingen twee afstudeervarianten te creëren, een bedrijfsrichting (meer gericht op de economische praktijk) en een theoretische afstudeerrichting. In het kielzog van dit advies kregen Burgers en Biezeno eindelijk hun eigen afstudeerders.

Van der Maas bestierde de reorganisatie van het vliegtuigbouwkundig onderzoek in Nederland en de creatie van een eigen onderafdeling Vliegtuigbouwkunde aan de TH. Burgers was internationaal actief en had de hand in de oprichting van de IUTAM. Het Delfts Hoogeschoolfonds had al tijdens de bezetting een 'Nieuw Fonds' ingesteld, hetgeen een geweldige uitbreiding van het onderzoeksbudget, de zogenaamde Speurrekening, inhield. Het Fonds steunde daarenboven in 1945/1946 een bijzonder initiatief van Burgers om een aantal jonge wetenschappelijk georiënteerde ingenieurs naar Engeland te sturen om zich, met name door het uitpluizen van tijdschriften en verzamelen van overdrukken, op de hoogte te stellen van de stand van het onderzoek in de verschillende vakgebieden. Twaalf mensen, onder wie A. van Wijngaarden⁶⁵, maakten begin 1946 zo'n studiereis. Zij deden uitgebreid verslag op schrift en in voordrachten. Het leek inhalen van een achterstand en zo werd het ook aangeduid. In feite liep men in Delft niet zo vreselijk achter. Men had in vijf jaar toenevend isolement wel iets gemist, maar was gedegen blijven nadenken en onderzoeken en was dan ook in staat om een goed deel te absorberen van de oogst aan kennis die het resultaat was van de enorme impulsen voor de technische weten-

64 Vgl. §3.1 en [Reorganisatie 1949] *Rapport van de Staatscommissie tot Reorganisatie van het Hoger Onderwijs, ingesteld bij Koninklijk Besluit van 11 april 1946, Nr. 1* /- 's-Gravenhage: Sdu, 1949. Over Biezeno's visie in deze sectie zie de volgende paragraaf. Biezeno en Van der Pol werden ook curator van het MC, zie §4.1.

A.F. Kamp duidt deze commissie-Reinink II aan als de 'Staatscommissie Van der Leeuw', [Kamp 1955a p.43] 'De Technische Hogeschool. Start en groei, doel en taak' /A.F. Kamp. In: [Kamp 1955 pp.1-155] *De Technische Hogeschool te Delft 1905-1955* /A.F. Kamp (red.). 's-Gravenhage: Sdu, 1955.

65 Vgl. §4.4.

schappen in de oorlogvoerende landen. Ook de tendens tot organisatie van onderzoek werd overgenomen; zo kwam op kosten van het Hogeschoolfonds in 1947 niet alleen R.V. Southwell 'met de gewaardeerde bemiddeling van prof. Biezeno' spreken over nieuwe rekenprocédés, maar ook J.G. Crowther over 'Organization of Science in England'⁶⁶.

De werkelijke betekenis van de Engelse reis was het helpen voltrekken van een ingrijpende omschakeling in het onderzoek. Ten eerste werd de primaire oriëntatie op Duitsland verlegd naar de Angelsaksische ontwikkelingen. Ten tweede werd de georganiseerde en gerichte stijl van wetenschapsbeoefening, waarin in Nederland onder meer de subcultuur van Biezeno met haar programmatische aanpak was voorgegaan, nu algemeen aanvaard.

Zo brak de onderwereld in de jaren veertig door en had zijn invloed op inhoudelijk, organisatorisch en bestuurlijk vlak. Biezeno was met zijn groep voor Nederland wegbereider in de toepassingsgerichte wiskunde. Eenmaal bovengekomen zou hij zich manifesteren als voorbeeld en moderator, als criticus en rivaal van het nu volgende toepassingsgerichte initiatief van de wiskundigen zelf.

66 'Jaarverslag der Commissie van uitvoering van het Delfts Hogeschoolfonds over 1946-1947'. In: *Jaarboek van de Technische Hogeschool te Delft 1947* pp.120-141, p.124. Vgl. ook [Crowther/Whiddington 1948] *Science at War* [J.G. Crowther and R. Whiddington. S.l.: Philosophical Library, 1948.

Over Southwell zie hierboven i.v.m. Van Wijngaarden (§4.4) en i.v.m. Biezeno.

Het werkelijke knelpunt in de absorptie was het gebrek aan jonge afgestudeerden. Het onderwijs had stilgelegen en men vroeg een nieuw type jong talent. De helft van het voor 1946/1947 toegekende budget van de Speurrekening kon om die reden niet uitgegeven worden.

6.3 Timmans toepassingsgerichtheid

De verhouding tussen wiskunde en ervaring in de ingenieursopleidingen had een nieuwe wending gekregen met de notie van toepassingsgerichtheid. De toegepaste mechanica was enerzijds een triomf van het klassieke denkbeeld van toegepaste analyse, anderzijds legde ze een verbinding tussen theoretische en technische mechanica door de rationele aanpak van de eerste te combineren met het ingenieurscriterium van doeltreffendheid van de tweede. De consequentie was dat niet langer één domein als toegepaste wiskunde beschouwd kon worden, maar dat het ging om toepassingsgerichtheid (§6.1).

De toepassinggerichtheid binnen het klassieke paradigma mondde uit in stug rekenwerk. Toegepaste Mechanica, een houding van toepassingsgerichtheid en de vaardigheid in het rekenen waren internationaal vertegenwoordigd in de lezerskring van *ZAMM* en de deelname aan de internationale congressen *for Applied Mechanics*. De Nederlandse pendant van deze weinig georganiseerde gemeenschap was de onderwereld van Biezeno. Na de Tweede Wereldoorlog stond deze subcultuur op het punt van doorbreken naar een dominante positie in de ingenieurswereld (§6.2).

Een Amsterdamse wiskundige had eind jaren dertig emplooi gevonden in deze subcultuur. Hij werd niet alleen een toponderzoeker in deze wereld. Voor Greidanus, bij wie hij in 1946 kwam werken, was hij ‘de interessantste medewerker ooit’. Hij was ook degene die deze ontwikkelingen in de ingenieurswetenschap, de vliegtuig-, scheeps en werktuigbouw, naar de wiskundigen toe zou brengen en zou omvormen tot een toepassingsgericht initiatief vanuit de wiskunde (hoofdstuk 7).

6.3.a Reinier Timman

Reinier Timman (1917-1975) was een gretig mens. Van wat binnen zijn intellectueel bereik kwam, bleef weinig liggen wat hij niet zijn eigendom gemaakt had.

‘He thought faster, he knew more, he drank more and he slept less than any of us mortals and he literally wore us out. What a rare privilege indeed to have participated in this intellectual orgy. Timman’s lively interest in almost everything coupled with his buoyant enthusiasm and infectious optimism epitomized his approach to life. No delicate nibbling at the fringes, he wanted every morsel of every course.’⁶⁷

Timman studeerde in vier jaar, van 1934 tot 1938, wiskunde aan de Universiteit van Amsterdam, nam het zijne mee van Mannoury’s significante reflecties over de maatschappelijke betekenis van de wiskunde en verdiepte zich zijdelings in het wetenschapsfilosofische werk van de signifiica en de Wiener Kreis.

67 [Kleinman 1985] ‘Preface’ /Ralph E. Kleinman. In: [Water Waves 1985] *Water Waves and Ship Hydrodynamics. An Introduction* /R. Timman, A.J. Hermans and G.C. Hsiao. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Delft UP, 1985.

Rijzig met rossige krullen was hij niet iemand die onopgemerkt voorbijging. Waarschijnlijk was hij de enige die verbaasd was dat in 1939, in een tijd van hoge werkloosheid, Fokker juist hem in dienst nam. Hij werkte er tot 1945, eerst bij de product-controle later bij de ontwikkeling van vliegtuigen. Daar vond hij het technisch aanknopingspunt en juist dankzij de bezettingsomstandigheden ook de tijd voor het eigen, veel theoretischer onderzoek dat zou uitmonden in zijn proefschrift. Op *Beschouwingen over de luchtkrachten op trillende vliegtuigvleugels, waarbij in het bijzonder rekening wordt gehouden met de samendrukbaarheid van de lucht* promoveerde hij in oktober 1946 met lof in Delft bij de wiskundige H. Bremekamp en bij Burgers. Over draagvlaktheorie in incompressibele stroming waren op dat moment enige resultaten bekend; zijn in het proefschrift nog puur analytische theorie betreffende compressibele stroming was nieuw. Prandtl had al aangegeven dat men in de grenslaag om de vleugel niet de vereenvoudigende aanname mag maken dat de lucht onsamen-drukbaar is; in het domein van subsone stroming, dat wil zeggen bij vliegsnelheden juist onder de geluidssnelheid, doen zich zodanige trillingen voor dat dit een concreet technisch probleem wordt.

Dat Timman met zijn ambitie in de theorie-ontwikkeling in 1945 weg wilde bij Fokker is wel te begrijpen. De overstap naar het BPM(Shell)-Laboratorium moet een misrekening zijn geweest. Hij kon er in de gesloten en hiërarchische bedrijfscultuur niet uit de voeten en vertrok in 1946 alweer naar het Luchtvaartlaboratorium. Timman paste er met zijn, op dat moment nog in hoofdzaak theoretische kennis volmaakt in Greidanus' Fluttersectie. De volgende zes jaren vormden het hoogtepunt van zijn wetenschappelijk werk. Weliswaar was Timmans tot dan toe eigenstandige ontplooiing slechts mogelijk geweest voortbouwend op de aanwezigheid van de onderwereld van Biezeno, door de promotie bij Burgers en de nieuwe werkplek bij Greidanus stond hij er nu middenin. Het was inmiddels een toonaangevende cultuur van onderzoek geworden, waarbinnen Greidanus een afzonderlijke lijn van flutteronderzoek had gecreëerd. Mede door de bijdrage van Timman werd dit een vooraanstaande lijn van research.

Het kwam er voor Timman op aan de analytische beschouwingen uit zijn proefschrift van een zodanige uitwerking te voorzien dat er voor concrete voorbeelden numerieke resultaten berekend konden worden. De analytische theorievorming moest gevolgd worden door numerieke analyse. Timman bereikte omkeerresultaten, wat enigszins doet denken aan de toen in opkomst zijnde systeemtheorie: in plaats van bij een gegeven vleugelprofiel de drukverdeling afhankelijk van de stromingssnelheid te berekenen, kon hij bij een gegeven drukverdeling een profiel bepalen dat deze verdeling opleverde. Zijn belangrijkste resultaten bereikte hij door verantwoorde vereenvoudiging. De gebruikelijke benadering in al zulk werk was om zo snel mogelijk lineariteitsaannames te maken; aan stelsels lineaire vergelijkingen was het rekenwerk doenlijk, maar in dit geval ontnam de linearisering het zicht op het fysisch verschijnsel. De kracht

van Timmans aanpak school erin dat hij kans zag het driedimensionale probleem zinvol te reduceren tot het eendimensionale geval⁶⁸. In plaats van aan een draagvlak rekende hij aan de dragende lijn. Het was een aanpak die hij later, in zijn Delftse periode, opnieuw zou inzetten voor de problematiek van scheepsbeweging in water: *slender body theory*⁶⁹. En vreemd genoeg had het herhalen van de truc op het gebied van de maritieme techniek een revolutionairder effect dan de originele bijdrage aan de aerodynamica.

Binnen het NLL manifesteerde Timman zich als toponderzoeker, ook daarbuiten genoot hij erkenning. Hij was actief voor het Mathematisch Centrum met een lange reeks colloquia en vervulde in 1950/1951 een leeropdracht aan de TH ter vervanging van de reizende Burgers. In datzelfde seizoen was hij in deeltijd chef van de Afdeling Toegepaste Wiskunde van het Mathematisch Centrum, maar dat beviel hem niet. Hij had achting voor Van Wijngaarden, maar vond er voor het overige te weinig weerklank voor zijn werk en ideeën⁷⁰. Hij keerde in 1951, bij het vertrek van Greidanus naar Fokker, volledig terug naar het NLL. In 1952 vertrok hij echter alweer, toen de Delftse wiskundigen, die hem al langer op het oog hadden, hem voordroegen voor een hoogleraarspost. Daarmee begon niet alleen bestuurlijk-organisatorisch, maar ook wetenschappelijk zijn meest invloedrijke periode. Hij nam een aantal adviseursschappen en bestuurlijke posities aan. Zijn grote liefde onder de nevenfuncties was het adviseren bij het scheepsbouwkundig proefstation van het MARIN in Wageningen. Op geen gebied werd hij zo'n gezaghebbend wetenschapper als in de hydrodynamica van schepen. Op dit terrein had hij een reeks van leerlingen, afstudeerders en promovendi.

In de loop van de jaren zou hij uitgroeien tot een bekende persoonlijkheid. Generaties ingenieurs zijn opgevoed met het *Handboek der Wiskunde* dat mede zijn stempel draagt⁷¹. In de jaren zestig behoorde hij tot de kleurrijke en vooruitstrevende figuren van de Delftse TH-gemeenschap. Enige nationale faam, ten slotte, verwierf Timman in zijn laatste jaren, toen hij zich stortte op de maatschappijmodellen van de Club van Rome.

68 De eerste aanzet gaf hij in 1948 in NLL-rapport F 35 'A One-parameter Method for the Calculation of Laminar Boundary Layers'. Het resultaat legde hij in 1952 neer in F 99 'Approximate Theory of the Oscillating Wing in Compressible Subsonic Flow for High Frequencies'.

69 Slender=slank. Zie [Water waves 1985].

70 Voor Van Dantzig had hij wel enige waardering, contact onderhield hij niet met hem; over het Centrum als geheel zou hij zich later, 1961/1962, uiterst kritisch uitlaten hetgeen hem een zetel in het Curatorium bezorgde. Zijn kritiek was een verwijt van centralisme en het verwijt dat het contact met de toepassingsgebieden verloren ging.

71 [Kuipers/Timman 1963] *Handboek der Wiskunde* /L. Kuipers en R. Timman (red.). Amsterdam: Scheltema en Holkema, 1963¹, 1966² (deel II 1970¹, deel III 1972¹).

Jaren van berekening



De extraverte wiskundige zelf: R. Timman

Anders dan men zich wellicht van iemand in deze zozeer door rekenen beheerste tak van onderzoek zou verwachten, was Timman geen precies mens. Hij was notoir slordig en de aanblik van zijn werkkamer was berucht. Geen cijferaar was hij, veeleer iemand van het grote gebaar. Zowel wetenschappelijk als be-

stuurlijk hield hij ervan een gebied in een greep te beheersen, vorm te geven en daarna achter zich te laten.

Op het National Physical Laboratory in Engeland roemde men de diepte van het inzicht dat uit Timmans NLL-rapporten sprak, maar was men beducht voor de onzorgvuldigheden in de details. Zijn 'geweldige mathematische intuïtie', zoals Greidanus het noemt, uitte zich enerzijds in de vaardigheid om diep door te dringen in een probleem en het mathematisch behandelbaar te maken, anderzijds in het synthetiserend inzicht waarmee hij een heel vakgebied overzag.

Timman was een van de eerste grote wiskundige modelleerders, hij verbreidde het begrip 'wiskundige model' op zijn gebied⁷². Hij personifieerde de wiskundig ingenieur. Toch zag hij zich in de eerste plaats als en noemde hij zich toegepast wiskundige. Hij haalde Poincaré aan om de zuivere en de toegepast wiskundige te karakteriseren, 'introvert' tegenover 'extravert' voegde hij er ter adstructie aan toe.

'De een streeft voor alles naar logica; leest men zijn werk dan is men geneigd te geloven dat hij enkel stap voor stap is voortgeschreden, zonder iets aan het toeval over te laten. De ander laat zich leiden door de intuïtie en maakt meteen snelle veroveringen, soms hachelijke veroveringen, als een onverschrokken ruiter in de voorhoede.'⁷³

6.3.b Numeriek analytische consultatie

Het was in het kader van Timmans aerodynamisch onderzoek dat het Mathematisch Centrum in de jaren 1949-1951 eerdergenoemde (§4.3.a) opdracht R-53 'De trillende vleugel in subsone stroming' voor het NLL uitvoerde. Daar kwamen twee verschijningen uit de vroegere subcultuur van Biezeno samen. Daar kwamen Timman en Van Wijngaarden, althans diens medewerkers, tot intensieve samenwerking. Het resultaat was niet alleen rekentechnisch, maar ook technisch-wetenschappelijk een hoogstandje. De 'bijdrage tot de internationale cultuur' waarin het Mathematisch Centrum zoveel investeerde, werd hier zeker vergroot. Twee aspecten van deze opdracht waren kenmerkend voor Timman, bepalend voor zijn visie op het toepassen van wiskunde: ten eerste het vakgebied van de numerieke analyse, ten tweede de werkwijze van consultatie.

Behoorde het tot de cultuur van Biezeno het rekenwerk niet uit de weg te gaan, desnoods eigen rekenmethoden te ontwikkelen, in de jaren veertig verzelfstandigde het numerieke werk snel tot een afzonderlijk vak. In verschillende instellingen als TNO (Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten), NLL en Rijkswaterstaat werd het rekenen geconcentreerd in een dienstverlenende sec-

72 [Timman 1952 p.9] *De betekenis van de Wiskunde voor het Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek* /R. Timman (inaug. rede TH Delft). Delft: Waltman, 1952.

73 [Timman 1955 p.191] 'Het erfdeel van Gaspard Monge' /R. Timman. In: [Kamp 1955 pp.180-192].

tor. Dat betrof over het algemeen het uitvoeren van berekeningen volgens bekende procedures, het werk van de rekenaar. Iets anders was het actief verder ontwikkelen en ten uitvoer brengen van de rekenmethoden, het werk van de numericus. Aan het NLL bijvoorbeeld waren het in eerste instantie nog de technisch-wetenschappelijke onderzoekers zelf die als numericus optraden: Van de Vooren, Greidanus⁷⁴, Timman, Van der Neut, Plantema en Van Wijngaarden. Hetzelfde gold voor Dronkers en Van Veen bij Rijkswaterstaat⁷⁵, voor De Pater bij de Nederlandse Spoorwegen.

Van al deze mensen was Van Wijngaarden het meest numericus en hij was de eerste die deze taak afstootte. Aan het Mathematisch Centrum leidde hij Zonneveld, Berghuis en anderen op tot fulltime numericus. Deze mensen waren, meer dan Van Wijngaarden zelf, Timmans gesprekspartners in de genoemde opdracht. Het wereldje van de numerici in Nederland begin jaren vijftig bestond uit onderzoekers aan de frontlijn van werktuig-, vliegtuig-, scheeps- en waterbouwkunde, elektrotechniek en technische natuurkunde die zich bezighielden met geavanceerd technisch-wetenschappelijk rekenwerk. Het betrof naast de genoemde mensen nog een tiental. Dit wereldje was een van de opvolgers van de onderwereld van Biezeno. In deze kleine gemeenschap, waaruit de Rekenafdeling van het Mathematisch Centrum haar voornaamste klanten rekruteerde, waren de numerici van het Centrum de eerste full profs. Hun vak was de numerieke analyse, aanvankelijk ook wel aangeduid als 'numerieke methoden'⁷⁶.

Timman zag dat hij de numerici nodig had en in al zijn verdere plannen ruimde hij een cruciale plaats in voor de numerieke analyse, hoewel het vak goed beschouwd na het midden van de jaren vijftig niet meer bestond⁷⁷.

74 Twee uitdrukkelijke voorbeelden zijn de NLL-rapporten V 1384 'Mathematical Methods of Flutter Analysis' /J.H. Greidanus, 1947; V 1386 'The Treatment of a Tab in Flutter Calculations Including a Complete Account of Aerodynamic Coefficients' /A.I. Van de Vooren, 1947. Beide in: *Verslagen en Verhandeling* 13, Amsterdam: Nationaal Luchtvvaartlaboratorium, 1947.

75 Over Dronkers, zie ook §4.1. J.J. Dronkers en J. van Veen vochten publiekelijk, in *De Ingenieur*, het debat uit over de meest verkieslijke rekenwijze. Zie [Ende/Jong 1989] 'Rekenen aan waterstromen; getijdenonderzoek in Nederland, 1920-1950' /Jan van den Ende, Frida de Jong. In: *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijven en Techniek* 6 (1989), pp.191-209. [Ende 1994] *The Turn of the Tide. Computerization in Dutch Society 1900-1965* /Jan van den Ende. Delft: Delft UP, 1994.

76 Bijv. in [Timman 1955 p.191]. De term 'numerieke methoden' was gangbaar vanaf het begin van de twintigste eeuw; het algemene gebruik van 'numerieke analyse' dateert van na de Tweede Wereldoorlog. Men kan numerieke analyse ook anders lezen, namelijk als: numerieke variant van de calculus (analyse). Dat gebeurde ook en leverde een ander vak op, de numerieke wiskunde.

77 Vgl. §4.3.a. en §7.3.

Verbonden met de rol van de numerieke analyse was het idee van de consultatie. Timman had in zijn herbewerking van het vraagstuk van zijn proefschrift, het bepalen van de eigen trilling van een draagvlakstelsel in subsonische stroming, wel de getalsmatige bepaalbaarheid geanticipeerd, daartoe diende de reductie tot het geval van de dragende lijn, hij had de berekenbaarheid niet feitelijk bereikt. Voor het rekenen was nog een vertaalslag nodig naar een concrete procedure. Berghuis van het MC bracht die tot stand in samenspraak met Timman; de rekenaarsters van de MC-Rekenafdeling voerden uiteindelijk de berekeningen uit.

De taakverdeling tussen toegepaste wiskunde en numerica was relatief nieuw, in Nederland zo expliciet nog niet vertoond. De samenwerking volgde het consultatiemodel dat elders, met name in de statistiek, al gewoner was. Het was aan de consultatiefiguur dat Timman zou vasthouden, met de numerieke analyse onder de supervisie van de toegepaste wiskunde. Het zou hem een decennium later in conflict brengen met – en zijn greep doen verliezen op – een van zijn eigen scheppingen, het Instituut voor Toegepaste Wiskunde, toen het gebruik van rekenautomaten zo algemeen was geworden dat het intensieve consultatiemodel praktisch niet vol te houden was.

Timmans jaren aan het NLL waren niet alleen een wetenschappelijk hoogtepunt, ze vormden hem ook wat betreft zijn visie op het gebruik van wiskunde. De samenwerking binnen het Laboratorium en meer nog die met de Rekenafdeling van het Mathematisch Centrum gaven hem een beeld mee waarin de toegepaste wiskunde een technisch probleem vertaalde in rekenwerk. In dit consultatieproces was het de toegepaste wiskunde die de supervisie hield over het rekenwerk en over de afstemming van het rekenwerk op het technische vraagstuk. Timman hanteerde bij voorkeur een zeer brede notie van numerieke analyse. Waar anderen het rekenwerk het belangrijkste achtten, vatte hij er dit gehele proces onder, met alle vertaalslagen en wisselwerkingen.

6.3.c Model en tweetaligheid

Timmans beeld van numeriek analytische consultatie was mede gevormd door de cultuur van het NLL. In dit instituut waren de werkwijzen en gewoontes echter juist ook in diezelfde jaren in ontwikkeling. Het zal na de in hoofdstuk 2 geschetste geschiedenis niet meer verbazen dat in deze ontwikkeling het begrip 'model' een cruciale rol vervulde.

In een typerend NLL-rapport uit de vroege jaren veertig droeg de tweede paragraaf het opschrift 'De theorie'. Dit onderdeel zette het theoretische kader uiteen, waarbinnen verder gewerkt werd, in de vorm van een stelsel vergelijkingen met verbijzonderingen. Er was ruime aandacht voor de aannemelijkheid van de idealisering en de toepasselijkheid van de specifieke formules op het in de eerste paragraaf gestelde probleem. Dat men twintig jaar later op dezelfde plaats gewoonlijk de term 'model' zou gebruiken, was meer dan een verschil in woorden.

In die vroege rapporten stond 'de theorie' min of meer vast, men ontleende die aan de literatuur en permitteerde zich daarop enige variaties. Onder leiding van Greidanus verscheen na de oorlog een reeks rapporten waarin actief de wisselwerking werd verkend tussen vereenvoudigende aannames en uitvoerbaarheid van de getalsmatige berekening⁷⁸.

Aan de ene kant liet men zich leiden door fysische en technische criteria. Men bleef houvast zoeken in de fysische interpretatie om de vereenvoudiging, reductie of idealisering, aannemelijk te maken. Toespitsing van de technische probleemstelling was een middel om de behandeling te beperken tot een bijzonder geval. Aan de andere kant was de praktische berekenbaarheid het criterium en daar hing veel af van de beschikbaarheid van numerieke benaderingsmethodieken.

Om te beginnen zochten Greidanus en zijn medewerkers meer dan voorheen hun eigen weg, onafhankelijker van de literatuur. Verder was het grootste deel van zo'n rapport gewijd aan het zoeken en beredeneren van het meest adequate stelsel vergelijkingen. En bij iedere wezenlijke stap in dit proces was er aandacht voor het geldigheidsdomein van het resultaat. De uitwerking werd vaker aangeduid dan in het rapport zelf gegeven. Centraal stond telkens de mathematische formulering, het stelsel vergelijkingen, en daar ging men gaandeweg explicieter mee om. Aanvankelijk heette het eenvoudig: het bestudeerde verschijnsel 'kan geschreven worden in de vorm [...]'; en die 'vorm' bestond dan uit één tot vier vergelijkingen. Weinig onderscheid was er in zo'n tekst tussen het fysische en het wiskundige. Systeem in de zin van fysisch systeem en systeem in de zin van wiskundig stelsel vergelijkingen kwamen door elkaar voor. In dezelfde rapporten en in dezelfde dubbele zin kwam ook het woord 'model' voor, bijvoorbeeld 'the wing-aileron model'⁷⁹. Model was hier dus een in mathematische termen gekarakteriseerd fysisch gedachtenmodel, net als de 'dynamische modellen' bij Hertz, of het 'atoommodel' van Bohr. Het aanbrengen van onderscheid⁸⁰ begon met de termen 'representation', 'wiskundige weergave' en 'schema'.

Het was naar latere begrippen voluit wiskundig modelleren, waar Greidanus, Van de Vooren, Timman en de anderen het leeuwendeel van hun rapporten aan besteedden. Al doende ontplooiden zij het besef daarvan. De term 'mo-

78 Genoemde rapporten V 1384 en V 1386 zetten deze ontwikkeling in. Greidanus merkte weliswaar op dat hij in V 1384 eerdere resultaten samenvatte, hij deed dat in een gewijzigde stijl.

79 Rapporten V 1297 en V 1397 van J.H. Greidanus en A.I. van de Vooren over de vleugeltip.

80 Men was zich ten volle en uitdrukkelijk bewust van het onderscheid tussen benaderende approximatie en 'werkelijkheid'. Dat besef hoorde tot het toegepaste-analyse-paradigma van toepassen van wiskunde, dat de mensen in de traditie van de rationele mechanica volgden. Het ging nu om het volgende onderscheid, namelijk het besef dat de benaderde 'werkelijkheid' ook een mathematisch construct is.

del' zoals in 'wing-aileron model' verdween in eerste instantie weer naar de achtergrond, de woorden 'representatie' en 'systeem' bleven. Het begrip 'wiskundig model' drong langzaam door. Timman bezigde het met een slag om de arm in zijn inaugurale rede in 1952 op een moment dat het in de NLL-rapporten nog geen gemeengoed was. Het lijkt aannemelijk dat hij uiting gaf aan het gewone spraakgebruik in de NLL-cultuur.

In het algemeen werd het begrip 'wiskundig model' in de fysisch-technische research pas later, tegen 1960, in brede kring geaccepteerd dan in de econometrie of de statistiek. Binnen deze tak van research was de receptie hier, in de traditie van de toegepaste mechanica, het vroegst en voor Nederland baanbrekend. Opvallend is overigens de afstand van ruim een decennium tussen het eerste voorkomen van het wiskundig modelbegrip bij een reflexief ingesteld onderzoeker als Burgers in 1940 en het gangbaar worden van het begrip begin jaren vijftig – gevolgd door opnieuw een decennium voor het in de hele fysisch-technische research geaccepteerd was.

De mathematisch georiënteerde onderzoekslijnen aan het NLL waren niet wel denkbaar zonder het gegeven van de onderwereld van Biezeno; de verovering van het wiskundig modelbegrip op de praktijk van het onderzoek gebeurde echter kennelijk buiten het besef dat Burgers hierin was voorgegaan. Timman poneerde het begrip voorzichtig, tussen aanhalingstekens, in zijn inaugurale rede verwijzend naar onderzoek van Burgers, gek genoeg niet naar diens gebruik van de term⁸¹. Toch was het vooral Timman die het begrip in Delft verbreidde. De overheveling van het begrip 'wiskundig model' van uitbeelding van de theoretische aannames, namelijk illustratie in een mathematische quasi-realiteit, naar afbeelding van de technische werkelijkheid kreeg in zijn omgeving haar beslag. Daar verschoof het wiskundig modelleren van de kant van de theorie naar de kant van de praktijk.

Meer dan in de naamgeving was Timman geïnteresseerd in de instelling waarmee gewerkt werd, in gerichtheid op toepassing.

'Het verschil tussen zuivere en toegepaste wiskunde is een kwestie van doelstelling. De doelstelling van de wetenschap is het verkrijgen van kennis, [...], de techniek echter vervult een sociale functie, haar doelstelling is de resultaten van de wetenschap te gebruiken voor constructies ten dienste van de maatschappij en de toegepaste wiskunde moet een antwoord geven op concrete vragen, die bij deze constructies opkomen.'⁸²

81 [Timman 1952 p.9]. Over Burgers, zie §2.3 en §6.1. In interviews herinneren betrokkenen als Koiter, Greidanus, Van de Vooren en Kosten zich het gebruik van het begrip 'wiskundig model' in kringen van het NLL en van Delftse toegepaste wiskundigen steevast als gewoon en vanzelfsprekend. Geen van hen kan een eerste moment van dit gebruik aangeven. Het begrip was in ieder geval gangbaar in de omgevingen waar Timman werkte. Helderder dan via de schriftelijke bronnen laat het zich echter niet traceren.

82 [Timman 1952 p.11]

Aandacht besteedde Timman hierbij aan de vertaling van het technische probleem in wiskundige terminologie voorafgaand aan de eigenlijke oplossing en – in Nederlandse context een typisch signifiësch thema – aan de terugvertaling naar technische terminologie.

‘Dit verschil in doelstelling maakt het dus niet nodig, dat de resultaten van wiskundig onderzoek in strenge mathematische vorm gegoten worden, integendeel, dit kan soms storend werken bij de omzetting in de taal der techniek.’⁸³

Deze pragmatische toon weerspiegelde Von Mises’ taakstelling. Het pleidooi voor maatschappelijke dienstbaarheid deed de teneur van de stichtingsakte van het Mathematisch Centrum herleven. Daarmee was Timman evenwel niet uitgepraat. Aan de hand van het voorbeeld van de asymptotische ontwikkelingen betoonde hij zich radicaler op de techniek georiënteerd dan die beide voorlopers, de *ZAMM*-grondlegger en oprichters van het MC. In het ideale en voor de wiskundige enig acceptabele geval was Van der Corputs werkwijze mogelijk: streng mathematische ontwikkeling van een functie in een reeks waarvan vanaf zeker punt op mathematische gronden de restterm kon worden afgeschat. In de praktijk, naar Timmans ervaring, was exact afschatten meestal niet uitvoerbaar en brak men zo’n ontwikkeling af aan de hand van technische nauwkeurigheidseisen. De derde mogelijkheid was dat men niet verder kwam dan de eerste term van een reeksontwikkeling. ‘De problemen die de natuur ons stelt zijn echter zo gecompliceerd, dat men bijna altijd in dit derde geval verkeert’. Het gevolg was “met geweld” lineariseren’, waardoor de methode van asymptotische ontwikkeling, à la Van der Corput, in het geheel niet meer herkenbaar was. Toch gebruiken, vond hij, deze methoden.

‘De techniek stelt vragen en eist een antwoord, de toegepaste wiskunde kan niet anders doen dan de problemen met “third degree” methoden aan te vallen.[...]

Waar de extreme vorm van de strenge mathematische kritiek verstek laat gaan, omdat zij niet anders kan doen dan alles onaanvaardbaar te verklaren, moet een op ervaring gebaseerde vorm van kritiek aanwezig zijn, die het ene resultaat wel, het andere niet geloofwaardig acht en die alleen verkregen kan worden, als de beoefenaar van dit vak behalve een omvangrijke kennis van de te gebruiken mathematische methoden ook een fundamenteel inzicht heeft in de fysische verschijnselen, waarop de wiskunde wordt toegepast.’⁸⁴

Timman hield de term ‘wiskundig ingenieur’ wijselijk voor zich⁸⁵. Ook voor de matige verstaander was evenwel duidelijk dat hier het patroon voor een nieuwe

83 Ibidem. Deze passages zijn rechtstreeks geïnspireerd op Mannoury, wiens tegenoverstelling van spreek-wiskunst en hoor-wiskunst Timman aanhaalt. Vgl. [Mannoury 1925 pp.30-31] *Mathesis en mystiek. Een significatie studie van kommunisties standpunt* /G. Mannoury. Amsterdam: Wereldbibliotheek, 1925. Heruitgave: Utrecht: Bohn, Scheltema en Holkema, 1978.

84 [Timman 1952 p.15]

85 In hoofdstuk 7 wordt duidelijk welke mogelijke controversen Timman hier vermeed.

opleiding uitgetekend werd en dat Timman zelf de opleidingseisen belichaamde. De wezenlijk breuk met de eerdere auteurs was de introductie van het *criterium van geloofwaardigheid*. Het opende de weg voor de volle ontplooiing van het wiskundig modelleren, dat bij anderen steeds in het licht van het waarheids-criterium was blijven staan. De uitwendige beschouwing van het model zou in Timmans ogen gecompenseerd moeten worden door een wezensinzicht in het gemodelleerde. Met een dergelijk houvast was de toegepast wiskundige in staat zich verantwoord op glad ijs te begeven.

De wiskundige in een researchteam, dat was het voorland dat Timman voor de op te leiden mensen voor ogen stond. Hij was ook bekend met de behoefte aan zulke mensen in die sfeer. T.C. Fry had precies dezelfde functie naar voren gehaald als moderne bijdrage van de wiskunde aan de industrie⁸⁶. Diens verklaring was dat de wiskundige de gemeenschappelijke taal sprak van de ingenieurs in hun verschillende disciplines. Ook Biezeno had, in 1914, de ingenieurs voorgehouden dat er geen tegenstelling in taal of denkwijze was tussen technische wetenschap en wiskunde. Biezeno verbond hieraan de consequentie dat de toegepast wiskundigen binnen de technische afdelingen van de TH opgeleid dienden te worden – een institutioneel niet erg zichtbare optie, die wel op vele plaatsen in de wereld is gerealiseerd⁸⁷. Fry's bijdrage betreffende industriële wiskunde in de Verenigde Staten, in het rapport over research aan de National Resources Planning Board, leidde in 1941 onmiddellijk tot een opleidings- en onderzoeksprogramma in toegepaste wiskunde aan Brown University. Dit programma was met zijn ene, gemeenschappelijke taal meer 'klassiek' dan de *Mathematical Engineering*, welke laatste richting ook in de Verenigde Staten pas later, in 1954 onder aanvoering van Tukey⁸⁸, een afzonderlijke opleiding werd.

Timman daarentegen hield de wiskundigen voor dat er een wezenlijk onderscheid was tussen de taal de wiskunde en de taal der techniek. De vertaling over en weer diende in samenwerking tussen toegepast wiskundige en ingenieur tot stand te komen, opdat op voorhand slechts aan de belangrijk geachte aspecten gerekend zou worden. Timman eiste tweetaligheid van de op dit gebied gerichte wiskundige. Of men er kwam door zich als wiskundige vertrouwd te maken

86 [Fry 1941] 'Industrial Mathematics' /Thornton C. Fry. In: [Research 1941 pp.268-288] *Research – A National Resource II. Industrial Research* /report of the National Research Council to the National Resources Planning Board. Washington: US Government Printing Office, 1941.

Zie ook: [Fry 1963] 'Mathematicians in Industry. The First 75 Years' /Thornton C. Fry. In: *Science* 143 (1963), pp. 934-938.

87 Vooral in de vlieguigbouwstudies was er ruimte voor een 'theoretische' of 'wiskundige' variant, in Tokio net zo goed als in Delft. Veel lijkt ervan te hebben afgehangen of er lokaal een 'Timman' dan wel een 'Biezeno' actief was.

88 [Proceedings 1954]; [Tukey 1955]; vgl. §7.3.

met de techniek of door als ingenieur zeer veel wiskunde te leren, scheen hem op dat moment om het even. Timman erkende in dezelfde passage het adagium van Von Mises en Biezeno dat de toegepaste wiskunde eigenlijk het arbeidsveld van de theoretisch werkende ingenieur was. Zijn eigenlijke bewering was hier dus dat de eerste weg, die van wiskunde naar techniek, minstens gelijkwaardig was.

‘Ik heb de indruk, dat een ruime toevloed van wiskundigen met een inzicht in de techniek of van ingenieurs met een goede kennis van wiskundige methoden op vele plaatsen met vreugde begroet zou worden.’⁸⁹

Met deze indruk had Timman diplomatiek en toch niet mis te verstaan de lacune gekenschetst, die hij wilde gaan opvullen.

Het beeld van de mathematische vernufteling had op deze wijze een twintigste-eeuwse variant gekregen. Het door Monge gecanoniseerde idee dat wiskunde zonder meer de taal van de techniek zou zijn, had velen die een kloof wilden overbruggen gevangen gehouden, in het bijzonder Felix Klein en zelfs – de praktijk van zijn onderzoek ten spijt – Cornelis Biezeno en Thornton Fry. Zij maakten geen verschil meer tussen de taal van de wiskunde en die van de techniek. Juist door het te canoniseren had Monge echter iets nieuws tot stand gebracht, namelijk de moderne technische wetenschappen. Dat gegeven moest eerst doordacht worden, voor de rol van de wiskunde erin gerelativeerd kon worden. In navolging van Monge zou men immers alle ingenieurs mathematische vernuftelingen moeten noemen.

Von Mises en vervolgens Timman namen de wiskunde en technische wetenschappen wel in hun onderlinge verhouding in beschouwing. Zo kon het probleem hoe een brug tussen beide te slaan gesteld worden. Had reeds Von Mises gesteld dat kennis van het doel, het technische doel, onontbeerlijk is, Timman zette een stap verder door het criterium van geloofwaardigheid, geloofwaardigheid gemeten naar wezenlijke kennis van het technisch domein, aan te wijzen als toets van verantwoord gebruik van wiskunde. Hier waren wiskunde en technische wetenschap gelijkwaardig en kon Timman tweetaligheid eisen.

Aan de kant van de wiskunde kreeg de toepassingsgerichtheid in de handen van Timman invulling met consultatie, eerst specifiek op het terrein van numerieke analyse en vervolgens met de notie van wiskundig model. Hiermee was het beeld van de mathematische vernufteling, dat met de vorming van de zuivere wiskunde zijn basis had verloren, opnieuw in een houdbaar concept gevat, dat van de wiskundig ingenieur. Wat dat concreet zou inhouden en welke opleiding daar bij hoorde, zou in de pogingen tot verwerklijken duidelijker worden.

89 [Timman 1952 p.16]

Zeven

De wiskundig ingenieursopleiding

De Delftse wiskundigen wisten wie ze in huis haalden, toen ze Reinier Timman een leerstoel aanboden. Ze wisten wat ze wilden en kregen wat ze konden verwachten: het initiatief tot een actuele opleiding in 'toegepaste wiskunde'.

Nadat ze Schouten niet hadden kunnen behouden en Van Dantzig niet hadden weten te waarderen, na het falen van de pogingen Van Wijngaarden op het Mathematisch Centrum te veroveren en na het vergeefs proberen Bouwkamp over te halen, mochten ze in 1952 de lang gezochte 'echte' toepasser verwelkomen. Eindelijk kon een begin gemaakt worden met het inlossen van de stilzwijgende belofte dat de subafdeling wiskunde uit haar isolement zou treden.

De strijd was nog niet gestreden met Timmans komst, noch de interne strijd in de onderafdeling om de coëxistentie van verschillende typen wiskunde, noch de externe, de prioriteitsstrijd met de werktuigbouwers over de opleiding. En toen in 1955 het bouwwerk er eenmaal stond, een Instituut voor Toegepaste Wiskunde en het programma voor een Wiskundig Ingenieursopleiding, toen bleek dit nog allerminst een stabiele en definitieve gestalte van de toepassingsgerichte wiskunde te zijn. Timmans rond numerieke analyse gecentreerde concept zou enerzijds uitgehold worden, doordat het rekenen en het verdere computergebruik dat erin vervat was een eigen weg ging, Anderzijds zou het gerelativeerd worden door de aanvulling met waarschijnlijkheidsrekening, statistiek, operations research en de meer bedrijfskundig georiënteerde toepassingen. Ten slotte werd de numerieke analyse overspoeld door het meer algemene wiskundig modelleren (§7.2).

Niettemin kwam in Delft de toepassingsgerichte wiskunde tot een wezenlijk nieuwe gestalte die navolging vond, in Eindhoven, Groningen en Twente. Aan de TH in Eindhoven verkoos men de indruk van slaafs navolgen te vermijden

en het wiel opnieuw uit te vinden. Daar brachten de wiskundigen een accentverschuiving in de opleiding aan, die resulteerde in een evenwichtiger geheel. Ze lieten in hun programma de resultaten toe van wat zich buiten de traditie van toegepaste wiskunde had ontwikkeld in de richting van het wiskundig modelleren. Het gevolg was de synthese van de conceptuele ontwikkelingen in het toepassen van wiskunde. De rol die de wiskunde speelde in de technische wetenschap en in de industrie werd met succes verzelfstandigd. Het resultaat was niet een afzonderlijk product, maar een overhead die techniek en productie een nieuwe kwaliteit verleende (§7.3).

Na de schets van de inhoudelijke en conceptuele achtergronden van het concept van wiskundig ingenieur in het vorige hoofdstuk (6) volgt hier (§7.1) eerst een blik op de omgeving waarin Timman binnengehaald werd. De micro-omgeving, de groep van wiskundigen aan de TH was gepreoccupeerd met een heel andere functie van de wiskunde dan het toepassen, namelijk de propaedeutische. Ze was herstellende van heftige aanslagen op die functie (§7.1.a). De inwerking van de bredere omgeving op dit wereldje wordt in het vervolg zichtbaar (§7.1.b&c). In hoofdstuk 5 kwam reeds de maatschappelijke context van industrialisatie aan de orde en de bijzondere rol die hierin aan de technische wetenschappen werd toegedacht (§5.2.c). Holst sprak in dat verband de noodzaak uit van een grote 'ingenieursdichtheid' in het Nederlandse bedrijfsleven. Inspeland op de industrialisatie, nog voordat er Industrialisatienota's verschenen, ontpopte de Technische Hoogeschool zich in de wederopbouw tot een groter, rijker en ruimhartiger instelling dan de plek waar Biezeno's wereld een onderwereld was.

Twee van de belangrijkste voortrekkers in die richting waren diezelfde twee mensen, G. Holst en C.B. Biezeno. Holst, oprichter en tot 1946 directeur van het Natuurkundig Laboratorium van Philips, was van 1946 tot 1953 president-curator van de TH en daarnaast onder meer voorzitter van de staatscommissie 'Te kort aan ingenieurs'. Biezeno was naast zijn wetenschappelijk vooraanstaande positie voorzitter van de Sectie N, Technische Wetenschappen, van de in april 1946 ingestelde Staatscommissie tot Reorganisatie van het Hoger Onderwijs¹. Holst was ook weer lid van die sectie N.

Holst ging zeer programmatisch te werk. In de eerdergenoemde (§5.2.c) rede van oktober 1946 ontvouwde hij een pakket van voornemens waarmee hij de Technische Hoogeschool een plaats gaf binnen de lijnen van het economisch beleid en de wetenschapspolitiek. Zijn inzet had een inhoudelijke, een bestuurlijk-organisatorische en een onderwijscomponent. Inhoudelijk betuig-

1 Vergelijk ook § 3.1. [Reorganisatie 1949] *Rapport van de Staatscommissie tot reorganisatie van het hoger onderwijs (ingesteld bij Koninklijk Besluit van 11 april 1946, Nr. 1)* (commissie-Reinink II). 's-Gravenhage: Sdu, 1949.

de hij steun aan de doorbraak die de wetenschappelijke oriëntatie binnen de ingenieurswereld beleefde, een oriëntatie waar mensen als Biezeno voor stonden. Bestuurlijk zou de TH aanzienlijk slagvaardiger geleid moeten worden, met onder meer een meerjarig rectoraat, een planbureau en een bouwplanbureau. De sectie N op haar beurt ging hierop voort met voorstellen om van zowel de president-curator als de rector-magnificus bezoldigde functies te maken; de TH zou ook een zelfstandige rechtspersoon moeten worden met uitgebreider eigen bevoegdheden en een gestroomlijnd bestuur. Deze laatste ideeën werden niet overgenomen, het vijfjarig rectoraat kwam er wel – in augustus 1949 werd een wetwijziging met die strekking door het parlement goedgekeurd. De eerste die het bekleedde was Biezeno, met ingang van januari 1949. De zittende rector A.J. Kluyver, ook al lid van de sectie N, trad hiertoe vervroegd terug.

De voornaamste inzet van zowel Holst als Biezeno betrof echter het onderwijs. De doelmatigheid van de TH als opleidingsinstelling moest in hun ogen verhoogd worden om tegemoet te komen aan de eisen van de industrialisatie. De voorgestelde maatregelen vormden een breed palet, van vergroting van de hogeschool, via studentenvoorzieningen als een mensa, via intensiever onderwijsbegeleiding, herziening van studieprogramma's, brede vorming, en splitsing in een bedrijfsgerichte en een researchgerichte afstudeervariant tot uiteindelijk ook selectie. Dit laatste, selectie bij het propaedeutisch examen – eigenlijk beperking van de inschrijvingsduur tot het behalen van dit examen – was het meest controversiële punt; het zou het voortijdig einde van Biezeno's rectoraat inluiden. Hier liepen ook de interpretaties van Holst en Biezeno uiteen. De grote aantallen studenten in de eerste naoorlogse jaren, 2400 eerstejaars aanmeldingen in 1945, vormden voor Holst primair een opgave in het kader van de industrialisatie. Deze mensen moesten worden opgeleid, met een niet-eenzijdige vorming, tot capabele leidinggevendenden voor het bedrijfsleven. Biezeno stond evenzeer voor de bijdrage aan de industrialisatie, zowel door het leveren van leidinggevendenden als door research, maar zijn eerste duiding van de grote aantallen studenten was toch 'de overbevolking onzer Hoogeschool'. Biezeno achtte, ook bij uitbreiding van de TH, beperking van de toelating tot het onderwijs onvermijdelijk.

'Hebben Spoorweg- en Trammaatschappijen bij de normaal geworden tweevoudige overbelasting hunner vervoermiddelen althans de voldoening hun slachtoffers aan het eind van de beproeving te kunnen wijzen op het bereiken van hun doel, de tweemaal overbelaste Hoogeschool kan, zuchtend onder haar werk, haar slachtoffers aan het einde van hun studiereis slechts meedeelen, dat zij hun eigenlijke doel niet bereikt hebben.'²

2 [Biezeno 1947 p.89] 'Roeping en plicht. Rede gehouden ter gelegenheid van de Leergang "Reorganisatie Technisch Hoger Onderwijs" op woensdag 29 januari 1947 te Delft' /C.B. Biezeno. In: *Leergang Reorganisatie Technisch Hoger Onderwijs*. Delft: Centrale Commissie Studiebelenen, 1947, pp. 79-109. Cursivering in origineel.

Het denkbeeld van selectie kreeg, zoals gezegd, geen bijval; een groot deel van de andere voorstellen van Holst en Biezeno wel. Twee aspecten waren kenmerkend voor de sfeer die zich doorzette aan de TH in de periode van wederopbouw: zorg en openheid. Veel van de voorgestelde maatregelen stonden in het teken van een grotere zorg voor het studeren, van zorg om het welzijn van de studenten tot studiebegeleiding en het aanbieden van brede vorming: mensa, adviseur voor studentenaangelegenheden en het Studium Generale. Het aanstellen van instructeurs voor de wiskunde-oefeningen (§7.1.b) paste volkomen in dit kader.

Het klimaat was gunstig voor nieuwe initiatieven. De TH voelde inderdaad de verantwoordelijkheid om het technisch kader te leveren voor de verwachte voortschrijding van industrialisatie: meer, beter op de praktijk voorbereide ingenieurs. Kortere studieduur werd afgewezen, maar een onderscheid tussen en afstudeerrichting voor *bedrijfsingenieur* en een voor *researchingenieur* werd binnen alle studierichtingen ontwikkeld. De hervorming werd in 1948 doorgevoerd. Ze zou in de loop van de jaren vijftig weer verdwijnen, bedolven onder weer nieuwe plannen. Biezeno profiteerde van de reorganisatiegolf en wist eindelijk het afstuderen bij zijn groep op een theoretisch onderwerp geaccepteerd te krijgen. Met een in januari 1949 overeengekomen regeling werd voor het eerst de onderwereld van Biezeno zichtbaar als een sectie binnen de onderafdeling Werktuigbouwkunde. In dit klimaat was het allerminst vreemd om een opleiding in de toegepaste wiskunde of een opleiding tot mathematisch ingenieur te overwegen (§7.1.c).

Deze opleiding kwam er (§7.2). Aan het uitkristalliseren van de Delftse, Eindhovense, Twentse en Groningse varianten is bovendien te zien dat er dankzij de toepassingsgerichte initiatieven uiteindelijk niet opgeleid werd in toegepaste wiskunde maar in wiskundig modelleren (§7.3).

Enige indicatie van omvang en belang van de opleiding die voortkwam uit de hier besproken initiatieven geven onderstaande cijfers: de aantallen afgestudeerden per periode van vijf jaar, ontleend aan de 'Statistiek'-bijlage bij de *Naamlijst van ingenieurs 1972*³.

3 De totalen zijn hier herberekend tot en met 1970, inclusief de afgestudeerden van Eindhoven en Twente. Na 1972 heeft het KIVI deze totalen niet meer samengesteld. [Naamlijst 1972] *Naamlijst van ingenieurs en van baccalaurei 1972 (gediplomeerd aan de Polytechnische School Delft – 1905; Technische Hogeschool Delft – 1971; Technische Hogeschool Bandoeng – 1949; Technische Hogeschool Eindhoven – 1971; Technische Hogeschool Twente – 1971) /-*. 's-Gravenhage: KIVI, 1972.

Figuur 7.1: Aantallen afgestudeerde ingenieurs in Nederland in wiskunde en verwante richtingen

JAREN	Alle	Wb	Nat Ir	V	Wiskundig Ingenieur	Bdk
1931-35	735	208	19	-	-	-
1936-40	954	221	49	-	-	-
1941-45	492	127	49	1	-	-
1946-50	1584	379	106	42	-	-
1951-55	3105	771	249	117	-	-
1956-60	2503	608	204	85	5	-
1961-65	3399	770	321	127	84	-
1966-70	5202	1035	622	191	204	9

Toelichting

De cijfers van alle richtingen samen (Alle) en die van Werktuigbouwkunde (Wb), de grootste, zijn ter oriëntatie toegevoegd; Technische Natuurkunde (Nat), Vliegtuigbouwkunde (V), en Bedrijfskunde (Bdk) zijn inhoudelijk verwant aan de wiskundig ingenieursopleiding, in globaal dezelfde tijd gevestigd en van dezelfde orde van grootte.

Van de 293 vóór 1971 afgestudeerde wiskundig ingenieurs werkten er eind 1971 61 in het hoger onderwijs (voor alle ingenieurs was dat een zeer veel kleiner deel: 1575 op de 20.294), 15 in het middelbaar onderwijs, 30 bij Philips (Philips had van alle 20.294 Nederlandse ingenieurs 1736 in dienst, naar verhouding iets minder), 16 in de olie, 14 in de chemie, 14 in de apparatenbouw (incl. computerindustrie), 12 in een adviserende functie, 11 in een researchlaboratorium en maar liefst 2 in de vliegtuigindustrie.

7.1 Wiskunde in Delft

De Afdeling A, Algemene Wetenschappen, droeg sedert de oprichting van de Technische Hoogeschool in 1905 de verantwoordelijkheid voor de propaedeutische examens. De verschillende studierichtingen kenden elk hun eigen propaedeuse, maar het aandeel van de wiskunde erin kende weinig variatie: de ‘grote cursus’ of de ‘kleine cursus’. De Afdeling A kende het propaedeutisch diploma toe, na consultatie van de docenten van de vakafdeling. Vervolgens gingen studenten door voor hun kandidaats- en ingenieursexamen, in handen van de vakafdelingen. Aanvankelijk werd zo’n propaedeutisch examen in één keer afgenomen. In tweede instantie kon het in tweeën geplitst worden en kwamen er vrijstelling verlenende tentamens.

Deze regeling van het propaedeutisch examen plaatste de wiskundigen in een machtspositie. Ieder jaar trad een van de hoogleraren in de wiskunde op als ‘Regelaar van de propaedeutische examens’. De wiskundigen waren niet altijd even gelukkig met deze machtspositie, ze wisten deze niet altijd even goed te hanteren. De natuurkundigen, met de wiskundigen, de jurist en de econoom de Afdeling A vormend, brachten het er wat dat betreft beter af.

De vakafdelingen kenden het kandidaats- en ingenieursdiploma toe. De eis van een stage, in 1923 toegevoegd aan het examenreglement, stond symbool voor het dogma van praktijkgerichtheid.

‘Het ingenieursdiploma wordt slechts uitgereikt aan hen, die bewijzen hebben overgelegd van voldoende praktische werkzaamheid.’⁴

De schijnbaar terloopse toevoeging kenschetst de achtergrond van het jaren aanhoudende gerommel over vakkenpakket, tijdstip en opsplitsing van het propaedeutisch examen. Vrees voor te lange studieduur – die de TH tot een ondoelmatig instituut zou bestempelen – leverde meer dan eens het hefboom-argument om de discussie open te breken. Dit argument bracht begin jaren twintig de Afdeling A in een positie dat ze niet anders kon dan meer starre regels te hanteren – eens per jaar examen over alle onderdelen. Studentenrumoer en een bittere nederlaag voor de Afdeling waren het gevolg. In 1924 werd het wiskundeprogramma met een kwart verminderd, de examenregeling werd veel flexibeler en voor het eerst kwamen er vrijstelling verlenende tentamens. De wiskundevakken waren het mikpunt van de kritiek, de natuurkunde nauwelijks. De fysici volgden ongestoord hun eigen agenda en verwierven, na een eerste aanzet in 1922, in 1928 tegen de scepsis van de Delftse vakafdelingen in en tegen de Utrechtse concurrentie in⁵ hun eigen opleiding in de Technische Natuurkunde.

4 Koninklijk Besluit 14 september 1925, *Staatsblad* N^o 453.

5 [Heijmans 1994] *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940* /H.G Heijmans (diss. RUU). Rotterdam: Erasmus Publishing, 1994.

Toen in 1930 de natuurkundigen een eigen subafdeling, binnen de Afdeling A, vormden en de beschikking kregen over een Laboratorium voor Technische Physica, toen gingen er stemmen op om de Afdeling dan maar op te heffen. De wiskundigen hadden geen verweer meer en de Senaat stemde ermee in. Pas het College van Curatoren reageerde alert: wie moest dan de verantwoordelijkheid dragen voor de propaedeutische examens? In de volgende senaatszitting werd de zaak teruggedraaid, maar het kwaad was reeds geschied. De wiskundigen hadden met zich laten sullen. Het zou tot het einde van de jaren veertig duren, eer zij zich van die indruk konden herstellen. Tot die tijd zou ook het thema van opheffing van de afdeling in meer en in minder bedekte vorm terugkeren.

De vakafdelingen wilden, gedreven door de ontwikkeling van hun eigen wetenschapsgebieden, meer dan een opvoedende en selecterende propaedeuse. Zij wilden toepasbare wiskunde voor hun studenten. Daarbij meenden de hoogleraren in de technische wetenschappen beter te weten dan de wiskundigen wat toepassen was. En dat was ook zo – het voorbeeld van de ‘onderwereld van Biezeno’ liet dat duidelijk zien. Zodra de wiskundigen aan de wensen van de vakafdelingen tegemoet zouden hebben willen komen, moesten ze dus vrezen voor hun autonomie en bovendien voor hun zeggingskracht. In de jaren twintig en dertig scheen niemand van zins of bij machte enige beweging in deze patstelling te brengen, ook J.A. Schouten niet, de enige met een reputatie die hem ook buiten de Afdeling A bescherming bood.

Een zekere onwil kan de Delftse wiskundigen niet ontzegd worden en die had een diepere grond. De wiskundige propaedeuse stond voor de stille ideologie van de Verlichting. Wiskunde werd er geleerd om iets anders te bereiken. De ingenieurs, wier discipline was ontstaan uit de luidruchtige ideologie door mathematisering niet langer als ideologie maar als praktisch uitgangspunt te nemen, hadden verderstrekkende aspiraties met de wiskunde. Zij waren gewend te werken vanuit de pretentie de samenleving, althans primair haar materiële aspecten, construerend te scheppen. De steeds uitdrukkelijker rol van het wiskundig denken binnen deze pretentie maakte het uitgangspunt in zekere zin waar.

Dit spanningsveld tussen de stille en een in techniek gevangen luidruchtige verlichtingsideologie was de achtergrond van de formele, defensieve opstelling van de wiskundigen en de aandrang vanuit de technische wetenschappen. De twintigste-eeuwse pendant van dit spanningsveld was de tegenstelling tussen wiskunde gezien als basisvak, waarin de nadruk lag op de vormende waarde, en wiskunde gezien als hulpwetenschap. In die laatste gedaante zou wiskunde zijn zelfstandigheid natuurlijk niet kunnen behouden.

In dit spanningsveld nu zou Timman zijn weg vinden, maar pas nadat er enige beweging in de verhoudingen was gekomen. Eerst dankzij een hervonden zelfbewustzijn van de wiskundigen in hun stille ideologie kon er na 1945 een dynamische situatie ontstaan, die opening bood voor nieuwe initiatieven.

Jaren van berekening



De oude garde van Delfse wiskundigen onderging sinds 1919 nauwelijks verandering; Baudet overleed jong in 1921, Versluys vertrok in 1935 en Van Dantzig kwam er stapsgewijs bij. De zittende hoogleraren waren J.G. Rutgers (links), F. Schuh (midden), H. Bremekamp (rechts).

Figuur 7.2: Selectieve lijst van personen betrokken bij de discussies over de rol van de wiskunde in de ingenieursopleiding en de Wiskundig Ingenieursopleiding aan de Technische Hoogeschool.

afkortingen

R.M. = Rector magnificus

ztw&dm = hoogleraar zuivere en toegepaste wiskunde en de mechanica

ttn = hoogleraar theoretische en toegepaste natuurkunde

De Afdeling A, algemene wetenschappen

wiskundigen (sub- of onderafdeling wiskunde sinds 1949)

eigen opleiding tot wiskundig ingenieur sinds 1956, selectie

J. Cardinaal (1848-1922), 1893 leraar, 1894-1905 hoogleraar aan de Polytechnische School, 1905-1919 hoogleraar ztw&dm; R.M. 1910-1913

W.A. Versluys (1870-1946), 1907-1935 ztw&dm

F. Schuh (1875-1966) 1907-1909 en 1916-1945 ztw&dm; 1909-1916 hoogleraar aan de Rijksuniversiteit Groningen

J.G. Rutgers (1880-1956), 1914-1950 ztw&dm; R.M. 1933-1934

J.A. Schouten (1883-1971), 1914-1943 ztw&dm; R.M. 1938-1939; 1946 oprichter Mathematisch Centrum; 1948-1951 bijzonder hoogleraar toegepaste wiskunde aan Gemeentelijke Universiteit, Amsterdam

P.J.H. Baudet (1891-1921), 1919-1921 ztw&dm

H.J. van Veen (1879-1962), 1919-1948 ztw&dm

H. Bremekamp (1880-1963), 1919-1950 ztw&dm

C.H. van Os (1891-1969), 1919-1961 ztw&dm

D. van Dantzig (1900-1959), 1932-1938 lector, 1938-1940 buitengewoon, 1940-1946 gewoon hoogleraar ztw&dm; 1946 oprichter Mathematisch Centrum, chef Statistische Afdeling; 1946-1959 hoogleraar in de Leer der collectieve verschijnselen aan Gemeentelijke Universiteit, Amsterdam

O. Bottema (1901-1992), 1941-1971 ztw&dm; R.M. 1951-1959

S.C. van Veen (1896-1978), 1946-1966 ztw&dm

N.G. de Bruijn (*1918), 1946-1952 ztw&dm, naar GU, Amsterdam, later naar THE, Eindhoven

C. Visser (*1910), 1946-1956 ztw&dm

J. de Groot (1914-1972), 1948-1952 ztw&dm; naar GU, Amsterdam

F. Loonstra (1910-1989), 1949-1980 ztw&dm



H.J. van Veen (links), C.H. van Os (midden) en J.A. Schouten (rechts).

A.C. Zaanen (*1913), 1950-1956 ztw&dm
J. Korevaar (*1923), 1951-1953 ztw&dm
B. Meulenbeld (*1908), 1952-1973 ztw&dm
R. Timman, (1917-1975), 1952-1975 ztw&dm
L. Kuipers (1909-1991), 1956-1967 ztw&dm
L. Kosten (*1911), 1956-1980 ztw&dm
H.J.A. Duparc (*1918), 1956-1984 ztw&dm
J.W. Cohen (*1923), 1957-1973 ztw&dm
E. van Spiegel (*1927), 1960-1977 ztw&dm
J.W. Sieben (1920-1990), 1961-1983 statistiek
W.L. van der Poel (*1926), 1962-1990 logica van rekenautomaten; ztw
J. Berghuis (*1925), 1967-1971 toepassingen der wiskunde
D.H. Wolbers (*1924), 1968-1989 ztw

natuurkundigen (onderafdeling sinds 1928)

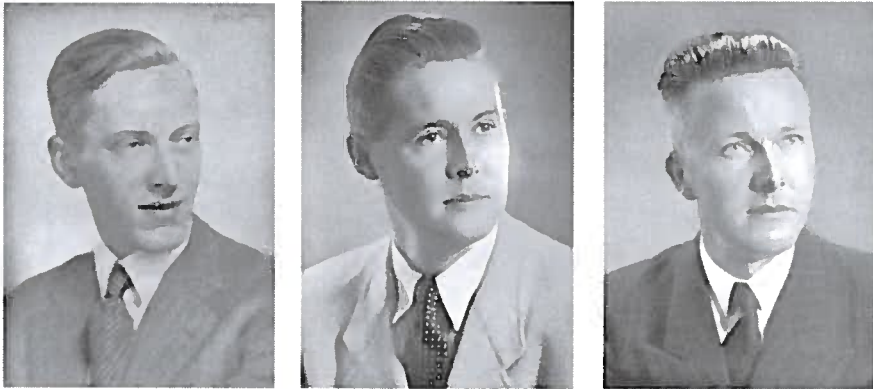
eigen opleiding technische natuurkunde sinds 1928, selectie

W.J. de Haas (1878-1960), 1917-1922 ttn
A.D. Folkker (1887-xxxx), 1923-1927 ttn
H.B. Dorgelo (1894-1961), 1927-1956 trn; R.M. 1942-1943; naar THE
C. Zwikker (1900-1985), 1929-1945 ttn; naar Philips; 1956 naar THE
E.C. Wiersma (1901-1944), 1936-1944 ttn
R. de Laer Kronig (1904-1996), 1939-1969 theoretische natuurkunde; ; R.M. 1959-1962
H.A. Kramers (1894-1952), 1931-1952 bijzonder hoogleraar theoretische natuurkunde; gewoon hoogleraar Rijksuniversiteit Leiden
W.J.D. van Dijck (1899-1969), 1936-1949 bijzonder hoogleraar fysische technologie
B. van der Pol (1889-1959), 1938-1948 bijzonder hoogleraar theoretische elektriciteitsleer
A.C.S. van Heel (1899-1966), 1938-1947 lector, 1947-1966 optica

overigen, binnen Afdeling A, selectie

J.C.G. Volmer (1865-1935), 1909-1921, buitengewoon, 1921-1933 gewoon en 1933-1935 buitengewoon hoogleraar bedrijfsleer en boekhouden; 1925-1935 tevens staathuishoudkunde
J. Goudriaan (1893-1974), 1936-1950, buitengewoon hoogleraar bedrijfsleer
A.C. Josephus Jitta (1887-xxxx), 1932-1957 buitengewoon hoogleraar staats-, administratief- en handelsrecht

Jaren van berekening



Drie van de nieuwe Delfse hoogleraren wiskunde die na de oorlog de wiskunde-groep nieuw leven inbliezen, N.G. de Bruijn (links), J. de Groot (midden) en F. Loonstra (rechts).

G.J.C. Schilthuis (1884-19xx), 1941-1945 buitengewoon hoogleraar staats-, administratief- en handelsrecht

J.A. Veraart (1886-1955), 1919-1955 handelsrecht en de staathuishoudkunde, R.M. 1939-1940

J. Hemelrijk (*1918), 1952-1960 buitengewoon hoogleraar mathematische statistiek

B.W. Berenschot (1895-xxxx), 1950-1956 bedrijfsleer (organisatietechnieken)

H.K. Volbeda (1908-xxxx), 1957-1963 technische bedrijfsleer

H.J.M. Lombaers (*1920), 1968-1985 kwantitatieve aspecten van de bedrijfsleer

De Afdeling WSV, werktuig-, scheeps- en vliegtuigbouw, enkele hoogleraren

F.K.Th. van Iterson (1877-1957), 1910-1913, toegepaste wiskunde en mechanica; naar Staatsmijnen

C.B. Biezeno (1888-1975), 1914-1958 toegepaste mechanica, R.M. 1937-1938 en 1949-1951

J.M. Burgers (1895-1981), 1918-1956 aero- en hydrodynamica, naar Maryland (VS)

P. Landberg (1891-1962), 1929-1961 mechanische technologie

W.F. Brandsma (1892-xxxx), 1934-1957 mechanische technologie en metallografie

H.J. van der Maas (1899-1987) 1940-1967 vliegtuigbouwkunde

A. van der Neut (1907-19xx), 1945-1973 vliegtuigbouwkunde

W.T. Koiter (1914-1996), 1949-1974 toegepaste mechanica

A.I. van de Vooren (*1919), 1956-1958 aero-elasticiteit; naar Rijksuniversiteit Groningen

De Afdeling E, elektrotechniek, enkele hoogleraren

H.S. Hallo (1879-1966), 1915-1950 elektrische metingen en hoogspanningstechniek, R.M. 1930-1931.

G.J. Elias (1879-1951), 1916-1918 buitengewoon en 1918-1950 gewoon hoogleraar wisselstroomtheorie en theoretische elektriciteitsleer

H.G. Nolen (1890-1986), 1937-1946 elektrotechniek

W.Th. Bähler (1892-1984), 1930-1931 buitengewoon, 1931-1962 gewoon hoogleraar elektrotechniek, wisselstroomtheorie en telefonie.

Overigen

G. Holst, President curator TH 1946-1953, curator -1956; voorheen directeur Philips Natuurkundig Laboratorium

7.1.a 'Zoo moet de wiskunde dus als technisch vak behandeld worden'

De nimmer afwezige aandrang op de wiskundigen om de collegestof en het aantal uren in te perken én de leerstof te actualiseren, manifesteerde zich na het rumoer van 1922-1924 opnieuw in volle hevigheid in de late jaren dertig. Met name de Beschrijvende Meetkunde en daarbij horende vermaledijde tekenoefeningen in projectiemethoden moesten maar eens geschrapt worden, was de boodschap. De afdelingen Elektrotechniek en Werktuig- en Scheepsbouwkunde en de subafdeling Natuurkunde schreven dringende doch beleefde nota's van deze strekking. Landberg, hoogleraar werkplaatstechniek in de Afdeling Werktuig- en Scheepsbouwkunde, en Schouten, gesecondeerd door Van Dantzig, bestookten elkaar met gevolgtrekkingen uit gegevens over studieresultaten. Schoutens bijdrage⁶ in de leergang *Ingenieur, studie, praktijk* in februari 1940 stond mede in het teken van dit debat. De leergang zelf, een driedaagse conferentie, liet zien dat de problematiek in brede kring gevoeld werd⁷. Kenmerkend voor de opstelling van de wiskundigen in die jaren was het gemak waarmee Schouten zich afmaakte van de discussie of wiskunde nu basisvak of hulpwetenschap moest zijn. Hij besprak slechts de eerste functie van de exacte vakken in de vooropleiding van ingenieurs en verschool zich achter de overige sprekers, die 'zoo vriendelijk waren om uit te spreken dat die vakken zoo nuttig en zoo belangrijk zijn'⁸.

In dat najaar van 1939 had reeds een openlijke aanvaring bedreigd tussen de Afdeling A en haar afnemers, toen dezelfde Landberg en zijn collega W.F.

6 [Schouten 1940] 'De betekenis van de exacte vakken in de vooropleiding van den ingenieur' /J.A. Schouten. In: *Ingenieur, studie, praktijk. Leergang georganiseerd door de Centrale Commissie voor Studiebeelden te Delft, in samenwerking met de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs, gehouden 7, 8 en 9 Februari 1940*. Delft: Centr. Cie. Studiebeelden, s.a.; pp.61-83.

7 Positie van wiskunde, inrichting van het propaedeutisch onderwijs, studierendement, aansluiting op de praktijk, etc. zouden na de oorlog onderwerp worden van een reeks van commissies.

8 [Schouten 1940: p.63]. Deze discussie was geen hoofdthema van de conferentie, maar Schouten raakte eraan zonder er werkelijk op in te gaan. Elders verwoordde hij wel degelijk een eigen opvatting op dit punt [Schouten 1939] *Meetkunde en ervaringsstructuur* (rectorale rede TH Delft, 1939) /J.A. Schouten. S.l., s.a. Herdrukt in [Dijkhuis/Lauwerier 1994]. [Schouten 1949] *Over de wisselwerking tussen wiskunde en physica in de laatste 40 jaren* /J.A. Schouten (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949. Herdruk in [Dijkhuis/Lauwerier 1994 pp.171-191] *Schouten beschouwd* /B. Dijkhuis en H.A. Lauwerier (red.). Amsterdam: CWI, 1994.

Blijkbaar hechte hij, net als Van Dantzig in het hieronder te behandelen debat, eraan het front van Delftse wiskundigen naar buiten toe gesloten te houden. Het opvallende slot mag niet onvermeld blijven. Hij waarschuwde, in februari 1940, de plannenmakers over de oorlog heen: 'Wanneer er vrede komt en dan nog in het allergunstigste geval, dan zal er een heel andere wereld zijn en zal het misschien noodzakelijk zijn om heel andere maatregelen te nemen vanwege geheel andere financiële en economische condities.'

Brandsma oefeningen en een tentamen belegden op het tijdstip van de tekenoefeningen⁹. De kwestie werd bijgelegd, 'misverstand', maar de reactie van de wiskundigen in hun verdediging van dit erfstuk van Monge was afwerend en strikt formeel.

Beschrijvende meetkunde was sinds de vorming van de Ecole Polytechnique hét waardevolle basisvak, hét symbool van de propaedeutische functie van de wiskunde. De groep van Delftse wiskundigen onderhield niet slechts deze functie, ze belichaamde de stille ideologie. Ze wilde de aanstaande ingenieurs ruimtelijk inzicht bijbrengen en vertrouwd maken met de wetenschappelijke, in casu wiskundige denkwijze. En nu stond juist deze meetkunde onder druk.

Van meetkunde mocht bij deze mensen toch al niets gezegd worden. Een bijzondere gevoeligheid, naast het vastklampen aan de stille ideologie van de vormende waarde, vond haar grond in de eigen wiskunde-beoefening van deze wiskundigen. Nergens in Nederland was zo'n grote groep hoogleraren in de wiskunde verenigd als in Delft. Er zou dus alle gelegenheid zijn geweest om het kleine verschil in status tussen een leerstoel aan de Technische Hoogeschool en een plaats aan een universiteit, te compenseren of zelf geheel te doen vergeten door vereende kracht. Maar het tegendeel gebeurde. In de opkomst van de cultuur van onderzoek in de eerste helft van deze eeuw verloren de Delftse wiskundigen de aansluiting, zowel bij hun wiskundige collega's in Nederland als bij de groepen van 'wetenschappelijk werkende ingenieurs' binnen Delft. Voorzover zij onderzoek deden en publiceerden, lag de nadruk op het traditionele gebied van de geometrie. Dit gebied was, enigszins tegen de internationale ontwikkelingen in, een populair veld van onderzoek in de Nederlandse wiskunde gedurende de eerste decennia van deze eeuw. Proefschriften had het opgeleverd met appendices bestaande uit uitvouwbare tekeningen. In Leiden, Amsterdam, Utrecht en Groningen was men daarvan afgestapt en bloeide de belangstelling voor getaltheorie, moderne algebra, topologie en (intuitionistische) grondslagen.

Terwijl ook internationaal het wiskundig verkeer volledig overheerst werd door grondslagenproblematiek, algebra, getaltheorie en analyse, koesterden de Delftse wiskundigen de meetkunde. Dit leverde goede contacten op met het middelbaar onderwijs, maar waar het in het begin van de eeuw hun voorganger Cardinaal nog internationale erkenning had bezorgd, leidde het in de jaren dertig tot een isolement. Toch had zelfs toen een voorkeur voor de geometrische kant van de wiskunde voldoende kansen geboden voor aansluiting bij actuele ontwikkelingen, bijvoorbeeld in de aftellende geometrie, waar de jong gestorven Baudet kortstondig vooraanstaand werk verrichtte¹⁰, in de differentiaalmeetkunde waar Schouten en zijn assistenten school maakten, of in de topolo-

9 Notulen Afd. A 22-12-'39 en 20-3-'40. Archief Afd. A.

gie. Schouten was echter de uitzondering; het leunen op de traditionele geometrie de regel. Schouten kreeg ook zijn Delftse collega's niet mee in zijn moderne teamwork-stijl van onderzoek. Zo stond meetkunde symbool voor een tekortschieten. Wie in deze omstandigheden aan de meetkunde kwam, al was het maar aan de profane neerslag ervan in de beschrijvende meetkunde, beoerde derhalve een kwetsbaar zelfbewustzijn.

Inmiddels was de beschrijvende meetkunde van symbool tot relikwie geworden. Het tekenen in de zin waarin Monge dat gepropageerd had, was inderdaad al lang gemeengoed geworden en werd door de werktuigbouwers zelf onderwezen – vandaar het conflict met Landberg. Toepasbaarheid, technische relevantie, claimden de wiskundigen niet, maar ook de vormende waarde was hiermee pijnlijk achterhaald. Toegepaste wiskunde en aanzetten tot wiskundig modelleren, zo afwezig in de vooroorlogse Nederlandse wiskunde-beoefening, kwamen wel tot ontplooiing in Delft, in de vakafdelingen. Zo kwam ook de propaedeutische functie van de wiskunde in de lucht te hangen. De wiskundigen werden geconfronteerd met een appel op ondersteuning van de kant van collega's die in feite beter geïnformeerd waren.

In december 1939, toen de natuurkundigen zich onder de critici schaarden, kwam er beweging in de zaak. Op uitdrukkelijk verzoek van de subafdeling Natuurkunde vormde de Afdeling A een commissie om na te gaan hoe de propaedeutische examens zo gereorganiseerd zouden kunnen worden 'dat een grondige scholing in de exacte vakken, voor zover deze voor den ingenieur noodzakelijk is, verkregen kan worden'.

'Daar de huidige toestand geen verdedigers vindt, wordt besloten tot instellen der commissie over te gaan [...] : Schouten (voorzitter), [H.J.] Van Veen, Bremekamp, Van Dantzig, Dorgelo en Wiersma. [...] De commissie is een interne van onze afdeling en zal dus haar advies aan de afdeling voorleggen.'¹¹

De commissieleden E.C. Wiersma en H.B. Dorgelo waren de figuren die de onderafdeling Natuurkunde droegen. Met H.A. Kramers en C. Zwickler gaven ze de Delftse natuurkunde een aanzien dat haar vrijwaarde van aanvallen als die op de wiskunde.

10 P.J.H. Baudet 1891-1921, hoogleraar van 1919 tot 1921, was een leerling van Schuh. Zie [Waerden 1927] 'Beweis einer Baudet'schen Vermutung' /B.L. van der Waerden, In: *Nieuw Archief voor Wiskunde* II-15 (1927), 212-216. Repr. ed. [Two Decades 1978 pp.110-115]; [Bruijn 1978] 'Commentary' /N.G. de Bruijn [Two Decades 1978 pp. 116-124] *Two Decades of Mathematics in The Netherlands; 1920-1940. A Retrospection on the Occasion of the Bicentennial of the Wiskundig Genootschap* 2 Vols./E.M.J. Bertin, H.J.M. Bos, A.W. Grootendorst (eds.). Amsterdam: Mathematical Centre, 1978.

11 294e Vergadering van de Afdeling der Algemene Wetenschappen op Vrijdag 22 December 1939. Notulenboek, Archief Afd. A.



In 1939 schaarde ook de natuurkundigen zich onder de critici van de wiskundigen. Foto van W.J. de Haas, C. Zwikker en H.B. Dorgelo in 1930 op stap in Parijs.

H.J. van Veen was zo'n meetkundeman; hij vertegenwoordigde de zwijgzame meerderheid van de wiskundigen, zoals J.G. Rutgers, C.H. van Os en F. Schuh. H. Bremekamp zat meer aan de kant van de analyse, hij was veel ruimer van visie, maar evenmin initiatiefrijk. D. van Dantzig was op dat moment buitengewoon hoogleraar, vol ideeën, maar met weinig invloed op zijn collega's. Commissievoorzitter J.A. Schouten, al vanaf 1914 hoogleraar en niet eens de nestor van de afdeling, had juist zijn termijn als Rector Magnificus beëindigd. Hij was vooraanstaand wiskundige en actief onderzoeksleider; in feite was hij onder de wiskundigen de enige die als wetenschapsman op gelijke hoogte stond met de genoemde natuurkundigen¹². Zelfs Schouten was er, ondanks zijn hekel aan de behoudzucht om hem heen en ondanks zijn bestuurlijke ervaring, tot op dat moment niet in geslaagd de groep van wiskundigen tot een slagvaardiger houding te brengen.

De actie van de natuurkundigen was ingegeven door de beantwoording van een schrijven van de Afdeling Elektrotechniek over de propaedeuse, over beschrijvende meetkunde in het bijzonder. Zij forceerden een meer dan alleen defensieve reactie bij de wiskundigen en op 1 mei 1940 volgde een gemeenschap-

12 Over Van Dantzig en Schouten, zie hoofdstuk 3.



De hoogleraren elektrotechniek, 'propagandisten der wiskunde', in vergadering bijeen, rond 1930. V.l.n.r Bähler, Hallo, Feldmann, Thierens, Elias en Van der Bilt.

pelijke vergadering van de Afdeling A met de Afdeling E, Elektrotechniek¹³. H.S. Hallo, voorzitter van de afdeling E, legde meteen het mes op tafel.

'Allereerst moet de beschrijvende meetkunde daarbij op haar juiste waarde worden geschat, daarmee moet voortgang worden gemaakt.'

Nu konden zijn collega's zich iets milder uiten. G.J. Elias en H.G. Nolen bepleitten een algemene reorganisatie van de propaedeuse terwille van een zo groot mogelijk nuttig effect van het wiskunde-onderwijs, nuttig in het licht van latere studie en praktijk.

Nolen: '[...] de docenten van de vakafdeling. Die willen immers juist propagandisten der wiskunde zijn, doch dan moet het ook levend wiskunde onderricht zijn en geen ballast.'

Elias: 'Doch de basis van het onderwijs in de wiskunde is nog steeds die van voor vele jaren.'

Niet de saaiheid en ouderwetsheid van de beschrijvende meetkunde, de propaedeutische functie als zodanig van de wiskunde was Nolens mikpunt.

13 296e Vergadering van de Afdeeling der Algemeene wetenschappen, gehouden op 1 Mei 1940. Archief Afd. A. Hieruit de navolgende citaten. Cursivering G.A.

‘In de techniek zijn telkens weer nieuwe onderdelen van de wiskunde nodig. Zoo moet de wiskunde dus als een *technisch vak behandeld worden*: nieuwe onderdelen moeten worden ingevoerd, oude moeten verdwijnen.’

Wiskunde een technisch vak, zo profetisch bedoelde Nolen het misschien niet. Een toevoeging van W.T. Bühler liet evenwel onmiskenbaar uitkomen dat de elektrotechnici wel degelijk het dieper liggende thema, de stille ideologie van de Verlichting, ter discussie stelden.

‘In de techniek is er *een dynamische lijn*, juist bij de wiskunde-toepassing. Daardoor heeft de wiskunde thans veel meer dan alleen vormende waarde. [...] Meetkunde blijft nodig, maar het onderdeel: beschrijvende meetkunde, is vroeger sterk overschat, wat niet ernstig was, daar de wiskunde toch bijna niet werd toegepast. Op een gegeven moment was het zeer verrassend, dat wiskunde bleek werkelijk bruikbaar te zijn.’

De commissie-Schouten had de ontmoeting voorbereid, maar het verweer bleef bleekjes. Rutgers en Van Veen klaagden dat in 1924 en in 1939 reeds al het mogelijke was ingeleverd. Schoutens terloopse pleidooi voor autonomie – omdat niet gekend, laat staan geformuleerd kan worden, wat morgen toepasbaar zal zijn – bleef overeind. Zijn hoofdargument, een beroep op de eenheid van de wiskunde, werd echter door de jonge natuurkundehoogleraar R.L. Kronig gecorrigeerd onder verwijzing naar het ontbreken van getaltheorie en verzamelingenleer in het Delftse pakket. Daarmee was ook de stilzwijgende verwijzing naar de eeuwigheidswaarde van de wiskunde¹⁴, die een behandeling als veranderlijk technisch vak in de weg zou staan, ondermijnd.

De hier begonnen confrontatie zou zeker consequenties hebben gehad, als de bezetting het vervolg niet verduisterd had. De commissie-Schouten bracht nog wel eind 1940 rapport uit over de reorganisatie van het wiskunde-onderwijs, maar op 28 april 1941 besloot de Afdelingsvergadering de zaak te laten rusten tot andere tijden. Intussen was Van Dantzig in november 1940 op non-actief gesteld en vervolgens in 1941 ontslagen op last van de bezetters. Na enkele weigeringen door andere kandidaten volgde nog in 1941 O. Bottema hem op. Schouten stortte in de zomer van 1941 in en trok zich in 1943 definitief terug uit Delft. De beschrijvende meetkunde bleef gehandhaafd totdat in de naoorlogse jaren de ene vakafdeling na de andere dit college eigenmachtig afschafte.

De boot die de hoogleraren in de wiskunde op dit concrete strijdpunt misten, bleek achteraf de laatste te zijn geweest. Op 18 juni 1942 ontnamen Rector Magnificus en Assessor de afdeling der Algemene Wetenschappen de zeg-

14 In dezelfde tijd legde Van der Corput in Groningen deze platonistische visie af en maakte Hardy in Cambridge haar bespreekbaar. Vergelijk hoofdstuk 3; [Corput 1946a] *Het Mathematisch Centrum I*. G. van der Corput (Inaug. rede UvA). Groningen/Batavia: Noordhoff, 1946. [Hardy 1940] *A Mathematician's Apology* /G.H. Hardy. (Reprinted with a foreword by C.P. Snow). Cambridge: University Press, 1967 (1st edition 1940).



O. Bottema, benoemd in 1941, ontpopte zich tot de dragende figuur van de wiskunde-groep.

genschap over de propaedeuse. De vakafdelingen stelden de examens en de uitslagen vast, de wiskundigen mochten nog slechts hun handtekening zetten.

7.1.b Instructeurs en Mathematisch Instituut: nieuw elan

Ogenschijnlijk doorstond de wiskunde-groep de oorlog verstild, maar in 1945 bleek ze herboren. Bottema had zich ontpopt als de dragende figuur, sinds 1942 als voorzitter van de 'vergadering van hoogleraren in de wiskunde', in de functie van 'regelaar van de propaedeutische examens' en als secretaris van de Afdeling A. Onder zijn aanvoering werd met nieuw elan de traditionele propaedeutische functie van de wiskunde uitgedragen. De triomf op dit gebied was de aanstelling van instructeurs voor de oefeningen bij de propaedeutische colleges; voor het eerst in 1947.

Met het rapport van de commissie-Schouten uit 1940 was weliswaar niet rechtstreeks iets gedaan, het feit dat de discussie op gang was gebracht, resulteerde onder de gewijzigde omstandigheden in een herijkte consensus onderling en met de natuurkundigen. Tot de consensus behoorde de constructie van toevoeging van wiskundeleraars aan de verschillende vakafdelingen. Deze constructie werd in de loop van de oorlogsjaren tot uitvoering gebracht in informele afspraken met de vakafdelingen. Een of twee hoogleraren die onderwijs voor de betreffende studenten verzorgden werden adviserend lid van zo'n afdeling, zonder bestuursfuncties op zich te kunnen nemen en zonder afstudeerders

aan te kunnen trekken. De Afdeling Werktuig-, Scheeps- en Vliegtuigbouwkunde was blij met de constructie vanwege haar bekende standpunt dat de Afdeling A beter opgeheven kon worden. Ze zag dit als een stapje in de goede richting en stelde in 1943 in het kader van nieuwbouwplannen alvast voor om de betrokken hoogleraren althans qua werkplek in te lijven.

Op basis van die hervonden consensus kon onder de bijzondere omstandigheden een tweede nieuwe idee groeien, dat van de instructeur. Het idee werd geopperd in het kader van maatregelen tegen de 'overbevolking'. De Technische Hoogeschool meende namelijk de sterk gestegen aantallen eerstejaars inschrijvingen in 1940, 1941 en 1942 te lijf te moeten gaan met selectie en beperking van de inschrijvingsduur en in dat kader zouden zogenaamde instructeurs aangesteld moeten worden die enerzijds de studenten intensief moesten begeleiden, anderzijds een zwaarwegend studie-advies konden uitbrengen¹⁵.

Bij de hervatting van de lessen na de oorlog meldden zich ongekennde aantallen eerstejaars aan, afnemend van 2400 in 1945 via 1000 in 1948 tot het betrekkelijk normale aantal van 700 in 1951. In de context van de wederopbouw en vernieuwingsdrang kon de reactie anders zijn, zowel van de TH als geheel zoals hierboven aangeduid, als van de kant van de wiskundigen, die de zwaarste last te torsen hadden van de grote aantallen propaedeuse-studenten. President-curator Holst zag de taak deze mensen op te leiden tot ingenieur als een opgave in verband met de industrialisatie, anderen, onder wie zoals gezegd Biezeno, vatten het nog primair als een vraagstuk van overbevolking van de TH. Maatregelen werden voorgesteld ter bevordering van de doelmatigheid, studieprogramma's herschreven en het idee van selectie uit 1940 werd weer van stal gehaald.

De wiskundigen bleken ditmaal in staat tot een actieve opstelling. Zij stelden voor om als bijdrage aan de doelmatigheid te trachten het studierendement van de propaedeuse te bevorderen, niet door wijziging in de programma's, maar door uitbreiding en intensievere begeleiding van de oefeningen bij de propaedeutische colleges. Het idee instructeurs aan te stellen was reeds eerder rondgegaan en zo konden de hoogleraren in de wiskunde het, begin 1947, als het hunne omarmen. In een grootscheepse wervingsprocedure roomden zij het middelbaar onderwijs af. Op het ministerie werden intussen harde onderhandelingen gevoerd over de arbeidsvoorwaarden, opdat de TH een salaris kon aanbieden tussen dat van leraar en lector in, en de kandidaten werden op locatie

15 Verwijdering bepleiten of juist clementie betrachten op grond van de indruk die de student tijdens de oefenmiddagen zou maken, brieven schrijven aan ouders, al zulke rollen dacht men de instructeur toe.

De discussie strekte zich uit over een reeks vergaderingen in 1940. Notulenboek Hoogleraren in de Wiskunde 1939-1946. Archief Afdeling A.

voor de klas bezocht¹⁶. Het aantal aangestelden, 6 in september 1947, later dat jaar 12 in getal en in 1948 nog eens 20 mensen, viel in het niet bij de inspanningen en bij de 108 sollicitaties, maar er was een nieuw instituut geschapen. Een van de missies die de nieuwe functionarissen meekregen, was ook 'het instituut instructeur populair maken'. Het was, naast de instelling van het planbureau van de TH, de eerste concrete uitwerking van de onder leiding van Holst na de bevrijding in gang gezette reorganisatie van de TH, en als zodanig nieuws tot in de dagbladen.

Het intensievere onderricht wierp snel vruchten af in de vorm van hoger studierendement¹⁷. Het instituut van instructie betekende de redding van de propaedeuse en daarmee van de Afdeling der Algemene Wetenschappen – en dit nog wel op het moment dat de natuurkundigen, wier gang naar een onderafdeling in 1930 immers aanleiding was geweest tot de dreiging van opheffing van de Afdeling A, zich definitief losmaakten om een geheel eigen afdeling Technische Fysica te vormen.

De wiskundigen manifesteerden zich niet alleen naar buiten toe, in hun positie binnen de TH en evoluerend met de instelling als geheel, met nieuw elan, ook intern functioneerden zij hechter en actiever als groep. Reeds tijdens de oorlog was er een spoortje van aandacht geweest voor de assistenten en hun werkzaamheden, in 1946 werd de hoogte van hun traktement aanhangig gemaakt. Vervulling van vrijkomende leerstoelen – waarop men zozeer de aanslagen van Van der Corputs Commissie tot Coördinatie vreesde – stelde de groep in staat zich ingrijpend te verjongen. S.C. van Veen¹⁸, op de plaats van Schouten, met zijn vijftig jaar al relatief oud, bracht als klassiek toegepast wiskundige een node gemist element in. Men wist in korte tijd een aantal uitgesproken talenten aan zich te binden, N.G. de Bruijn, in 1946 opvolger van Van Dantzig, J. de Groot in 1948, A.C. Zaanen in 1950 en J. Korevaar in 1951. Op aandringen van Bottema belegden de hoogleraren een wekelijks 'gezellig samenzijn' en kwam er briefpapier met opdruk 'Mathematisch Instituut van de Technische Hogeschool'. De Bruijn nam het initiatief tot een wekelijks colloquium. Nieuwe colleges werden gegeven, Voortgezette Analyse door Bremekamp, Functietheorie door Van Os, Toegepaste Analyse door S.C. van Veen. Van Veen zette in sa-

16 J. Korevaar en F. van der Blij waren onder de geselecteerden, zij kozen voor de aanstelling aan het Mathematisch Centrum. Vergelijk interview in [Zij mogen 1987 p.161-171].

17 Voor het P1 examen voor de zomer slaagde in 1948 27% zonder herexamen, in 1949 58%, in 1950 45% en in 1951 51%. Aldus de rectorale rede 1949 (Biezeno); 1951 (Bottema) in: *Jaarboek van de Technische Hogeschool te Delft* /uitgeg. door de Senaat in September 1949 resp. 1951. Delft: Meinema, 1949/'51. 'Overtuigender bewijs van het nut der ingevoerde instructie is nauwelijks te leveren, [...]' concludeerde Biezeno in 1949, p.39.

18 Van Veen zou met Van der Corput het colloquium Asymptotische Ontwikkelingen aan het Mathematisch Centrum gaan leiden. Vergelijk hoofdstuk 4.

menwerking met Goudriaan een college Waarschijnlijkheidsrekening en Statistiek op. De Bruijn ontpopte zich als een wiskundige omnivoor, onder meer door aanzetten tot onderzoek naar rekenmachines. Op dit laatste terrein werd W.L. van der Poel zijn speurwerkassistent in een project van het Hogeschoolfonds. Wiskunde in Delft was plotseling weer een bloeiend en zelfbewust bedrijf.

'Tenslotte bespreekt Bottema de vraag over de mogelijkheid om in de toekomst in Delft te promoveren in de wiskunde. Wij zijn te bescheiden in die dingen. Bottema is er sterk voor. Meerdere der aanwezigen zullen nog meer met dit denkbeeld vertrouwd moeten raken. Dan zullen ze er wellicht ook enthousiast voor worden. Bre-mekamp is er wel voor, mits wij niet als kandidaat-promovendi diegenen ontvangen, welke aan de universiteiten niet daartoe aanvaard zijn.'¹⁹

Bij een dermate manifeste opstelling in de traditie van de stille verlichtingsideologie onderscheidden de wiskundigen in Delft zich nauwelijks meer van Van der Corputs visie van wiskunde als cultuurfactor. Bottema's visie op de functie van wiskunde was nagenoeg dezelfde, zijn retoriek overtrof die van Van der Corput in barok, zijn bezieling was meer op de interne organisatie gericht, zijn missiegeest beperkte zich geografisch en inhoudelijk tot Delft.

Nu de wiskundigen hun zelfbewustzijn hadden hervonden, hadden ze zich op een drietal punten nog te ontworstelen aan Biezeno's dominantie. De eerste twee, strijd om autonomie en de vormgeving van het TH-onderwijs met een al dan niet selectieve rol voor de wiskunde daarin, bereikten ze onder aanvoering van Bottema. Het derde punt, opleiding in de toegepaste wiskunde, zou het twistpunt van Timman en Biezeno worden.

Het idee een Mathematisch Instituut te formeren, waartoe de hoogleraren hier een aanzet deden, werd binnen enkele vakafdelingen verwelkomd, en dit niet in de laatste plaats vanwege de bijgedachte van gelijktijdige opheffing van de afdeling A en inlijving van de leerstoelen in de vakafdelingen. Het zou een ernstige terugslag hebben betekend in de historische ontwikkeling van de wiskundigen binnen de TH naar meer zelfstandigheid.

In de Duitse *Technische Hochschulen* aan het eind van de negentiende eeuw hadden immers de wiskundigen vanuit een situatie van verdeeldheid hun 'mathematische Kränzchen' gevormd. Het was de eerste stap geweest in een ontwikkeling naar autonomie, maar verschillende Delftenaren maakten er geen geheim van naar zo'n situatie terug te willen. Biezeno wist het voorstel daartoe zelfs onderdeel te maken van het rapport van zijn Sectie N²⁰. Als rector probeer-

19 Verg. der subafd. Wiskunde 25 november 1946. Archief Afd. A. Dezelfde vrees voor tweederangs door te gaan kwam al naar voren bij de kwestie van hoogleraarsbenoemingen en de Cie. tot Coördinatie en werd in deze vergadering nog eens geuit ten opzichte van het Mathematisch Centrum, waaromtrent Bottema Rutgers geruststelde.

20 [Reorganisatie 1949] (Sectie N: pp.345-394; het betreffende voorstel op pp.384-385).

de hij vervolgens in 1949 de opheffing van de afdeling A in ruil voor een Mathematisch Instituut erdoor te drukken. Bottema beantwoordde namens de wiskundigen²¹ zijn bezwering dat het in de praktijk geen verschil zou maken, ditmaal met de opmerking dat hij dan maar op moest houden zich druk te maken over de naamgeving. De enige uitkomst was dat de wiskundigen formeel een Subafdeling binnen de Afdeling Algemene Wetenschappen werden, een positie die ze zich in feite al lang aanmaten²².

Het instituut van de instructie was, met dat van de adviseur voor studenten-aangelegenheden en het Studium Generale, tekenend voor de grotere zorg waarmee het studeren werd omgeven. Selectie, aanvankelijk wel in één adem met dergelijke maatregelen genoemd, hoorde daar in tweede instantie juist niet bij. Biezeno was de eerste rector die een vijfjarige ambtstermijn was aangegaan. Hij struikelde binnen twee jaar precies op zijn behandeling van de kwestie van selectie. Toen de senaat hem niet voluit steunde tegenover de studentenprotesten die zijn voornemens op dit punt in de zomer van 1950 opriepen, vroeg hij ziekteverlof. Na waarneming door W.G. Burgers en door J.M. Tienstra volgde Bottema hem in 1951 als rector op. Onder Bottema's rectoraat, 1951-1959, zette de omvorming van de TH tot *Bildungsinstitut*, waarvan hierboven de voorbodes gesignaleerd werden, volledig door. Zorg voor de student, voor zijn studieverloop en voor zijn alzijdige vorming kwam tot uitdrukking in tal van voorzieningen: van subsidies voor mensa's en sport tot een grootscheeps toegepast-psychologisch onderzoek in 1953-1955 naar de oorzaken van studievertraging²³, waarvoor de jonge Amsterdamse hoogleraar A.D. de Groot werd ingehuurd.

Meer tijd kostte het de wiskundigen om zich de ruimte te scheppen voor een toepassingsgericht initiatief. Op dat punt was Bottema geen initiator, maar in tweede instantie vanuit zijn rectorsetel wel een geëngageerd toeschouwer.

7.1.c Mathematisch Ingenieur

De propaedeutische functie van de wiskunde werd weer op niveau vervuld en de leden van subafdeling ontplooiden een nieuw zelfbewustzijn in wiskunde-beoefening. In het kielzog van dit hernieuwd elan konden zelfs gedachten uitgaan naar toepassingsgerichte initiatieven. Hoewel de commissie-Van der Corput en vervolgens het Mathematisch Centrum in Amsterdam conceptueel en organisatorisch een grote voorsprong hadden, was men in Delft niet langer

21 Verslag van gesprekken van de rector met de professoren Bottema en Visser over de toekomstige inrichting van het wiskunde-onderwijs, d.d. 24-10, 31-10 en 21-12-1949. Archief RM&A, Archief TH Delft (in ARA), omslag 1306, dossier 47.

22 De hoogleraren in de wiskunde vergaderden tenminste vanaf 1939 met enige regelmaat. Vanaf 14 november 1939 zijn er notulen bewaard gebleven. Archief Afd. A.

23 Terwijl de bevoogdende selectievoorstellen tot heftige protesten hadden geleid, zie vorige noot, werd het paternalisme en de openlijke inbreuk op de privacy van de niet-anonieme enquête bij dit onderzoek zonder bezwaar geslikt.

blind voor het toepassen. Van Dantzig vormde in het eerste semester van het studiejaar 1945/1946 nog een feitelijke verbinding tussen beide groepen, maar hij functioneerde allerminst als zodanig. Van Dantzig mocht dan wel met zijn gedachtevorming over toepassingsgerichte wiskunde zijn Delftse collega's een aantal stappen vooruit zijn, het in zijn brieven aan Bottema²⁴ geuite vermoeden dat zij wel niet mee zouden willen in zijn denkrichting, was niet juist. Het uiten van dit vermoeden was wel voldoende om hen in het harnas te jagen.

Het verhinderde de praktische samenwerking overigens niet. Op 14 september 1945 stelde de Afdeling A een commissie Herziening Wiskunde-Onderwijs in, Bremekamp, Bottema en Van Dantzig die 'de zaak in de boezem van de sub-afdeling wiskunde zal voorbereiden'. Eigenlijk herleefde hier de commissie Schouten van 1940. In het voorjaar van 1946 werd het verslag in de onderafdelingsvergadering besproken en vastgesteld. Deze eerste commissie-Bremekamp had nog primair betrekking op het propaedeutisch onderwijs. Over een opleiding in toegepaste wiskunde boog de subafdeling zich pas in een volgend stadium; toen had Van Dantzig zijn Delftse leerstoel inmiddels ingeruild voor een Amsterdamse.

Op 12 november 1946 vergaderde Biezeno's Sectie N, Technische Wetenschappen, van de Staatscommissie tot reorganisatie van het hoger onderwijs met de Delftse wiskundigen. Biezeno verweet hen dat het Mathematisch Centrum in Amsterdam was gevestigd en niet in Delft. Holst wees erop dat 'nergens in den lande zoveel wiskundigen en fysici verenigd waren als in Delft. Uit dien hoofde zou Delft zelfs de aangewezen plaats kunnen zijn voor een speciale wiskundige opleiding'²⁵. Een jaar later kwam er een nieuwe commissie-Bremekamp, nu met S.C. van Veen en De Bruijn met de offensievere opdracht om de wenselijkheid en de mogelijkheid te onderzoeken van het instellen van een opleiding tot *mathematisch ingenieur*. Het was hier, eind 1947, dat de term 'mathematisch ingenieur' voor het eerst viel.

Deze laatste commissie ging zorgvuldig en weinig offensief te werk. Ze informeerde bij alle afdelingen of die iets voelden voor het toestaan van een ma-

24 Vergelijk § 3.1, i.h.b. noot 51.

Corr. Bottema-Van Dantzig, juli 1945 Archief Afd. A, map 30. Bottema verklaarde zijn positie aan Van Dantzig met de in 1941 gemaakte afspraak onder de wiskundigen dat zijn hoogleraar-schap geïnterpreteerd zou worden als vervulling van de vacature-Versluys uit 1935. Van Dantzig accepteerde de verklaring zonder commentaar. Die leerstoel-Versluys, echter, was in 1935 opgeheven en, na protest, in 1938 omgezet in een bijzonder hoogleerarschap, vervuld door Van Dantzig en in 1940 opnieuw uitgebreid tot de gewone leerstoel van deze. In de chaos van 1945 werd deze in wezen pijnlijke interpretatie de facto door het College van Herstel geaccepteerd. Van Dantzig vertrok opnieuw in het voorjaar van 1946, nu opgevolgd door De Bruijn.

25 Staatscommissie voor de Reorganisatie van het Hooger Onderwijs. Sectie N. 'Notulen 9e Vergadering, 12 november 1946' Archief Afd. A.



H. Bremekamp, promotor van Timman, verkende als commissie-voorzitter de mogelijkheden van de opleiding tot mathematisch ingenieur.



R. Kronig, invloedrijk natuurkundige, zette op cruciale momenten, onder meer in 1940 en 1954, de wiskundigen ertoe aan actie te onder-

thematische afstudeerrichting en het instellen van een diploma Mathematisch Ingenieur. Daarmee gaf Bremekamp, zij het erg vrijblijvend, een globaal idee van de ontwikkelingsrichting. Een concept van de mogelijke inhoud van het opleidingsprogramma was er nauwelijks.

Het initiatief was er wel, hoe voorzichtig ook, maar het werd inhoudelijk niet nader ingevuld. Misschien meenden de betrokkenen dat de inhoud van een studie of afstudeerrichting Mathematisch Ingenieur vanzelf sprak, maar dat was allerm minst het geval. Op een ontwikkeling in de vaag omliggende richting van een speciale opleiding toegepaste wiskunde werd van buitenaf zeer aangedrongen, met Holst als invloedrijk woordvoerder. De wiskundigen van hun kant leken het zo niet als een noodzakelijke, dan toch als een wenselijke ontwikkeling te zien. Toch ging het niet snel. Een belangrijke oorzaak van de traagheid was juist het ontbreken van een nadere inhoudelijke bepaling. Het klimaat was er naar en in de maatschappelijke context waren voldoende tekenen van mogelijke vraag naar wiskundig ingenieurs, maar de wiskundigen verzuimden hierop in te spelen en hun initiatief meer expliciet te maken. Zelfs het onderscheid ten opzichte van de propaedeutische wiskunde stelden ze niet scherp.

Het klimaat was gunstig genoeg voor nieuwe initiatieven, getuige de revisie van studieprogramma's die mede in het licht van de industrialisatie werd ondernomen. Een kortere studieduur werd afgewezen, maar een onderscheid tussen een afstudeerrichting voor *bedrijfsingenieur* en een voor *researchingenieur*

werd binnen alle studierichtingen ontwikkeld. Deze hervorming werd in 1948 doorgevoerd, ze zou in de loop van de jaren vijftig weer verdwijnen, bedolven onder weer nieuwe plannen. Onder meer Biezeno's groep profiteerde van deze vernieuwing.

De commissie-Bremekamp zag de vrijheid onder ogen en kwam, logisch redenerend, tot een drietal te overwegen opties.

1^e Mathematisch ingenieur – een diploma uit te reiken door de Afdeling A

2^e mathematisch afstuderend research-ingenieur

3^e mathematisch afstuderend bedrijfsingenieur²⁶

Voor de eerste mogelijkheid achtte men de tijd niet rijp, het gegokte aantal van vijf studenten per jaar te gering. Inhoudelijk zou het verschil met (2^e) de mathematisch afstuderende research-ingenieur naar verwachting zo klein zijn dat langs die weg wel voorzien kon worden in de in Nederland gesignaleerde behoefte. Men mikte vooreerst op de tweede optie en raadpleegde op dit punt nog eens formeel de afdelingen, '*Hoewel de wiskundigen de gedachte aan een afzonderlijk diploma niet prijsgeven*'.

Zo boden de wiskundigen in een brief van 5 november 1947 de vakafdelingen de optie hen te midden van het gedrang om nieuwe diploma's en richtingen²⁷ tevreden te stellen met een afstudeervariant.

'Als eindresultaat kan geconcludeerd worden, dat hier en daar wel een platonische liefde voor ons denkbeeld te onderkennen valt, maar dat de sub-afd. wiskunde van haar kant er sterk achterheen moet zitten, om haar denkbeelden verwezenlijkt te zien.'²⁸

De wiskundigen zaten er verder niet achterheen. Er kwamen wel mogelijkheden om in theoretische richting af te studeren, maar nergens werd daar het label wiskunde aan gehangen. De fysici stelden dat afstuderen op een wiskundig onderwerp al mogelijk was, onder toezicht van een fysicus. De elektrotechnici hadden dezelfde opvatting, zij het dat ze als enigen bij monde van Bähler lieten weten ook wel iets te zien in mathematisch afstuderen voor bedrijfsingenieurs. Bij de Afdeling Werktuig-, Scheeps- en Vliegtuigbouwkunde had Biezeno al eerder laten weten zeer veel te voelen voor de mogelijkheid van mathematisch afstuderen – zijn richting immers –, maar de afdeling niet achter zich te hebben. Biezeno had

26 'Rapport Commissie betr. Math. Afstudeerwerk en Diploma Math. ir.', oktober 1947. Archief Afd. A, map 31.

27 Technische Natuurkunde en Vliegtuigbouw waren nog jonge ingenieursdiploma's; in gebieden als Metaalkunde, Stedenbouw, Geodesie, Bedrijfsorganisatie en Octrooirecht was men in de slag voor een eigen diploma dan wel een eigen afstudeerrichting. Telkens was 'overspecialisatie' de eerste tegenwerping waartegen men zich op voorhand indekte. Ook Biezeno's Sectie N adviseerde om specialisatie in te dammen: 'men streve naar een differentiatie *binnen* de bestaande afdelingen, zonder deze differentiatie tot uitdrukking te brengen in een grote verscheidenheid van uit te reiken diploma', [Reorganisatie 1949 p.370].

28 Vergadering van de subafdeling wiskunde op 15 Januari 1948. Archief Afd. A.

enkele maanden later wel, eindelijk, succes met zijn eigen streven een theoretische afstudeerrichting mogelijk te maken in die Afdeling. De dreigende concurrentie van de kant van de wiskundigen zal dit ongetwijfeld bespoedigd hebben.

De inhoudelijke invulling was mager, maar niet geheel afwezig bij de commissie-Bremekamp. Als onderwerpen voor mathematisch afstudeerwerk voor research-ingenieurs had zij in de eerste plaats gedacht aan 'rekentechniek, rekenmachines en het zelfstandig uitvoeren van numeriek werk voortvloeiende uit problemen betreffende differentiaalvergelijkingen, integraalvergelijkingen, conforme afbeelding, enz.'; daarnaast zouden onderwerpen uit in de richting van theoretische mechanica in aanmerking komen.

Het vooropstellen van het rekenen verried de inbreng van De Bruijn. De rekenmachine was in die tijd een van zijn stokpaardjes en hij stond daarin betrekkelijk alleen binnen de subafdeling. Hij kreeg echter wel steun voor zijn suggestie voor de jaarlijkse prijsvraag²⁹ van de TH in 1947: 'de ontwikkeling der moderne rekentechniek en de moderne rekenmachines'. Hij liet voorts een elektrische tafelrekenmachine aanschaffen en onder zijn leiding werkte W.L. van der Poel aan diens eerste computer³⁰. De computer was overigens meer voorwerp van De Bruijns vooruitziende blik dan van zijn eigen onderzoek. Intussen zou de realisatie van een studieprogramma gericht op dergelijke onderwerpen zeer bijzonder zijn geweest in een tijd dat Howard Aiken in Harvard – met een computer bij de hand – juist begonnen was met ontwerp en pleidooi voor wat het allereerste programma in Computer Science zou worden³¹.

De optie van mathematisch afstuderen voor bedrijfsingenieurs bleef, als vanzelfsprekend, geheel onuitgewerkt door de commissie-Bremekamp. Binnen de Delftse cultuur sprak dat ook vanzelf, bijna vanzelf. S.C. van Veen, lid van de commissie, verzorgde namelijk samen met J. Goudriaan een college Waarschijnlijkheidsrekening en Statistiek; dit was een uiting van een expliciet geworden behoefte aan wiskunde uit bedrijfsorganisatorische hoek. Zo de voorlopers van de bedrijfskunde ergens een traditionele academische binding hadden, dan in Delft bij de leerstoel Bedrijfsleer van Goudriaan in de afdeling A en bij

29 De senaat schreef jaarlijks een prijsvraag uit; de vragen werden bij toerbeurt door de verschillende afdelingen gesteld.

30 Het ging om de ARCO ofwel TESTUDO, ontworpen voor optische berekeningen van de fysicus Van Heel. [Wijngaarden 1964 p.19] 'Rekenenen [sic] in Nederland' /A. van Wijngaarden. In: [NRMG 1964 pp.5-23] *NRMG '59/64* /A. van Wijngaarden e.a.. Amsterdam: Nederlands Rekenmachine Genootschap, 1964. [Kranakis 1988 p.72] 'Early Computers in the Netherlands' /Eda Kranakis. In: *CWI Quarterly* 1-4 (1988), pp.61-84. Het project van Van der Poel werd betaald door het Delfts Hogeschoolfonds – reden voor De Bruijn om Van der Poels inzending op de prijsvraag slechts met een eervolle vermelding te doen bekronen [Jaarboek 1947; 1949] en interview met N.G. de Bruijn d.d. 24-11-1988.

31 [Cohen 1990] 'Howard Aiken and the Beginnings of Computer Science' /I.B. Cohen. In: *CWI Quarterly* 4-4 (1990).

leerstoelen voor Werkplaatstechniek (Landberg) en Mechanische Technologie bij werktuigbouwkunde³². Buiten Delft was de behoefte aan wiskunde in deze richting manifest. Reeds in 1945 was de Vereniging voor Statistiek opgericht, die kadercursussen verzorgde en het blad *Statistica* uitgaf. Er was vraag naar mathematische statistiek, technieken van kwaliteitscontrole en van gegevensverwerking. Operations Research en vraagstukken van logistiek kwamen korte tijd later in de volle belangstelling. Er zou dus, net als voor research-ingenieurs, een scala van wiskundige afstudeeronderwerpen voor bedrijfsingenieurs aan te geven zijn geweest. Met een eigen wiskundig ingenieursdiploma dat deze richting dekte, zou men aanzienlijk grotere aantallen studenten geworven hebben dan de geschatte 'vijf' per jaar. De tekenen in de context waren duidelijk genoeg. Samen met Goudriaan werd een college gegeven; Van Dantzigs streven was bekend; de VVS en haar kadercursussen moeten binnen het blikveld van de Delftse wiskundigen hebben gelegen. Desondanks kwam de potentie van de wiskunde voor de bedrijfsingenieur en de potentie van de bedrijfsrichting voor de wiskunde in de gedachtenwereld van de Delftse wiskundigen niet aan bod. Zij waren wat toepassingswijze betreft in hoofdzaak, wat toepassingsgebied betreft volledig op het klassieke patroon georiënteerd. Voorzover er al in 1947 een concept was van de mathematisch ingenieur, beperkte dit zich tot het wiskundig verlengstuk van het fysische en fysisch-technische onderzoek in de ingenieurswetenschappen. Zelfs in deze meer traditionele richting verzuimden de wiskundigen echter zich te profileren.

De afdelingen in Delft die het meest positief stonden ten opzichte van wiskundig afstuderen en deze mogelijkheid de facto opnamen in hun programma, waren dezelfde die een decennium eerder het heftigst op vernieuwing in het aanbod van wiskunde hadden aangedrongen: Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde en Natuurkunde. Vanuit een herwonnen zelfbewustzijn in het uitdragen van de stille ideologie van de Verlichting toonde de subafdeling wiskunde zich nu wel in staat een antwoord op dat appel te formuleren. Het was Bottema die de sfeer bepaalde. Het was De Bruijn die voorging in het scheppen van een klimaat voor onderzoek, voor actieve wiskunde-beoefening, en die het antwoord hielp formuleren.

In vernieuwing van het college-aanbod voor hogerejaars-studenten, in raadslagingen ter voorbereiding van hoogleraarsbenoemingen, in reacties op het werk van de talloze naoorlogse commissies, overal klonk door dat men de toegepaste wiskunde uiteraard niet mocht verwaarlozen. Het vervullen van de propaedeutische functie stond voorop, en werd met zoveel overtuiging ten uit-

32 Voor de geschiedenis van de bedrijfskunde-opleiding zie [Baalen 1995] *Management en Hoger Onderwijs. De geschiedenis van het academisch management-onderwijs in Nederland* /Peter J. van Baalen (diss. EUR). Delft: Eburon, 1995.

voer gebracht dat het het belijden van aandacht voor de toepassingen als aanvullende legitimatie verdragen kon. Het betrof op zijn minst een offensieve verdedigingsstrategie, op zijn best wilden 'de wiskundigen de gedachte aan een afzonderlijk diploma niet prijsgeven'.

Wat ten enenmale ontbrak was de drift om zo'n gedachte tot uitvoer te brengen. Het werkelijk toepassen van wiskunde gebeurde in de wereld van Biezeno.

Bottema werd in 1951 rector en was gedurende de jaren vijftig een betrokken toeschouwer van de lotgevallen van de subafdeling. De Bruijn vertrok in 1952, tegelijk met J. de Groot, naar Amsterdam. Trouw aan zijn sympathie voor de toepassingen hielp hij, nog voor zijn vertrek, de benoeming van Timman voorbereiden.

7.2 Het Instituut voor Toegepaste Wiskunde

Het beeld van de mathematische vernufteling dat Timman voor ogen stond was een radicalisering ten opzichte van hetgeen Von Mises in 1921 geschetst had. ‘Third degree’ methoden, het toch doorwerken al weet je dat het berekende niet helemaal klopt, het zich verlaten op de ervaringswijsheid van de ingenieur, zo uitdrukkelijk had Von Mises het niet gesteld. Timman legde het primaat bij de techniek, die ‘stelt problemen en eist daarop een antwoord’. Zijn roep om ‘wiskundigen met een inzicht in de techniek of [...] ingenieurs met een goede kennis van wiskundige methoden’³³ echoede, wellicht onbewust, de Duitse oproep tot opleiding van ‘Industriemathematiker’.

‘Forschung und Industrie verlangen “ganze Kerle” [...], sie müssen als Mathematiker Ingenieure und als Ingenieure Mathematiker sein.’³⁴

Het resultaat in Duitsland was dat in 1942 de herziening van het examenreglement, ‘Prüfungsordnung’, de technische hogescholen de mogelijkheid gaf een ‘Diplom’ in de wiskunde uit te reiken. Anders dan in Nederland kenden de TH’s er al een lerarenopleiding, ook in de wiskunde; nu leverde men er naast leraren ook ‘Diplommathematiker’ af. Timman ging er kijken, in Aken, maar pas toen hij zijn eigen programma al ontwikkeld had. Het lijkt er niet op dat Timman zich in de details door het Duitse of Amerikaanse, Brown University, voorbeeld liet leiden. Het enkele feit van de voorbeelden was voldoende en inhoudelijk was er immers reeds de veel belangrijker invloed vanuit Duitsland op het NLL en de onderwereld van Biezeno.

‘Ook in ons land is voor de wiskunde de weg tot een nieuwe sociale functie geopend en ik hoop, dat de gelegenheid gevonden zal worden om haar die functie met ere te laten bekleden.’³⁵

Net als Von Mises in 1920 in Berlijn begon Timman in 1955 met de inrichting van een Instituut voor Toegepaste Wiskunde en ook op dit punt was hij radicaler. Het is aannemelijk dat dit instituut bedoeld was om de beoogde opleiding in onder te brengen, Timman is hierover niet expliciet. Zeker is dat hij er meer mee wilde. Het moest een service-instituut worden, ten dienste van de hele TH en omgeving. En hoewel het instituut ook diende ter afbakening binnen de

33 [Timman 1952 p.16] *De betekenis van de Wiskunde voor het Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek* /R. Timman (inaug. rede TH Delft). Delft: Waltman, 1952.

34 Verslag van de vergadering van de Mathematische Reichsverband in september 1938. De ronkende zinswending ten spijt signaleert Mehrstens geen overwegende ideologische invloed van het nazi-regime op de ontwikkeling van de toegepaste wiskunde. Citaat naar [Mehrstens 1986 p.317] ‘Angewandte Mathematik und Anwendungen der Mathematik im nationalsozialistischen Deutschland’ /Herbert Mehrstens. In: *Geschichte und Gesellschaft* 12 (1986), pp.317-347.

35 [Timman 1952 p.16]

subafdeling wiskunde, was het mede gecentreerd rond de rekenmachines en de nog te bestellen rekenautomaat.

7.2.a De eigen studierichting

Timman had over zijn intenties geen misverstand laten bestaan, toch moest de natuurkundige collega Ralph Kronig³⁶ er opnieuw aan te pas komen om de zaak in gang te zetten. Kronig had in 1947 de commissie Bremekamp nog toegevoegd dat wiskundig afstuderen al mogelijk was, onder leiding van een natuurkunde-hoogleraar. In april 1953 was het op zijn instigatie dat de Afdeling A een 'procedurecommissie' benoemde, R. Kronig, S.C. van Veen en R. Timman, 'die tot taak zal hebben het voorbereiden van besprekingen teneinde te geraken tot een meer wiskundig georiënteerde afstudeerrichting'³⁷. Op 12 september 1953 kwam Timman met een uiterst voorzichtig *memorandum* 'Enige beschouwingen over de wenselijkheid en de mogelijkheid van een opleiding in de toegepaste wiskunde aan de Technische Hogeschool'³⁸. Terwijl de afdeling de vraag naar de wenselijkheid al achter zich had gelaten, maakte hij na ampele motiveringen veel werk van een tweede mogelijkheid, wiskundig afstuderen binnen de technische afdelingen. Timman gaf een bescheiden inschatting van de te verwachten aantallen studenten en van de arbeidsmarkt voor afgestudeerden. Hij somde de in de industriële research werkzame wiskundigen op – hij kende ze ongetwijfeld alle tien persoonlijk.

Het kan onwetendheid geweest zijn, het kan de invloed van het ideeëngoed van de onderwereld van Biezeno geweest zijn, die hem ingaf die tweede optie uit te werken aan het voorbeeld van wiskundige afstuderen in de vliegtuigbouw; misschien was het een tactische manoeuvre. In ieder geval keerde die optie uit het memorandum, dat de subafdeling wiskunde op 28 september be-

36 Kronig, sinds 1939 hoogleraar in Delft, had zich in 1940 en in 1947 ingezet om de wiskundigen te manen tot een actievere opstelling, toen mede ingegeven door het streven van de natuurkundigen naar verzelfstandiging. Dit laatste was in 1948 bereikt, nu was de visie op de veranderende rol van de wiskunde het enige motief.

37 Notulen 357e Verg. Afd. A, 28 april 1953. Archief Afd. A.

38 De stukken die Timman terzake produceerde, zijn:

Memorandum: 'Enige beschouwingen over de wenselijkheid en de mogelijkheid van een opleiding in de toegepaste wiskunde aan de Technische Hogeschool' van R. Timman aan de hoogleraren in de wiskunde, dd. 12 september 1953.

Rapport: 'Rapport. Uitgebracht door de Commissie, ingesteld door de Afdeling der Algemene Wetenschappen in haar vergadering van 28 April 1953 ter voorbereiding van het instellen van een Studierichting in de Toegepaste Wiskunde aan de Technische Hogeschool', ongedateerd; blijkens notulen versies in a. oktober en b. december 1953 en c. januari 1954. Commissie R. Timman, S.C. van Veen en R. Kronig.

Nota: 'Nota over de inrichting van een Instituut voor toegepaste wiskunde aan de Technische Hogeschool', a. september 1954; b. januari 1955; c. 23 februari 1955 (begroting toegevoegd d.d. 26 mei 1956); d. 5 januari 1956.

Alle stukken in Archief Afd. A, map 53.

sprak, niet terug in het *rapport (a)* dat de commissie Timman op 26 oktober aan de Afdeling A voorlegde³⁹.

De afdeling besluit nadrukkelijk aan te sturen op een eigen studierichting voor mathematisch ingenieur en op de daartoe vereiste wetswijziging. Timman herschrijft het rapport en F. Loonstra, voorzitter van de afdeling, begint zich er mee te bemoeien. Timman had in zijn memorandum al gewezen op buitenlandse voorbeelden, samen met Loonstra brengt hij nu een oriëntatiebezoek aan de Technische Hochschule in Aken. Op 7 december scharen Rector Magnificus en Assessoren zich achter het idee van een Wiskundig Ingenieursopleiding en een Instituut voor Toegepaste Wiskunde. Op 8 december 1953 keurt de Afdeling A het *rapport (b)* definitief goed. 'De mogelijkheid van een wiskundige richting in de technische afdelingen blijft natuurlijk geopend', is hier het enige residu van de tweede optie. Het College van Curatoren stemt in met het concept 'Mathematisch Ingenieur' en vraagt op 8 mei 1954 goedkeuring aan de minister van OKW. Deze geeft geen toestemming om meteen in september 1954 te beginnen, verzoekt op 18 mei de Onderwijsraad om advies – en toen was de vaart eruit. Vooral Loonstra, voorzitter van de afdeling Algemene Wetenschappen, zou samen met Timman de volgende twee jaar in de slag zijn om het initiatief bestuurlijk af te ronden.

Enkele studenten die zelf de weg gevonden hadden, begonnen in 1955 formeel met de opleiding. In september 1956 mocht de studierichting officieel van start gaan en in 1958 werd ze opgenomen in het nieuwe 'technische hogeschoolstatuut'⁴⁰. Nog in 1958 kon het eerste diploma Wiskundig Ingenieur uitgereikt worden, aan J.J. Kalker.

Voor het zover was, moest dus nog een bestuurlijke hindernis op Haags niveau genomen worden. Daarop had niemand meer gerekend, nu het denkbeeld van een eigen opleiding zo lang in Delft in de week had gelegen en er eindelijk iemand met visie was binnengehaald om het uit te werken. De onderwijsraad toonde, of veinsde, onbegrip. Hoe kon wiskunde een dergelijke functie vervullen? Het antwoord op deze vraag lag wel in Timmans visie besloten, maar hij bleek het inderdaad niet uitgelegd te hebben.

7.2.b De Onderwijsraad en de hulpwetenschap

De Onderwijsraad, onafhankelijk adviesorgaan van de regering, pakte de zaak stevig aan en nodigde op 17 juli 1954 afvaardigingen uit van de Faculteiten der Wis- en Natuurkunde van Amsterdam (GU en VU), Leiden, Utrecht en Groningen, van de Delftse Senaat en van het Mathematisch Centrum, om hun visie op het voorgestelde te geven. De bijeenkomst die op 11 september plaats had,

39 De optie van wiskundig afstuderen werd echter wel gerealiseerd in 1955 in de subafdeling Vliegtuigbouwkunde.

40 K.B. 594, 2 december 1958; Artikel 4.1. In dit statuut is tevens voor het eerst een 'onderafdeling wiskunde' opgenomen; Artikel 3.



J.J. Kalker, de eerste wiskundig ingenieur in Nederland, aan het werk op het Instituut voor Toegepaste Wiskunde kort na zijn afstuderen in 1958

leverde slechts lovende reacties op⁴¹. J.A. Schouten, aanwezig voor het MC, sprak zijn voldoening en vertrouwen uit. Men was het erover eens dat zo'n opleiding in een leemte zou voorzien en de aansluiting bij de internationale ontwikkelingen zou herstellen. Koksma, VU/MC, was de enige die expliciet verband legde met de industrialisatie: er was Nederlands belang mee gediend dat er zoveel mogelijk wiskundige research wordt gedaan; industrialisatie bracht de noodzaak van fundamentele research met zich mee. Koksma brak een lans voor het Instituut voor Toegepaste Wiskunde: een wiskundig ingenieur kan men nooit alles in colleges bijbrengen, hij moet het handwerk in de praktijk leren. Koksma meende dat Timman de uitweg uit de afnemende belangstelling voor wiskunde had gevonden – een ogenschijnlijk wonderlijke opmerking voor de directeur van een bloeiend Mathematisch Centrum, maar juist in die positie was de maatschappelijke erkenning van het vak hem een zorg. Het meest 'kritisch' was nog Freudenthal die het studieprogramma te zwak vond. Met name de bestaande propaedeuses vond hij volkomen ongeschikt voor toekomstige wiskundig ingenieurs, 'maar dat zullen de Delftse collega's zelf wel

41 Van deze bijeenkomst zijn geen notulen bewaard, de volgende parafrazen zijn gebaseerd op aantekeningen van Loonstra op diens exemplaar van *Rapport (c)*. Archief Afd. A, map 53. Hij noteerde reacties van Droste en Kloosterman (Leiden), Freudenthal en Van der Blij (Utrecht), Gerretsen (Groningen), De Bruijn (Amsterdam, GU), Grosheide (Amsterdam, VU), Koksma (VU/MC) en J.A. Schouten en A. van Wijngaarden (MC). Kennelijk waren vanuit Delft Loonstra en Timman aanwezig.

uitzoeken'. Freudenthal vreesde bovendien dat Utrecht door deze concurrentie de wiskunde als hoofdvak geheel zou verliezen. Ook Van der Blij wilde niet dat dit initiatief ten koste zou gaan van de opleiding in de toegepaste wiskunde aan de universiteiten, die er ook hoort te zijn⁴².

Nog was de Onderwijsraad niet tevreden. Hij had zich wel laten overtuigen van de wenselijkheid van het instellen van een studierichting wiskundig ingenieur, ondanks 'het summiere rapport, waarop Curatoren steunen', *rapport (c)*, dat bovendien 'met preliminaire overwegingen [...] zeer karig is', maar struikelde over de naamgeving en de institutionele realisatie. Dit antwoordde de raad een jaar later, augustus 1955, aan de minister⁴³. De Onderwijsraad had een inconsequentie gesnoven en probeerde daar de vinger op te leggen. Had niet de Sectie N der Staatscommissie voor de reorganisatie van het hoger onderwijs nieuwe diploma's ontraden, 'differentiatie binnen de bestaande afdelingen', en tevens gesteld dat de Afdeling der Algemene Wetenschappen zou worden opgeheven? Terwijl de adviezen van de Sectie N uitgevoerd werden, met name op de punten van bestuursstructuur en rechtspersoonlijkheid van de TH die in het technische-hogeschoolstatuut hun beslag zouden krijgen, wilde men nu de Afdeling A niet alleen in stand houden, maar ook nog eens belasten met een aparte ingenieursstudie met een afzonderlijk diploma. Hier vond de Onderwijsraad het beroep van de commissie-Timman op 'de nodige uniformiteit in de opleiding' te mager.

Ten slotte betwijfelde de Onderwijsraad of het voorgestelde wel een ingenieursstudie betrof nu het buiten de technische afdelingen werd geplaatst.

Onderwijsraad: 'Doch daarbij blijft dan weer buiten beschouwing de verhouding van het mathematische gedeelte van de nieuwe opleiding tot de wiskundestof uit de bestaande technische afdelingen, waar de wiskunde zeer aan betekenis heeft gewonnen en nog – het rapport zelf vestigt daarop de aandacht – meer wiskundig georiënteerde studierichtingen zijn voorzien.

Ten tweede: is er, in het licht van de toegenomen betekenis van de wiskunde in het ganse technisch hoger onderwijs en van de reeds aanwezige of ontworpen studierichtingen van een meer mathematisch karakter, geen reden eerst af te wachten, enerzijds, of zich voor deze meer wiskundige oriëntatie voldoende begaafde gegadigden aanmelden; anderzijds, of de aldus opgeleiden in staat zijn de behoefte der industrie aan speciaal wiskundig geschoolde ingenieurs te bevredigen?'

42 Zo'n universitaire afstudeerrichting toegepaste wiskunde was er in feite nog niet. De UvA had de bijzondere leerstoel toegepaste wiskunde en de leerstoel Mathematische Statistiek. Utrecht en Groningen zouden pas na Timmans initiatief volgen. Freudenthals vrees moet ingegeven zijn door de pathos van het moment – in feite maakte hij de Delftenaren een reusachtig compliment; alsof hij zei: 'Wij kunnen wel inpakken'.

43 Brief 101-6 H.O.: Onderwijsraad aan minister OKW, d.d 11 augustus 1955. Archief Onderwijsraad.

Dit laatste was bijna woordelijk gelijklopend met de positie die Timman in zijn eerste *memorandum* had ingenomen. En Timmans motivatie in het *rapport (c)* voor de woordcombinatie 'mathematisch ingenieur' was inderdaad oppervlakkig. 'Eenstemmig is men van oordeel dat de afgestudeerde de titel Ingenieur krijgt', en in de optie waarin de afdeling der wiskunde dan het diploma uitreikt leidt dit tot Mathematisch Ingenieur.

Timman: 'Het toekennen van de titel Ingenieur is ook hierdoor gerechtvaardigd, dat de opleiding primair gericht is op de behoeften van de industrie, en daar deze blijkbaar een behoefte heeft aan op deze wijze opgeleiden, spreekt het wel vanzelf, dat deze éénzelfde titel krijgen als degenen, die voor andere speciale behoeften van de industrie zijn opgeleid.'

De Onderwijsraad weigerde echter de benaming 'wiskundig ingenieur' op een lijn te stellen met bijvoorbeeld 'werktuigbouwkundig ingenieur'.

Onderwijsraad: 'Wordt in het laatste geval de technische wetenschap aangeduid, waarin de betrokkene heeft gestudeerd, in het eerste geval wordt een hulpwetenschap van de gezamenlijke technische en natuurkundige wetenschappen aangeduid. Het correlaat van "wiskundig ingenieur" zou zijn: wiskundig bioloog, wiskundig chemicus, wiskundig physicus enz. Deze benamingen zijn noch logisch, noch zakelijk en gelukkig dan ook niet⁴⁴ in gebruik.'

Wat misschien een formalistisch bezwaar tegen een apart diploma mag lijken, was een structureel bezwaar dat de Onderwijsraad zag: mensen hielden zich niet aan pas gemaakte afspraken omtrent de structuur van een opleidingsinstituut. Op dezelfde wijze protesteerde de raad in 1960 tegen de regeling van de wiskundig ingenieurs- en natuurkundig-ingenieursopleiding in Eindhoven; het openen van die nieuwe opleidingen zou ingaan tegen beperkte opzet van die nieuwe TH en de inhoud ervan zou kunstmatig afwijken van de Delftse opzet. Dat de raad zelf hierin consequent opereerde, mag blijken uit de afwezigheid van bezwaar tegen een enigszins verwant maar geheel nieuw initiatief van de Amsterdamse Gemeentelijke Universiteit in 1955/1956 om een baccalaureaatsopleiding in de wis- en natuurkunde in te stellen⁴⁵.

Het structurele bezwaar kon gemakkelijk afgewimpeld worden, de aanbeveling van de Sectie N was juist op het punt van opheffing van de Afdeling A niet gevolgd. Toch was de raad een inhoudelijke kwestie op het spoor. *Kon een hulpwetenschap zomaar als zelfstandige technische wetenschap optreden?*

Onder de oppervlakte lag de nog niet uitgekristalliseerde controverse van de voorgaande vijftien jaar over de functie van de wiskunde. Alle hoofdrolspelers

44 'Mathematische fysica' was indertijd wel degelijk een gangbaar begrip. Wat tegenwoordig 'mathematische biologie' en 'wiskundige economie' heet, bijvoorbeeld, kwam precies in die tijd als specialisme op.

45 Deze korte praktijkgerichte universitaire opleiding is nooit iets geworden, net zo min als eerdere pogingen tot verkorte bedrijfsopleidingen in Rotterdam en in Delft en het latere experiment met de baccalaureaatsopleiding aan de TH Twente.

kwamen in het stuk, in casu in de stukken van de Onderwijsraad, voor, zij het niet in hun eigenlijke rol. Biezeno verscheen als voorzitter van de Sectie N – dat hij tevens vanuit de afdeling Werktuigbouwkunde ‘concurrent’ van Timman was, was voor de Onderwijsraad wellicht niet zichtbaar. Kronig zat verscholen in de commissie-Timman. Bottema droeg de rectorsmantel. Schouten, Van Dantzig en De Bruijn traden op als Amsterdamse figuranten. Hierdoor en doordat de raad in de wiskunde slechts een hulpwetenschap onderkende, kreeg hij de zaak niet helder op tafel.

De Onderwijsraad pleegde toen een regelrechte obstructie door de kwestie door te willen schuiven naar een nog niet bestaand orgaan, de Raad voor het Technisch Hoger Onderwijs, en werd vervolgens op herhaalde aandrang vanuit Delft overruled door OKW-minister J. Cals. Dat Rector Magnificus Bottema en Cals goed met elkaar overweg konden, was hieraan niet vreemd⁴⁶. Deze laatste gaf in mei 1956 voorlopig, en in augustus van dat jaar definitief, zijn fiat⁴⁷. Bottema bracht het resultaat in triomf.

‘Een belangrijke aanvulling van het programma, die dit jaar haar beslag kreeg, betreft de opleiding van wiskundige ingenieurs. Over de zo sterk gewijzigde positie van de mathesis in de hogeschool behoeft nu niet gesproken te worden; terwijl zij aanvankelijk slechts propaedeutisch vak was, begeleidt zij thans voor vele richtingen de studie tot het eindpunt. De consequentie dat zij zelf ook kernvak van een studierichting zou kunnen zijn, werd getrokken toen bleek dat de techniek mathematici van bepaalde scholing en mentaliteit steeds meer behoeft. [...] Er is zeer bevredigende belangstelling; een tiental reeds heeft deze opleiding gekozen.’⁴⁸

Bottema kwam tot meer helderheid dan de Onderwijsraad. Hij duidde de plaats van de wiskunde, zoals die in de nieuwe opleiding functioneerde, aan als tussenpositie tussen zijn eigen visie, propaedeutische functie van de wiskunde, en die van Biezeno, dynamische hulpwetenschap. Hij wist de nieuwe functie van de wiskunde althans te lokaliseren als verzelfstandiging van wiskunde als hulpwetenschap, maar een nadere inhoudelijke bepaling kon ook Bottema niet geven.

7.2.c Timman

De man die dit natuurlijk wel moest kunnen, was degene die wist wat hij wilde en daarnaar handelde. Maar ook Timman zelf had niet een dermate heldere

46 Gesprek met O. Bottema d.d. 20 februari 1991.

47 Brieven min. OKW J. Cals aan College van Curatoren TH Delft, d.d. 12 mei 1956; 2 augustus 1956. Archief Onderwijsraad en Archief Curatoren TH (ARA). Als doekje voor het bloeden vroeg de minister Curatoren nog de zaak voor te leggen aan de commissie-De Quay (doende met de voorbereiding van de TH Eindhoven) en aan de toekomstige rector van de TH Eindhoven.

48 [Bottema 1956 p.12] ‘Rectorale rede (uitgesproken op 17 sept. 1956)’ /O. Bottema. Delft: TH, 1956.



R. Timman (links) en C.B. Biezeno (rechts) waren elkaars concurrent als het ging om de doelgroep van theoretisch afstuderende ingenieurs; ze waren het echter vergaand eens. In november 1957 in gesprek samen met A. van der Neut

formulering gegeven dat de impasse bij de Onderwijsraad voorkomen had kunnen worden. Waar de raad wiskunde slechts als hulpwetenschap zag, had hij geen alternatief aangereikt. Timman moet naar zijn eigen idee al in zijn inaugurele rede duidelijk genoeg zijn geweest, en anders uiterlijk in zijn memorandum van september 1953. Althans, hij zag niet wat er ontbrak. In zekere zin had hij gelijk. Het studieprogramma dat in 1956 na drie jaar en vele beraadslagingen in werking trad, week niet essentieel af van zijn allereerste ontwerp. De gestalte die het wiskundig denken hier aannam, werd echter niet afdoende onder woorden gebracht.

Figuur 7.3 (volgende bladzijden):

Het studieprogramma van de wiskundig-ingenieursopleiding zoals voorgesteld door Timman in 1953 (Memorandum 1953a en b) in vergelijking met de realisatie in de eerste jaren (TH-gids 1956 e.v.)

Jaren van berekening

Voorstel-programma voor de opleiding tot Mathematisch Ingenieur door de Sub-Afdeling der Wiskunde naar Memorandum Timman(1953)

Propaedeuse, eerste en tweede studiejaar
Wiskunde:

Analyse I en II, incl. IIb
Analytische Meetkunde I en II
Beschrijvende Meetkunde
Vectorrekening

Natuurkunde AI en AII (Mechanica en warmteleer, Elektriciteit, Optica, Electronen-atomen-moleculen)

Practische oefeningen Natuurkunde
Inleidingen in Metallogie, in Werktuigonderdelen (met tekenoefeningen), in Thermodynamica, in Wisselstroomtheorie en in Stromingsleer.

Twee jaar inleiding in naar keuze: Scheeps-, of Vliegtuig-, of Werktuigbouwkunde

Derde studiejaar

Wiskunde:

Numerieke analyse
Waarschijnlijkheidsrekening
Potentieeltheorie
Functieth. en conforme transformaties
Fourierreksen en -integralen

Theoretische Mechanica

Verder een specialisatiecluster Toegepaste Mechanica (Sterkteleer en Grafostatica, Stromingsleer), of Theoretische Natuurkunde, of Elektriciteit

Voorts een keus gericht op Electronica, of Mechanica, of Scheepsbouwkunde, of Vliegtuigbouwkunde

Programma Wiskundig Ingenieursopleiding in 1956, en de wijzigingen daarop in 1958 en 1961.

Propaedeuse in een van de technische vakken.

De opleiding startte in 1956 zonder eigen propaedeuse, zodat de in deze fase geplande extra's (Anal. IIb; A.M. II; Vectoranalyse) naar het derde jaar schoven

Derde studiejaar

Kernvakken derde jaar in 1956:

Grondslagen analyse (An. IIb)
Lineaire transformaties (A.M. II)
Vectoranalyse
Numerieke analyse
Functietheorie

Theor. Mechanica (in 1957 keuzevak)

Erbij in 1958

Waarschijnlijkheidsrekening
Grondslagen differentiaalverg.
Inleiding Electronica

Technische keuzevakken in clusters, geen keuzevakken wiskunde

Toelichting

Bij de **Propaedeuse**

Analyse en Analytische Meetkunde I waren de meest algemene vakken van de TH, in alle propaedeuses verplicht. Analyse IIb (convergentie, m.n. van Fourierreksen en -integralen), aan de universiteiten een normaal vak en essentieel voor alle begripvol approximeren, was hier alleen verplicht voor Werktuigbouwstudenten in de research-richting. Het kwam als 'Grondslagen der analyse' in het derde jaar terecht.

Analytische Meetkunde II kwam als 'Lineaire transformaties', later 'Lineaire Algebra', in het derde jaar. Waarom Timman Beschrijvende Meetkunde nog opnam is niet duidelijk.

Vectoranalyse en zoveel Natuurkunde als Timman voorstelde waren overigens alleen voor studenten Natuurkunde, Metaalkunde en Elektrotechniek voorgeschreven.

Bij het **derde jaar**:

Numerieke Analyse was al in 1953 Timmans vak; verplicht voor Werktuig-, Scheeps- en Vliegtuigbouwkunde. Waarschijnlijkheidsrekening was een bestaand keuzevak, pas in 1958 verplicht voor wiskunde. Potentiaaltheorie werd aangestipt in het vak Vectoranalyse, werd in 1961 een apart keuzevak. Functietheorie was inderdaad verplicht in het derde jaar. In 1960 doceerde Timmans medewerker Geurst het nieuwe keuzevak Conforme Afbeeldingen. Fourierreksen en -integralen werden behandeld in Grondslagen der Analyse, in 1962 en 1965 gaf De Hoop het algemenere keuzevak Wiener-Hopf-technieken.

Vierde en vijfde studiejaar

8 van de volgende 9 wiskundevakken:

Integralen van Lebesque
Groepentheorie
Functionaaltransformaties
Partiële differentiaalvergelijkingen
Integraalvergelijkingen
Variatierekening
Matrixrekening
Tensoranalyse
Niet-lineaire differentiaalverg.
Practische oefeningen in de numerieke wiskunde

Verder een cluster van drie 'jaaruur' uit:

Mechanica, of Scheepsbouwkunde, of Vliegtuigbouwkunde

'Het zesde studiejaar bestaat voornamelijk uit het zelfstandig uitvoeren van een onderzoek onder leiding van één der hoogleraren in de wiskunde of één der hoogleraren in de theoretisch-technische vakken. [...]

Ook zou de student, desgewenst zijn afstuderen op een research laboratorium kunnen doen, waarbij natuurlijk een hoogleraar verantwoordelijk blijft voor het afstuderen.'

Vierde en vijfde studiejaar

Kernvakken vierde jaar in 1956:

Partiële differentiaalverg.
Bijzondere functies
Theorie der rekenmachines⁷
Num. An. C met praktische oefeningen
(120 uur)
Laplace- en Fourier-transformaties⁸
Mathematische Statistiek

1958 - 1960 bovendien:

A. Mathematisch-fysische richting met kernvak

Theoretische Mechanica

B. Mathematisch-organisatorische richting met

Stochastische processen
Operationele Analyse⁹

Kernvakken vierde jaar m.i.v. 1961:

Operationele Analyse⁹
Functionaal-/Grondslagen Toeg.Anal.¹⁰
Num. An. C¹¹, met pract. oefeningen
Laplace- en Fourier-transformaties¹²
Toegepaste Statistiek

Vier technische keuzevakken.

Vier wiskundige keuzevakken uit:

num. anal. bijz.ond.*	part. diff. vgl.
bijz. functies	math. statistiek
stoch. processen	theor.mech. bijz.
differentie-rek.	approximatie-th.
potentiaaltheorie	maattheorie
niet-lin. diff.vgl.	theorie matrices
asymptot. ontw.*	toeg. stat. bijz.
integraalvgl.	variatierek.
tensoranalyse*	conforme afbeeld
algebra	groepenth. (nat.)
tijdreeksen	wachtijdprobl. ¹³
toeg. getaltheorie	Wiener-Hopf-
diffraactietheorie	technieken

Bij het vierde jaar:

De meeste vakken die Timman hier noemde, bestonden nog niet in 1953 en werden later keuzevakken. Lebesque-integralen werd opgenomen in Maattheorie; Groepentheorie werd geleerd in Algebra, toegepast in Groepentheoretische grondslagen van de quantentheorie/ Representatietheorie; Functionaaltransformaties werd gedoceerd als het kernvak Laplace- en Fourier-transformaties; de overige colleges verschenen onder dezelfde naam als in Timmans memorandum.

Timman had dus veel voorzien in 1953, maar niet Mathematische Statistiek (1956), Stochastische processen (1957) en Operationele Analyse (1958).

Bij het Programma 1956 e.v.:

In het algemeen was Timman in zijn voorstel te optimistisch geweest over het aantal wiskundevakken en over de fase waarin deze in de studie geplaatst konden worden.

In een aantal vakken waren Kosten en Timman (gemarkeerd¹⁴, resp.) wegbereider: door deze zelf voor de eerste maal te geven en ze deels vervolgens aan anderen over te laten.

In 1956 waren er geen keuzevakken in de wiskunde – slechts in het technische deel keuze uit een aantal clusters –, in 1958 vier keuzevakken bij twee afstudeerrichtingen, in 1961 ineens vijftienvintig wiskundige keuzevakken bij één afstudeerrichting. Toen had de hele onderafdeling zich laten inspireren door de nieuwe studierichting tot bijzondere eigen colleges.

Rector-magnificus O. Bottema en minister J. Cals konden goed met elkaar overweg. Dat heeft de goedkeuring van de wiskundig ingenieursopleiding, die in het slop was geraakt, zeker niet ongunstig beïnvloed. De foto werd genomen tijdens het bezoek van Drees en Cals op 28 oktober 1957 aan de TH



Zonder alle formele regelingen zou Timman ongetwijfeld ook een schare volgelingen verzameld hebben. Hij had van meet af aan promovendi en hij had in de loop der jaren een hele rij afstudeerders buiten de wiskunde, in de werktuig-, de vliegtuig- en de scheepsbouwkunde. Het was, met andere woorden, ten volle zijn idee dat ingevuld werd. Maar telkens waren het anderen die de intentie uit de lucht plukten en aanzetten gaven tot concretisering. Timman moest geprest worden zijn denkbeelden expliciet te maken.

Reeds bij aanvang, in het voorjaar van 1953, was het Kronig geweest die erop aandrong de kennelijk levende plannen te concretiseren en de verwachtingen in te lossen. Zoiets als een Instituut voor Toegepaste Wiskunde was voorondersteld in het eerste *memorandum*; het zat impliciet in Timmans ideeën over 'praktische oefeningen in de numerieke wiskunde' en over afstuderen in een research-omgeving. In het volgende *rapport (a)*, oktober 1953, werd het ITW genoemd, maar nog niet uitgewerkt. Het waren Loonstra en in 1954 Bottema, door als rector om een nota over de inrichting van zo'n instituut te vragen, die Timman explicitering van zijn ideeën ontlokten. Die 'Nota over de inrichting van een instituut voor toegepaste wiskunde aan de Technische Hogeschool' kwam er in september 1954, met herzieningen in februari 1955 en januari

1956⁴⁹. Timman had evenwel genoeg aan de principe-instemming met het idee door het college van Rector Magnificus en Assessoren in december 1953, om alvast de aanstelling van een wetenschappelijk ambtenaar voor de toegepaste wiskunde te vragen. Het ging om een dienstverlenende functie in verband met het rekenwerk. Deze kwam ook op 1 maart 1954 in dienst. Loonstra tekende bij zijn agenda voor de subafdelingsvergadering van 11 januari 1954 waar dit punt goedgekeurd moest worden, aan:

‘Van Timman vernemen, dat dit bedrijf snel om zich heen grijpt.’⁵⁰

1955 geldt algemeen als oprichtingsjaar van het Instituut voor Toegepaste Wiskunde. Toen men zich in 1960 genoodzaakt zag het Instituut, wegens succes, te herstructureren, kwam aan het licht dat het ondanks de nota’s, begrotingen en instemmende besluiten nooit formeel wás opgericht.

Timman had geen talent voor bestuur en beheer, hij was veeleer een aanvoerder die nieuwe paden baande. Het verschil tussen formeel en informeel, of het onderscheid tussen afspraak en instituut, dat werd achter hem gemaakt. Van zijn omgeving kreeg hij het krediet dat hem in staat stelde met het grote gebaar en op de goede intentie te regeren. Hij moet ook, getuige de herinneringen aan hem, een innemend mens zijn geweest.

7.2.d De structuur van het ITW als typering van wiskundig ingenieurswerk

Intussen zette Timman nergens zo duidelijk als in die ‘Nota over de inrichting van een Instituut voor toegepaste wiskunde aan de Technische Hogeschool’ van september 1954 uiteen wat volgens hem de functie van wiskunde was en wat hij voor had met de opleiding van Wiskundig Ingenieurs. De nota:

‘De problemen, die zich bij het onderzoek aan de Technische Hogeschool voordoen, zijn in de eerste plaats technische problemen, waarop een antwoord verkregen moet worden in een voor de techniek bruikbare vorm. De bewerking van een dergelijk probleem doorloopt vier fasen

- 1) formulering van het technische probleem als een mathematisch probleem
- 2) wiskundige uitwerking van dit probleem
- 3) numerieke uitwerking van dit probleem
- 4) interpretatie van de resultaten

De eerste fase zal moeten geschieden door een “toegepast wiskundige” in samenwerking met de technicus. De eerste zal dus zowel een inzicht moeten hebben in de technische kant van het vraagstuk als in de wiskundige methoden, die dienstbaar ge-

49 *Nota*, zie boven. De nota was voorwerp van overleg binnen de TH en met het Mathematisch Centrum en TNO-Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten; dit laatste leidde slechts tot het besluit van harmonieuze coëxistentie. De herzieningen hadden vooral betrekking op de aanschaf van een computer, een ZEBRA (PTT).

50 Archief Afd. A, losse bijlage notulenboek.

Jaren van berekening

maakt kunnen worden ("this curious mixture of mathematics, physics and engineering," S. Goldstein op het Amsterdamse Congres). Door deze samenwerking moet een *technisch zinvolle* formulering gevonden worden, die tot een mathematisch mogelijke oplossing voert.

De tweede fase is een wiskundige opgave, n.l. het mathematische probleem op te lossen en geschikt te maken voor numerieke uitwerking. Hier is dus een bewerker vereist, die een grondige kennis bezit van mathematische en numerieke methoden.

In de derde fase is een rekenbureau nodig, waar de numerieke bewerkingen uitgevoerd worden. Een resultaat is n.l. alleen dan technisch bruikbaar als het in de vorm van numerieke gegevens ter beschikking komt.

De vierde fase zal weer door dezelfde personen als de eerste behandeld moeten worden.'

De 'toegepast wiskundige' was ook het type dat hij op wilde leiden, en niet zozeer de numericus.

De vier fasen leidden eenvoudig tot een instituut met drie afdelingen waartussen een duidelijke hiërarchie bestond: 1. Toegepaste wiskunde; 2. Numerieke wiskunde; 3. Rekenafdeling.

'In de eerste afdeling, die naar buiten en naar binnen optreedt en waar de leiding moet berusten, zijn de "toegepast wiskundigen" vertegenwoordigd. [...] De tweede afdeling is het arbeidsveld van wiskundigen, die goed thuis zijn in mathematische en numerieke methoden. Hier is de invloed van physica en techniek veel geringer; een "zuiver" mathematicus met belangstelling voor numerieke methoden zal hier en vruchtbare werkkring vinden [...] De derde afdeling is meer uitvoerend en organisatorisch, [...]

Kenmerkend voor de status van het werk was verder dat de eerste en tweede afdeling onder een hoogleraar zouden staan, de derde onder een wetenschappelijk hoofdambtenaar. Het schema hiernaast spreekt voor zich. Timman projecteerde 29 personeelsleden, afgezien van de hoogleraren. In een nadere uitwerking in 1956 vroeg hij 16 medewerkers voor 1957, oplopend tot 33 in 1960. In feite zouden er in 1958 28 personen in dienst van de TH ressorteren onder het Instituut voor Toegepaste Wiskunde. In 1962 bij de verzelfstandiging van de dienstverlening gingen er 38 over naar de Wiskundige Dienst.

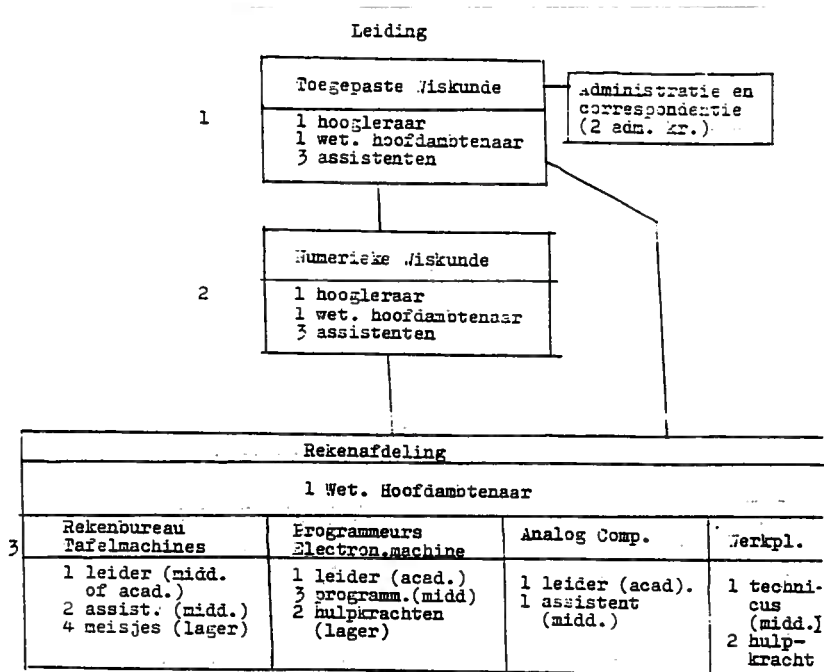
Wat hier gebeurde was in aantallen tamelijk revolutionair. Het aantal hoogleraren in de wiskunde was meegegroeid met de TH als geheel, van 8 in 1947 naar 10 in 1955, maar het personeelsbestand van de onderafdeling was door de komst van de instructeurs meer dan verdubbeld. Nu kondigde zich opnieuw een verdubbeling aan: het ontwikkelingsplan 1961-1964 (opgesteld in 1959) liet de formatie van het ITW zoveel sneller groeien dan de overige dat het instituut in 1964 precies de helft van de onderafdeling zou moeten uitmaken. En deze hele uitbreiding stond onder leiding van Timman. Dat verschafte hem natuurlijk binnen de onderafdeling, ook al maakten uitsluitend de hoogleraren de dienst uit, een comfortabele positie, die hij niet gaarne afstond.



Het Instituut voor Toegepaste Wiskunde omvat ook de Wiskundige Dienst, het latere Rekencentrum. Hier werd in 1957/58 de eerste computer, een ZEBRA, geïnstalleerd.

De eerste verdubbeling was toe te schrijven aan de herijking van de propaedeutische functie van de wiskunde. De tweede was minder eenduidig te traceren; ging het om toegepaste wiskunde of rekenwerk? Dat gaf aanleiding tot spanningen, waarvan hier niet zozeer het machtsconflict als wel de botsende visies van belang zijn. Terwijl de functie van de wiskunde zoals Timman die zag belichaamd in de ‘toegepast wiskundige’ of wiskundig ingenieur nog tot volle ontplooiing moest komen, werd ze in aantal betrokkenen, in investering en in economisch belang reeds overtroffen door een volgende gedaante van de wiskunde. Daar lag de conflictstof al. Was datgene wat achteraf gemakkelijk te duiden is als een begin van informatica, wel iets nieuws, wel iets anders dat ten opzichte van de ‘toegepaste wiskunde’ een autonome ontwikkeling verdiende?

Voor Timman was het hele ITW, inclusief de dienstverlening, begonnen als een paragraafje in het rapport over de opleiding in de toegepaste wiskunde. En in die ondergeschikte positie bleef het voor hem thuishoren. Timman definiëerde de functie van de wiskunde niet als rekenwerk, maar als modelleren. Dat de ingenieurs numerieke uitkomsten verlangden was een eigenaardigheid niet van de wiskunde maar van de techniek, waaraan hij overigens volkomen tegemoet wenste te komen.



Figuur 7.4: Organisatieschema Instituut voor Toegepaste Wiskunde, uit Nota

Het cruciale element in Timmans visie was de adequaatheidsoverweging die hij *binnen* het toepassen haalde. Precies op dit punt was zijn visie radicaler dan die van Von Mises; hier brak hij met de klassieke toegepaste wiskunde. Timman plaatste consequent ‘toegepaste wiskunde’ tussen aanhalingstekens; hij bedoelde er inderdaad het zijne mee. Hij vond het essentieel om in het proces van toepassen de afweging te maken dat er gewerkt werd met een ‘*technisch zinvolle formulering*’ en om de uitkomst nog eens aan het technisch adequaatheidscriterium te onderwerpen.

Van Dantzig zou hier zeggen: om te controleren of de sprong van doel op middel niet te groot was gemaakt. In hun nadruk op interpreteren van het resultaat, ‘uitschakelen van het formalisme’, stemden Timman en Van Dantzig wonderwel overeen. Het lijkt een Nederlandse bijzonderheid dit zo expliciet te vermelden. Het zou zelfs een invloed van Mannoury kunnen zijn. Timman volgde diens colleges en citeerde hem in zijn inaugurele rede.

Deze visie impliceerde een consultatie-concept in de dienstverlening, onder supervisie van de ‘toegepaste wiskundige’. In deze visie nu lag de inhoudelijke reden van Timmans verzet tegen verzelfstandiging van het rekenwerk en tegen

‘open shop’ beleid⁵¹. Toen uiteindelijk in 1962 de dienstverlening van het ITW zelfstandig werd, mocht deze ook geen rekencentrum heten, maar Wiskundige Dienst.

De bovenstaande uitwijding over het ITW pretendeert niet recht te doen aan de geschiedenis van dat instituut, maar staat in dienst van de verheldering van visie op de wiskunde die Timman in 1956 leidde bij de opbouw van de ingenieursopleiding. Timmans ideaalbeeld van een Instituut voor Toegepaste Wiskunde laat zien welke positie en welke werkwijze hij voor de wiskundig ingenieur op het oog had. Zijn opzet voor dit instituut en de facetten waarover hij zich in de verdere uitbouw ervan druk maakte, tonen het beeld dat hem in het midden van de jaren vijftig voor ogen moet hebben gestaan. Hij wilde de wiskundige opleiden die, na een dialoog met de technicus, het probleem van de technicus in modelvorm tot het zijne zou maken en daarbij over de numericus en de rekenaar als hulpkracht kon beschikken. Het ideaalbeeld week nauwelijks af van het concept van statistische consultatie bij het Mathematisch Centrum: de consulent die quasi-plaatsvervangend het probleem van de klant overneemt – quasi want in modelvorm. De Delftse praktijk was echter anders en beperkter dan dit concept.

Het Instituut voor Toegepaste Wiskunde behandelde vanaf 1955 een groot aantal zeer diverse opdrachten die, op een enkele uitzondering na, uit de technische wetenschappen afkomstig waren. De aard van de vragen was niet zo divers als de spreiding van technische problemen zou doen vermoeden, want de vragen kwamen, net als bij de Rekenafdeling van het MC, uit die onderzoeksgebieden waar het geavanceerd rekenwerk al relevant was gebleken. De feitelijke consequentie was dat aan modelleren en interpreteren niet die aandacht geschonken hoefde te worden die Timman geprojecteerd had.

In de praktijk van de wiskundig ingenieursopleiding was het spectrum van afstudeeronderwerpen nog beperkter, omdat daar onder aanvoering van Timman een grote voorkeur bestond voor vraagstukken uit de vliegtuig- en scheepsbouwkunde. Werkwijze en wiskundige inhoud van het behandelen van zulke vraagstukken duidde Timman aan als *numerieke analyse*. Speciaal de nieuwe hoogleraar E. van Spiegel zou zich met deze numerieke analyse belasten. Numerieke analyse, eigenlijk een na 1955 niet meer bestaand vakgebied⁵², zou het kernstuk worden van de wiskundig ingenieursopleiding in Timmans stijl.

51 De klant mocht sowieso niet met zijn vingers aan de computer komen. In de jaren vijftig hadden de rekencentra een *closed shop*: het was hoogst ongebruikelijk dat iemand zijn eigen programma mocht schrijven en uitproberen. Mede door de komst van de hogere programmeertalen konden in de loop van de jaren zestig de centra zich toegankelijker opstellen.

52 Vgl. § 4.3

Op basis dus van een herwonnen zelfvertrouwen in de propaedeutische functie van de wiskunde, de stille ideologie, konden de wiskundigen tegemoetkomen aan die andere functie waar vanuit de technische afdelingen om gevraagd werd, namelijk niet zomaar hulpwetenschap te zijn, maar een 'dynamische lijn' te bieden. Dit leidde niet alleen tot een hernieuwde en verdergaande opname van wiskunde in delen van de technische wetenschappen, maar ook tot een verzelfstandiging van de hulpwetenschap.

Leek aanvankelijk, mede tot ongenoegen van de Onderwijsraad, geen helderder begrip van de Wiskundig Ingenieur beschikbaar dan een uitwendige afbakening als verzelfstandiging van de hulpwetenschap, uit Timmans voorstellen voor de inrichting van opleiding en instituut en uit de concrete invulling daarvan in de eerste jaren liet zich een meer inhoudelijk idee aflezen. Cruciaal voor Timman was de cyclus van techniek naar wiskunde en terug: de vertaling van een technisch probleem in een wiskundig vraagstuk en verder in numerieke bewerking en rekenopgave en dan terug naar een voor de techniek zinvolle uitspraak. Het primaat lag bij de techniek; die had een antwoord te eisen. Om aan die eis te voldoen, om de wiskunde dienstbaar te doen zijn, was het echter beslist vereist dat de 'toegepast wiskundige' de zeggenschap over deze cyclus zou hebben. Daartoe moest de Wiskundig Ingenieur opgeleid worden, tot supervisie over het proces van wiskundig modelleren. Zoveel althans laat zich aflezen uit de memoranda en nota's van Timman en uit de kwesties rond de opleiding en het Instituut voor Toegepaste Wiskunde waarop hij conflicten aanging. Of de inzet was dat de 'toegepast wiskundige' de baas moest zijn, of dat Timman de baas moest zijn, werd in dergelijke kwesties niet altijd gescheiden. Timman was immers 'de toegepast wiskundige'.

Omdat ten slotte in Timmans visie het vinden van een geschikte numerieke uitwerking van een technisch vraagstuk het meest karakteristieke onderdeel van de gevraagde deskundigheid was, duidde hij de hele modelleercyclus wel aan als numerieke analyse. Juist wat de nadruk op het numerieke aspect betreft, maakte de wiskundig-ingenieursopleiding een nadere ontwikkeling door, in Delft zelf, in Eindhoven, Groningen en Twente.

7.3 Numerieke, operationele en andere analyse

De wiskundig ingenieursopleiding startte in 1956 zonder eigen propaedeuse. Dit was slechts een van de tekenen dat het concept nog niet volledig uitgekristalliseerd was. Het college-aanbod vertoonde geregeld accentverschuivingen. Afstudeervarianten werden ingesteld en weer opgeheven. Er was conceptueel voldoende ruimte voor de andere instellingen om op het Delftse initiatief te variëren.

In de Nederlandse wiskunde-beoefening van de jaren vijftig was de Delftse wiskundig ingenieursopleiding wel het belangrijkste toepassingsgerichte initiatief, nog was de invulling met 'numerieke analyse' een eenzijdige. Het wiskundig modelleren was in Timmans werk wel begrepen, maar in deze eerste versie van de opleiding nog niet ten volle uitgewerkt. En buiten de academische wiskunde drong de Operations Research op. Ook in de OR en de toegepaste statistiek stond het modelleren centraal, zij het voortkomend uit een andere traditie en bekleed met een andere status.

Er waren andere initiatieven in Nederland en een aantal daarvan laat zich duiden als reactie op de Delftse opleiding, deels zelfs als navolging. Buiten Nederland waren er de eerdergenoemde voorlopers, maar in hoofdzaak verliep de ontwikkeling gelijktijdig, in het bijzonder waar het ging om de precieze term 'wiskundig ingenieur'.

Inhoudelijk was de voornaamste onopgeloste kwestie het vinden van een opening in de richting van (bedrijfs-)organisatorische toepassingen. De opkomst van de Operations Research was voor de betrokkenen zichtbaar. Niet zo duidelijk was het vanuit de overheersende stijl van 'numerieke analyse', hoe men greep zou kunnen krijgen op deze klaarblijkelijk verwante ontwikkeling. De Eindhovense onderafdeling wiskunde kwam op dit punt verder dan haar voorbeeld. Het was ook in Eindhoven dat voor het eerst, in 1971, een *practicum* in wiskundig modelleren werd gegeven.

Wat het begrip van toepassen betreft, was het een specifieke verhouding van wiskunde en werkelijkheid die tot uitdrukking kwam in de opleiding tot wiskundig ingenieur. Dit gegeven en de reacties in andere initiatieven zorgden ervoor dat het hele idee van toepassen nog eens expliciet voorwerp werd van discussie onder wiskundigen.

Eindhoven en Twente namen de wiskundig ingenieursopleiding over en eind jaren zestig werd een eigen propaedeuse ingesteld. Pas daarna – het gebeurde in 1972 naar aanleiding van de voorstellen tot herstructurering van het wetenschappelijk onderwijs – staken de wiskundigen van de drie instellingen de koppen bij elkaar en gaven het programma zijn stabiele vorm⁵³.

53 [Opleiding 1974] 'De opleiding tot wiskundig ingenieur en de herstructurering van het wetenschappelijk onderwijs' /Nota van de onderafdelingen der (Toegepaste) Wiskunde van de Technische Hogeschool Delft, - Eindhoven, - Twente, december 1974.

7.3.a Delft en de weerklank

In 1955 opende de subafdeling der Vliegtuigbouwkunde een vijfde afstudeer-mogelijkheid⁵⁴, en wel in de wiskunde. Goed beschouwd was dat, zo niet de eerste wiskundig ingenieursopleiding in Nederland, dan toch het begin van de verwerkelijking van Timmans memorandum uit 1953. Het programma voor de eerste twee jaar dat Timman voor de studie binnen de onderafdeling wiskunde had ontworpen, was niet veel anders dan de grootste gemene deler van de bestaande propaedeuses met de zogenaamde 'grote cursus' wiskunde. Het was dan ook in oktober 1953 nauwelijks een punt van discussie af te zien van een eigen propaedeuse. Deze beslissing maakte het derde studiejaar en de afstudeer-varianten tot het meest karakteristieke van de opleiding.

Voorzover het programma in het derde jaar toepassingsgerichte wiskunde bevatte, bood het klassieke toegepaste wiskunde met uitzondering van één college met oefeningen, 'Numerieke Analyse', dat aanvankelijk door Timman, vervolgens door L. Kosten en vanaf 1961 door E. van Spiegel werd gegeven⁵⁵. Pas in 1958 werd het derde jaar verrijkt met een college 'Waarschijnlijkheidsrekening', aanvankelijk door J. Hemelrijk, vanaf 1960 door J.W. Cohen gegeven, en een college 'Algemene Elektronica'. 'Gebruik van elektronische rekenautomaten' van D.H. Wolbers⁵⁶ verving dit laatste college in 1963.

De colleges die meer kenmerkend waren voor de nieuwe toepassingen werden bewaard voor het vierde studiejaar: 'Partiële differentiaalvergelijkingen', 'Laplace- en Fourier-transformaties' (twee 'klassieke' vakken, maar in Timmans toepassingen zeer actueel), 'Mathematische statistiek' en 'Theorie der re-

54 Vliegtuigbouwkunde was in 1946 van een specialisatie 'W(V)' binnen werktuigbouwkunde overgegaan naar een apart ingenieursdiploma V met vanaf 1947 de specialisaties: Va. vliegtuigtechnische richting; Vb. bedrijfstechnische richting; Vc. constructieve richting; en Vd. elasto-mechanische richting. In 1955 kwam daar bij: Ve. Wiskunde, mathematische methoden en oplossingen van vraagstukken. *Programma der Lessen, TH Delft 1943-1944* etc.; later *Gids, TH Delft*.

55 Na Timman in 1952 werden er een aantal uitdrukkelijk toepassingsgerichte mensen tot hoogleraar benoemd. L. Kosten (benoemd in 1956), J.W. Cohen (1957), E. van Spiegel (1960), J. Hemelrijk (1952) en diens opvolger J.W. Sieben (1961) waren lid van het Instituut voor Toegepaste Wiskunde. Kosten, Van Spiegel en Timman vormden met W. Baarda (geodesie) en A.D. Pater (werktuigbouw) in 1962 het eerste bestuur van de Wiskundige Dienst. De deeltijdse leerstoel 'Mathematische en Toegepaste Statistiek' was tot stand gekomen, op aandringen van met name W. Baarda, na het vertrek van J. Goudriaan in 1950 en bezet door J. Hemelrijk in 1952. Hemelrijk werd opgenomen in de subafdeling wiskunde en met hem de leerstoel die in 1960 werd uitgebreid tot een volledige plaats in 1961 vervuld door J.W. Sieben.

De verschuiving in oriëntatie onder de hoogleraren was daarmee duidelijk zichtbaar, zij het minder spectaculair dan onder het gehele personeelsbestand van de sub-afdeling.

56 Ir. D.H. Wolbers was op dat moment directeur van de Wiskundige Dienst, voor dit college had hij een leeropdracht.

kenmachines'. Het vierde jaar stond dan ook al in het teken van het afstuderen in het vijfde jaar.

Numerieke analyse was zo het meest eigene waarmee de wiskundestudenten, na hun P-examen elders, ontvangen werden. Het college betrof:

'A. Interpolatiemethoden, numerieke integratie en differentiatie. Oplossingsmethoden van algebraïsche en transcendente vergelijkingen met één onbekende. Integratiemethoden van gewone differentiaalvergelijkingen.

B. Oplossingsmethoden van systemen lineaire vergelijkingen, iteratiemethoden. Numerieke bepalingen van eigenwaarden en -vectoren van matrices. Oplossingsmethoden van partiële differentiaalvergelijkingen, relaxatie- en karakteristiekenmethoden⁵⁷.

Dit was inderdaad de geavanceerde kennis van de numerici of rekenvoorbereiders van het NLL en het MC. De praktische vaardigheid in het toepassen van deze kennis had zowel Van Wijngaarden als Timman groot gemaakt. Het was de kennis die, zonder de wiskundige achtergrond, in de vanaf 1956 gegeven cursussen Wetenschappelijk Rekenen werd overgedragen. Maar 'numerieke analyse' verwees naar een vakgebied dat juist in het midden van de jaren vijftig uiteenspatte. De kwestie was dat Timman er, net als onder 'toegepaste wiskunde', het zijne onder verstond.

In een memorandum uit 1958 signaleerde Kosten het probleem:

'De taak van de analyse met betrekking tot de techniek is tweeledig: a) het verschaffen van een hulpmiddel om in exacte zin het systeem van de theoretische physica kwalitatief te verklaren; b) het kwantitatief hanteren van de natuurwetten. De onderscheiden delen van de analyse zullen we (theoretisch-) kwalitatieve resp. kwantitatieve analyse noemen. [...]

De wiskunde der negentiende eeuw ging kwalitatief-analytisch hand in hand met de beschrijvende theoretische physica, terwijl de kwantitatieve analyse verdorde tot een tegenwoordig als "numerieke" analyse bekend staande receptuur. [...]

De vraag rijst, of het nuttig is, de "numerieke analyse" als één geheel te blijven behandelen.⁵⁸

Kosten hield een scherp pleidooi voor ruimere aandacht voor de 'kwantitatieve analyse', begrepen in een nauw aan Timmans denken verwant consultatie-concept. De analyticus zou het door de technicus of econoom aangeboden model niet kritiekloos mogen aanvaarden, doch moeten trachten in samenwerking met deze en met de numericus tot 'een zodanige vereenvoudiging van het model te geraken, dat a) het analytische werk gemakkelijker verloopt [...] en b) direct wordt aangestuurd op een zo eenvoudig mogelijke numerieke behande-

57 *Gids 1956-1957* Technische Hogeschool Delft, p.198.

58 'Over de plaats van de de kwalitatieve en kwantitatieve analyse in het technische hoger onderwijs', memorandum door L. Kosten aan de leden van de Onderafdeling Wiskunde, 8 december 1958. Archief afd. A, map 60.

ling'. Kosten beproefde met zijn *analyticus* een nieuwe definitie van de *wiskundig ingenieur*:

'Om vruchtdragend werk te kunnen leveren, moet de *analyticus* dus a) enigszins technisch georiënteerd zijn, b) voldoende beslagen ten ijs komen met betrekking tot het numerieke deel, en c) voldoende soepelheid in de samenwerking met anderen vertonen. De *wiskundig-ingenieur* moet dus iets van de betreffende techniek afweten, waarbij colleges over instrumentatie, meettechniek, electronica, e.d. nuttiger zijn dan een teveel aan de abstract-technische maar au fond in het geheel niet technische colleges. Bovendien moet de numerieke zijde van zijn opleiding niet en bagatelle genomen worden.'⁵⁹

Duidelijk begon zich de al door Freudenthal vermoede ongeschiktheid van de heterogene propaedeuse te wreken. Kostens idee werd globaal aanvaard. De terminologie 'qualitatieve en kwantitatieve analyse' was echter ongelukkig gekozen, vanwege de buiten de wiskunde geldende betekenis van 'analyse'. Dit had Kosten als specialist in operationele analyse overigens kunnen weten. Timman, en in zijn voetspoor Van Spiegel, adopteerde Kostens 'kwantitatieve analyse' in de ruimste zin als kern van de *wiskundig ingenieursopleiding*, maar gebruikte hiervoor opnieuw de aanduiding *numerieke analyse*. Hij had immers, anders dan de boven weergegeven omschrijving zou doen vermoeden, het college numerieke analyse reeds in die stijl gedoceerd.

Mathematisch-organisatorisch

Het afstuderen werd in 1958, nog vóór Kostens memorandum, onderscheiden in twee richtingen. In feite kwam er een richting bij. De 'mathematisch-fysische richting' was gelijk aan het bestaande programma; de 'mathematisch-organisatorische richting' bracht nieuwigheden met colleges 'Stochastische processen', door Cohen, en 'Operations Research' door Kosten. In 1959-1960 werden ze a- en b-richting met 'meer nadruk op' en 'voor beide richtingen zijn de eisen voor numerieke methoden en de meeste wiskunde-vakken dezelfde'. In 1961-1962, terwijl nota bene J.W. Cohen, die met L. Kosten voor de b-richting stond, secretaris van de onderafdeling was, verdween het onderscheid weer. Richtingen werden keuzevakken.

Nu was het onderscheid ook niet reusachtig; wel in wiskundige specialisatie, maar niet in intentie van toepassing. De nadruk op 'vraagstukken van organisatorische aard, zoals optreden bij "operations research", statistiek en stochastische processen, mag niet gelezen worden als een doorbraak naar bedrijfskundige toepassingen. Bedrijfskunde was in Nederland nog niet doorgebroken als academische discipline, maar belangrijker was dat Cohen en Kosten in dezelfde stijl als Timman toepassingsgericht waren. Kosten was elektrotechnisch ingenieur, uit de sterk wiskundige zwakstroomrichting. Cohen was zelf ge-

59 Ibidem.

schoold in de onderwereld van Biezeno. Hun toepassingsstijl veronderstelde, net als die van Timman, dat de technisch-wetenschappelijke kwantificering gedaan was, dat de wiskundige reeds een model aangeboden kreeg, zij het een onderhandelbaar model. Hun eigen werk was dan ook gericht op 'organisatorische' vraagstukken waar deze veronderstelling vervuld was, zoals congestie in telefooncentrales en andere studies van verkeersstromen.

Bedrijfsorganisatorische vraagstukken en statistische consultatie voldeden niet aan deze vooronderstelling, vroegen om een andere benadering in het toepassen en waren ook met zoveel woorden door Timman in zijn eerste memorandum van 1953 uitgesloten.

'[...] de opleiding tot statisticus [behoort] op geheel andere basis dan hier beoogd is, te geschieden. [...] de bedrijfsorganisatorische vakken [die] voor een toegepast wiskundige nauwelijks van belang geacht kunnen worden.'⁶⁰

Eerst in Eindhoven zou die andere toepassingswijze gerealiseerd worden.

Weerklank

De eerste weerklank van de Delftse opleiding kwam echter uit Amsterdam. Het denkbeeld van een baccalaureaatsopleiding in de wiskunde en in de natuurkunde aan de Gemeentelijke Universiteit passeerde weliswaar in 1956 de Amsterdamse gemeenteraad en de Onderwijsraad, het kwam niet werkelijk tot leven. Bedoeld was een verkorte academische opleiding gericht op functies in het bedrijfsleven. De intentie was vergelijkbaar met de Delftse, het beoogde niveau lager, vergelijkbaar met het kandidaatsexamen. Of er een nauwer verband met de wiskundig ingenieursopleiding was dan dat men in Amsterdam Timmans voorstellen kende, is niet duidelijk.

Zeker geheel los van Delftse initiatieven stonden de vanaf 1956 door het Mathematisch Centrum verzorgde cursussen Wetenschappelijk Rekenen en Operations Research. Het Wiskundig Genootschap stelde het diploma Wetenschappelijk Rekenen in en bekostigde deze 2- of 3-jarige cursus, die opleidde tot functies bij rekencentra. De lessen betroffen 'beginselen der analyse', 'beginselen der algebra' en 'numerieke methoden'. TH-medewerkers gaven dezelfde cursus vanaf 1959 in Eindhoven en vanaf 1962 in Delft. In 1962 stelde het Wiskundig Genootschap een tweede diploma in, 'Wetenschappelijk Rekenen B, richting toegepaste wiskunde', bij een opnieuw door het MC verzorgde voortgezette opleiding⁶¹. De reeds bestaande opleiding heette vanaf dat mo-

60 *Memorandum* Timman, zie boven; p.4; p.12.

61 Deze cursussen werden in de loop van de jaren zestig aangevuld en overvleugeld door de opleidingen van de SSAA, Stichting Studiecentrum voor Administratieve Automatisering te Amsterdam. Deze stichting behoort in een geschiedenis van de informatica adequate aandacht te krijgen.



A.I. van de Vooren gaf de wiskundig ingenieursopleiding aan de Rijksuniversiteit Groningen vorm. Op de foto geeft hij uitleg bij de ingebruikname van de ZEBRA, 1959.

ment Wetenschappelijk Rekenen A. Daarnaast verzorgde het MC de cursus Operations Research, gegeven door Kriens en De Leve. Deze stond in de traditie van de kadercursussen statistiek en zou worden voortgezet als de leergang besliskunde.

Duidelijk met de wiskundig ingenieursopleiding verband houdende initiatieven kwamen uit Utrecht en uit Groningen. In Utrecht wisten Van der Blij en Freudenthal de in Delft zo gewenste C.J. Bouwkamp wel over te halen tot een buitengewoon hoogleraarschap, 1955-1958. Bouwkamp was eerder gepolst voor een leerstoel in Delft, maar had dat afgewimpeld. De Rijksuniversiteit Utrecht creëerde daarmee een volwaardige afstudeermogelijkheid in de toegepaste wiskunde, zij het dat deze door Bouwkamp en nog sterker door zijn opvolgers G.K. Braun, respectievelijk W. Eckhaus in de vorm van academische 'klassieke' toegepaste wiskunde werd gegoten. Met name Braun profileerde zich als mathematisch fysicus in de extreme zin van het woord, dat wil zeggen uiterst theoretisch georiënteerd.

Aan de Rijksuniversiteit Groningen wilde men eind jaren vijftig ingenieursopleidingen instellen in de wis-, natuur- en scheikunde. De facto gebeurde dit met ingang van het studiejaar 1959-1960; het verlenen van de ingenieurstitel werd pas in 1971 goedgekeurd door de minister, toen met terugwerkende

kracht. A.I. van de Vooren, die Timmans oudere collega op het NLL was geweest en sinds 1958 lector voor fluttervraagstukken in de Delftse onderafdeling Vliegtuigbouwkunde, aanvaardde in 1959 de Groningse leerstoel in de Toegepaste Wiskunde. Van de Vooren ontwikkelde geheel naar Timmans voorbeeld een afstudeerrichting Toegepaste Wiskunde. Groningen verwierf, zij het met terugwerkende kracht, de Nederlandse primeur van een geheel wiskundige opleiding leidend tot het ingenieursdiploma.

7.3.b 'Do you know Bowkemp?'

De belangrijkste navolging evenwel kwam tot stand aan de TH Eindhoven, doordat deze instelling de wiskundig ingenieursopleiding bijna terloops verwierf, hetgeen haar wiskundigen in staat stelde er nog eens rustig over na te denken.

J.J. Seidel was instructeur in Delft, toen hij in 1956 werd uitgenodigd het wiskunde-onderwijs in Eindhoven vorm te geven. En dat deed hij. Aanvankelijk ging het alleen om dienstverlenend onderwijs vanuit een Afdeling Algemene Wetenschappen waarin de wiskundigen, de natuurkundigen en de niet-technische hoogleraren⁶² verenigd waren.

Vrijwel onmiddellijk na de oprichting van de THE in 1956, streefde de Eindhovense senaat naar uitbreiding van het aanvankelijke aantal van drie studierichtingen. Wiskunde en natuurkunde waren domweg de goedkoopste opties; beide vakken waren reeds vertegenwoordigd. Zo kreeg Seidel de afstudeerrichting voor wiskundig ingenieur min of meer in de schoot geworpen. Daar wilde hij dan wel dé toegepaste wiskundige van Eindhoven, C.J. Bouwkamp, bij betrekken. Bouwkamp was naast zijn werk aan het Natuurkundig Laboratorium van Philips buitengewoon hoogleraar toegepaste wiskunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht. De TH Eindhoven wilde hem een tweede buitengewone leerstoel aanbieden en Philips wilde het hem wel toestaan, maar Bouwkamp zelf wilde het niet. Overleg tussen de Utrechtse universiteit en de TH leidde tot de overstap naar Eindhoven. Zo werd Bouwkamp de invloedrijke man op de ach-

62 De niet-technische vakken, waarop in Delft een commissie onder leiding van F. Loonstra moeizaam studeerde, waren van meet af aan meer geïntegreerd in de TH Eindhoven dan ze in Delft waren geweest. Er was bij aanvang een hoogleraar in de wijsbegeerte, Oldendorff. Deze pleitte in katholiek-personalistische traditie voor een 'humane techniek'. De TH Twente zou deze tendens verder doorzetten tot een 'tweekernen-universiteit' [Sorgdrager 1981] *Een experiment in het bos. De eerste jaren van de Technische Hogeschool Twente 1961-1972* / Winnie Sorgdrager. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1981. Zowel in Eindhoven als in Twente kreeg deze aanzet tot reflectie op de techniek een tweeledige uitwerking: ten eerste in de aanwezigheid van een filosofische, later aangevuld met een sociologische, reflectie op de techniek; en ten tweede in een technische reflectie op de integratie van techniek in de samenleving, die onder meer uitmondde in de studierichting bedrijfskunde. Met de eerste toonden de wiskundigen nauwelijik affiniteit. De tweede was een belangrijk contextgegeven bij de verbreding van het wiskundig ingenieursconcept.

tergrond in de opbouw van de Eindhovense wiskundig-ingenieursopleiding. De onmiddellijk zichtbare tekenen van zijn invloed waren een, in vergelijking met Delft, meer “klassiek” aanzien van de opleiding en de benoeming van zijn vroegere assistent in Utrecht, G.W. Veltkamp, tot hoogleraar in Eindhoven.

Het viel Seidel, de man op de voorgrond, met de wiskundig-ingenieursopleiding en met de steun van Bouwkamp op de achtergrond aanzienlijk gemakkelijker collega's te werven⁶³. Ook het scheppen van nieuwe plaatsen ging hem goed af. Voor 1961 vroeg hij, en kreeg hij uiteindelijk, twee nieuwe leerstoelen, ‘conditio sine qua non voor de opleiding van wiskundig ingenieur’. Hij wilde ‘een numericus (analogon van de Delftse leerstoel Kosten)’ en ‘een beoefenaar van de groep vakken: waarschijnlijkheidsleer, stochastiek, lineair programmeren, speltheorie, wachttijdtheorie (analogon van de Delftse leerstoel Cohen)’⁶⁴. Desalniettemin hield Seidel vast aan twee on-Delftse uitgangspunten, de eenheid en de homogeniteit van de groep van wiskundigen. Er kwam geen instituut voor toegepaste wiskunde of iets dergelijks en alle hoogleraren werden geacht voor alle colleges beschikbaar te zijn. Juist die twee speciale extra leerstoelen pasten daar maar matig in.

Deze beide uitgangspunten en het gegeven dat het Delftse voorbeeld nog alerminst uitgekristalliseerd was, waren voor Seidel aanleiding de zaak naar eigen inzicht aan te pakken. Gewapend met een ontwerp-studieprogramma maakte hij samen met de juist benoemde Veltkamp een studiereis naar de Verenigde Staten. Van mei tot juli 1960 bezocht dit duo, gedeeltelijk op kosten van Shell, de vooraanstaande universiteiten, technische hogescholen en industriële laboratoria in dat land⁶⁵.

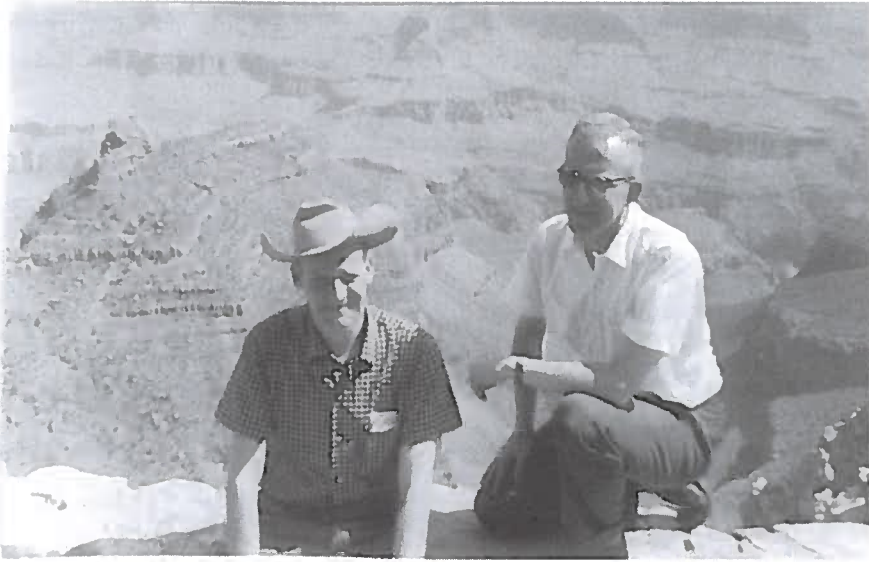
De algehele structuur van de wiskundig-ingenieursopleiding lag na het Delftse voorbeeld min of meer vast, beginnend na een heterogene propaedeuse en af te sluiten met een praktisch georiënteerde afstudeeropdracht. Het pakket daartussenin bood wel ruimte voor variatie, niet voor volledig afwijken.

De mechanica had in Eindhoven een bijzondere positie. Dit deel van de ‘groep wiskunde en mechanica’ was wat onderzoek betreft opgenomen in een werkgroep mechanica, waarin ook leden van de ‘groep natuurkunde’ en van de afdeling werktuigbouwkunde participeerden. De mechanicahoogleraar J.B.

63 Seidel, ‘de ronselaar’, kende op dit punt overigens weinig problemen. Toen N.G. de Bruijn van Amsterdam naar Eindhoven kwam, sprak men van ‘de coup van Seidel’.

64 Brief J.J. Seidel aan Rector Magnificus van de TH te Eindhoven, dd. 1 februari 1960. Archief Fac. Wisk. en Informatica TUE, 03.22.0.

65 De reis bestond uit een aaneenschakeling van bliksembezoeken aan inderdaad ongeveer alle vooraanstaande centra. Slechts John W. Tukey (Princeton University, vgl. hoofdstuk 6) en leidende figuren in de Operations Research, als Russell L. Ackoff en P.M. Morse, misten ze. Seidel schreef een uitgebreid en bijzonder reisdagboek. Waar hierna een precieze datum is vermeld, is gebruikgemaakt van dit verslag.



J.J. Seidel en G. Veltkamp maakten bij de opzet van de Eindhovense opleiding een studiereis door de Verenigde Staten om zich te oriënteren op de verschillende visies van de wiskundig ingenieur. Hier in de Grand Canyon.

Alblas, gepromoveerd bij Koiter, dus rechtstreeks afkomstig uit de onderwereld van Biezeno, verkeerde door die bescheiden verwerkelijking van Biezeno's ideaal van de eenheid van de mechanica in een enigszins excentrische positie ten opzichte van de wiskundigen.

Daarnaast was er de invloed van Bouwkamp, een meer klassiek toepasser dan Timman. In zijn werk aan het Natuurkundig Laboratorium van Philips was hij veeleer wiskundig consulent dan wiskundig modelleerder. Beide factoren, de eenheid van de mechanica en Bouwkamps stijl, gaven de Eindhovense constructie op voorhand een 'klassieker' aanzien dan de Delftse. Bouwkamp, van huis uit overigens fysicus, genoot groot gezag op grond van zijn kwaliteiten als wiskundige en meer nog op grond van zijn positie bij het Natlab. Daarbij was hij aanvankelijk de enige onder de Eindhovense wiskundehoogleraren die werkelijk in de industrie werkzaam was, en zo voor zijn collega's als vanzelf het voorbeeld van de op te leiden wiskundig ingenieurs. 'We beginnen altijd met: do you know Bowkemp', schreef Seidel op 19 mei 1960 in zijn dagboek van de Amerikareis.

Veltkamp en Seidel vonden op hun rondgang door de Verenigde Staten bevestiging voor hun invulling van het wiskundig-ingenieursconcept. Ze troffen ook het tegendeel aan, zonder zich van de wijs te laten brengen. In zijn inaugurale rede, *De wiskundig ingenieur*, een jaar later stelde Veltkamp uitdrukkelijk als primaire eis aan een wiskundig ingenieur: 'Hij moet een goed wiskundige zijn' en als laatste eis 'hij moet bereid zijn mee te werken aan de problemen van

anderen'. Nogal voorzichtig klonk dit, in vergelijking met Timman, al nam Veltkamp wel diens gerichtheid op het buitenwiskundige doel over en de daaruit volgende eis van daadkrachtigheid.

'Daarbij dient hij er zich echter voortdurend van bewust te zijn dat zijn redeneringen wiskundig streng moeten zijn. [...]
En essentieel is dat hij scherp weet te onderscheiden tussen de zuiver wiskundige redeneringen binnen zijn theorie en de buitenwiskundige overwegingen die hem bij de opzet van de theorie geleid hebben.'

En over de opleiding:

'Twee min of meer tegengestelde visies zijn daarbij mogelijk. De eerste is: de student een grondige training geven in de vele deelgebieden van de wiskunde die in de toepassingen een rol spelen. [...]
De andere mogelijkheid is, hem voornamelijk in de diepte te trainen, hem een goed inzicht te geven in de fundamenteën van wiskunde, natuurkunde en techniek en hem vertrouwd te maken met de denkwijze in deze vakgebieden. Het is dan niet belangrijk welke vakgebiedjes hij meer speciaal bestudeert. Zijn algemeen inzicht en zijn kennis van de basisvakken stellen hem in staat zich snel overal in te werken. Deze laatste opvatting correspondeert, naar ik meen, met die welke in het technisch hoger onderwijs meer en meer veld wint.'⁶⁶

De slotopmerking laat zich niet staven aan, wel traceren in Seidels reisdagboek. Het was Baron, hoofd van de afdeling 'Chemical Engineering' van het Shell-Laboratorium in Emmerlyville bij San Francisco, die op 23 juni 1960 de bezoekers op het hart drukte de studenten vooral niets gespecialiseerd te leren. Bijvoorbeeld de wiskunde van destillatieprocessen: 'aan de universiteiten weten ze het ook niet en de (grote) bedrijven zullen 't ze [de studenten] wel leren'. En zelfs numerieke analyse hoeft niet geëist te worden in de opleiding 'want het is zo belangrijk dat je er vanzelf op stuit en dat je 't ook leert'.

Het kwam, aldus Baron, aan op het bijbrengen van een houding.

'[...] de ingenieur heeft een tijdsclimiet en dit [gegeven] moet in zijn curriculum tot uiting komen en geëffectueerd worden. [...]

De mensen moeten job-oriented, niet method-oriented zijn. [...]

De professor moet zijn studenten [in het laatste semester] meenemen naar de industrie. Dit geldt niet alleen voor wiskundig ingenieurs, elke ingenieur moet deze houding hebben.' En:

'We want vigor, not rigor.'

'Wij waren zeer onder de indruk van deze man', noteerde Seidel aansluitend in zijn verslag, een oordeel dat geen tweede in de lange rij van gesprekspartners ten deel viel. Veltkamp nam de slogan van Baron, 'vigor, not rigor', tot leidraad in zijn inaugurale rede.

66 [Veltkamp 1961 p.16,17] *De wiskundig ingenieur* /G.W. Veltkamp (inaug. rede). TH Eindhoven, 26 mei 1961.

Het leek allemaal erg op het Delftse concept en was daarmee natuurlijk ook verwant. Desalniettemin keerde Veltkamp in zijn formulering van de tweede, door hem en Baron aangehangen visie op de opleiding vrijwel terug tot de propaedeutische functie van de wiskunde. De nadruk kwam te liggen op het vertrouwd maken met een denkwijze, kernpunt van de stille verlichtingsideologie. In zijn weergave van de eerstgenoemde, door hem niet aangehangen, visie (training in direct toepasbare deelgebieden) liet Veltkamp de wiskunde verschijnen als gereduceerd tot hulpwetenschap van de techniek, tot 'engineering mathematics'. Verschillende Amerikaanse gesprekspartners waren evenwel, net als Timman, tot een derde opvatting gekomen, namelijk een verzelfstandiging van die hulpfunctie. Veltkamp stond weliswaar dicht bij Timman in zijn visie op wiskundig modelleren, hij legde de accenten in de beschrijving van het wiskundig ingenieurwerk toch net even anders.

De teneur van een propaedeutisch opgevatte wiskunde was zeer wel verenigbaar met het perspectief van de industrie-wiskundige als consultant, naar het voorbeeld van Bouwkamp. Beide elementen verdroegen zich goed met het propaedeutisch onderwijs dat de Eindhovense wiskundigen voor de andere opleidingen te verzorgen hadden, zodat Seidel de eenheid en homogeniteit van de wiskundegroep in eerste instantie kon handhaven. Wat de visie op toepassen van wiskunde betreft en wat het concept van wiskundig ingenieur betreft, was het een stap terug – reden waarom vanuit Delft de Eindhovense opleiding als theoretisch, te theoretisch, beschouwd werd⁶⁷.

Barons gedachte een daadkrachtige ingenieurshouding bij te brengen leek Seidel en Veltkamp bij de uitwerking door de vingers te zijn geglipt. Dat kon gemakkelijk gebeuren bij de nogal klassieke keuze van college-onderwerpen die Baron had voorgesteld, een keuze die ze dan ook niet volgden. Ze volgden wel de gedachte zo'n houding los van de inhoud van de colleges bij te brengen. Baron had impliciet wel aangegeven hoe hij de relatie tussen houding en vakken pas in het laboratorium gelegd zag. Een beginnend onderzoeksmedewerker moest bij hem eerst onder meer het Operations Research leerboek van Morse en Kimball⁶⁸ doorwerken.

Seidel had tevoren een leerstoel voor een numericus en één voor een deskundige in stochastiek en statistiek een *conditio sine qua non* voor de wiskundig ingenieursopleiding genoemd. Baron verwees hier evenwel naar een stijl van Operations Research die de ingenieurshouding al in zich droeg en die in Neder-

67 De Delftse houding ten opzichte van Eindhoven kwam onder meer tot uiting in de positieve reactie op de plannen voor een wiskundig-ingenieursopleiding aan de TH Twente [Sorgdrager 1981 p.182].

68 [Morse/Kimball 1951] *Methods of Operations Research* /P.M. Morse and G.E. Kimball. New York: Wiley, 1951 (orig. Report to National Defense Research Committee, Washington D.C., 1946).

land niet in deze vorm gedoceerd werd. In de academische wereld werden besliskunde, stochastische processen en waarschijnlijkheidsrekening en dergelijke onderwezen met nadruk op de mathematische inhoud. Wat Baron bedoelde, was een Operations Research gericht op bedrijfskundige⁶⁹ toepassing. Kosten stond in zijn Delftse colleges wel enigszins open voor deze richting, maar drong er niet echt in door. Timman had het met grote stelligheid buiten het wiskundig-ingenieurskader gehouden.

In de ogen van Veltkamp⁷⁰ was deze praktijkgerichte Operations Research een van de voornaamste ontdekkingen van de studiereis. Seidel en hij hadden waargenomen dat het in de Verenigde Staten op verscheidene plaatsen mogelijk was om in dat vak af te studeren. Aan het Case Institute of Technology bestond zelfs sinds 1951 een studierichting Operations Research onder leiding van R.L. Ackoff. Het Shell-Laboratorium in Emmerlyville, waar Baron werkte, had binnen de afdeling Toegepaste Wiskunde een sectie Operations Research en, wat interessanter was voor Seidel en Veltkamp, de toonaangevende groep binnen Shell op dit gebied zou in het Amsterdamse Shell-Laboratorium actief zijn.

7.3.c Benders' 'praktijk'

J.F. Benders was een van die bijzondere Operations-Research-mensen van het Amsterdamse laboratorium. Hij had wel oren naar Seidels verzoek om in Eindhoven een 'bedrijfsrichting' binnen de wiskundig ingenieursopleiding gestalte te geven. Dat hij niet meteen in 1961 kwam, was omdat hij vakhoogleraar wilde zijn, niet op wilde gaan in Seidels homogene groep. De strijd ging om de erkenning van een specialisatie 'Bedrijfswiskunde' of 'Bedrijfsproblemen'. Deze woorden 'moeten ruim worden opgevat. Bedoeld zijn telkens die wiskundige problemen en methoden die momenteel onder de naam "Operational Research" worden samengevat'⁷¹. Benders kwam aanvankelijk als buitengewoon hoogleraar. Toen hij vervolgens gewoon hoogleraar werd, kreeg hij medewerkers en de ruimte om een eigen groep op te bouwen. Vakgroepen stond Seidel niet toe binnen de onderafdeling wiskunde, zelfs geen werkgroepen, daarom kwam er een commissie, Commissie Stochastiek en Operations Research, COSOR.

'Praktijk' was het kernwoord in Benders' visie op het toepassen van wiskunde, praktijk in de zin van het geheel van probleemoplossende activiteiten waartoe het werk van de wiskundige in diens feitelijke beroepsuitoefening in het bedrijfsleven zou behoren. In het onderwijs verwees een practicum naar die praktijk.

69 Het woord 'bedrijfskunde' was er inmiddels, een studierichting bedrijfskunde in Nederland nog niet.

70 Interview G.W. Veltkamp, 22-4-1988.

71 Discussienota van J.F. Benders aan J.J. Seidel, 1 november 1961. Archief TUE.



J.F. Benders, OR-specialist in het Amsterdamse BPM-lab, zou in Eindhoven de wiskundig ingenieursopleiding completeren met een meer bedrijfskundige oriëntatie.

'Hij [de wiskundig ingenieur] moet zijn werkterrein [...] niet in de wiskunde zelf gaan zien. Deze instelling tegenover de wiskunde en de praktijk kan slechts verkregen worden via een zorgvuldig georganiseerd en geleid practicum.

Als ik zelf voor bovengenoemde taak geplaatst zou worden, dan zou ik het practicum baseren op een uitgebreid research programma op het gebied van toepassing van wiskunde, uit te voeren in samenwerking met een staf van medewerkers. Deze research zou omvatten:

- a. de evaluatie van in de literatuur voorkomende wiskundige methoden, zowel wat betreft theoretisch, numerieke als praktische aspecten;
- b. het ontwikkelen van wiskundige methoden waaraan op bedrijfsgebied behoefte bestaat of in de niet te verre toekomst zal bestaan;
- c. het onderhouden van contacten met de praktijk om de wiskundige structuur van bedrijfsproblemen te leren kennen, voor het verkrijgen van realistische testvoorbeelden om de praktische waarde van voorgestelde methoden te onderzoeken en om propaganda materiaal beschikbaar te hebben bij de "verkoop" van bruikbaar bevonden methoden.⁷²

Benders kon zijn inzet in de loop van de jaren zestig realiseren in een uitdijend onderzoeksprogramma en in de bedoelde afstudeervariant, die aanzienlijke aantallen afstudeerders trok en navolging vond in Delft en in Twente. Het spiegelbeeld van deze specialisatie ontwikkelde Monhemius in de afstudeerrichting

72 Ibidem. Als onderzoeksthema's noemde Benders statistische technieken, stochastische problemen en optimaliseringsproblemen. In een interview, 8-1-1987, gaf hij 'optimalisering' als algemeen gezichtspunt voor de bijdrage van de wiskunde aan bedrijfsproblemen.

Kwantitatieve Bedrijfskunde in de Afdeling Bedrijfskunde van de TH Eindhoven. Benders zelf was zo'n professor waar Baron voor gepleit had, die zijn afstudeerders meenam naar de industrie. Het verst reikende gevolg van zijn inbreng was echter dat het wiskundig modelleren expliciet in het lesrooster verscheen, modelleren opgevat als procedure voerend van 'praktijk' via wiskunde terug naar 'praktijk'. Het 'modellenpracticum' werd in 1971 in de Eindhovense wiskunde-propaedeuse opgenomen.

In hun eerste ontwerp voor een eigen propaedeuse in 1965⁷³ hadden THE-wiskundigen zich nog puur op de natuurkunde, mechanica en elektrotechniek georiënteerd. Wel keerden ze de relatie tot de technische wetenschappen om.

'naast zuivere en toegepaste wiskunde dienen die vakken onderwezen te worden die de toepasbaarheid en de toepassingen zo goed mogelijk illustreren'.

Echter:

'Iedere aan een T.H. opgeleide wiskundig ingenieur dient een goed inzicht te hebben in de natuur- en technische wetenschappen, zelfs indien hij later in bedrijfskundige richting wil specialiseren'⁷⁴.

In 1971 drong via dat modellenpracticum niet alleen de andere leerstof, maar vooral de radicaler toepassingsgerichte houding door in de propaedeuse. De toepassingsgerichtheid werd van een impliciete intentie in de opleiding, hooguit zichtbaar in de afstudeerfase, tot een aanwijsbaar programma-onderdeel.

Voor het concept van de wiskundig ingenieur was de volwaardige opname van Operations Research van doorslaggevende betekenis. Het college-aanbod breidde zich uit, maar dat was in vergelijking met de aanduidingen in de Delftse studiegids geen opvallende vernieuwing. Belangrijker was dat, uitdrukkelijker dan in Delft, naast researchproblemen ook bedrijfsorganisatorische vraagstukken als het voorland van de wiskundig ingenieur beschouwd werden. De wezenlijke verandering, ten slotte, bestond erin dat beide typen vraagstukken, in de vorm waarin ze zich in 'de praktijk' voordeden, als opgave voor de wiskundige gesteld werden. Dit hield in dat de bedrijfscontext van het probleem in principe in de beschouwing werd betrokken en dat de wiskundige een aandeel had in het voltrekken van de kwantificatie die het gebruik van wiskunde middelen eerst mogelijk maakt.

Benders' visie op wiskundig modelleren verschilde niet wezenlijk van die van Van Dantzig of Timman. Toepassen in de Operations Research dwong er echter toe om de hele modelleercyclus, van praktijk tot wiskunde en terug, be-

73 In Delft gebeurde dit iets eerder en in twee stappen.

74 'Verslag van de commissie-studieprogramma WSK – januari 1965' d.d. 10-2-1965. Archief Fac. Wsk en I. TUE, dossier 04.10.10.

wust uit te voeren. Timman en al degenen die voortkwamen uit de onderwereld van Biezeno, hadden in hun intentie wiskunde bruikbaar te maken telkens de kwantificatie, of *mathematisering*, van de opgave kunnen vooronderstellen. Dat relatieve gemak kende men in de gemiddelde Operations-Research-toepassing niet. Het behandelen van de extra stap, het in principe rekening houden met het ongemak van het nog moeten kwantificeren, was de bijzonderheid van de Eindhovense COSOR-groep. Zo zag Seidel, die zelfs van Timmans denkbeelden een stap terug had genomen, zijns ondanks in zijn onderafdeling een concept van toepassinggerichtheid tot volle ontplooiing komen.

In de ingenieursopleidingen van de Rijksuniversiteit Groningen en van de Technische Hogescholen vond deze algemene versie van toepassingsgerichte wiskunde navolging. De Technische Hogeschool Twente keerde relatief snel terug van het idee de wiskunde en de hoogleraarsbenoemingen te spreiden over de afdelingen. Ze realiseerde in 1970 onder aanvoering van P.J. Zandbergen een baccalaureaatsopleiding én een wiskundig ingenieursopleiding die dezelfde breedte had als de Eindhovense, met een fysische, een technische en een bedrijfskundige variant, maar qua inslag toch weer dichter bij Timmans denkbeelden stond. De openheid naar alle mogelijke gebieden van gebruik bleef gehandhaafd en daarmee werd de toepassingsgerichtheid, dus inclusief het eventueel moeten kwantificeren, ten volle gerealiseerd.

Aan de universiteiten gebeurde dat in veel mindere mate. Van Dantzig bijvoorbeeld aan de Universiteit van Amsterdam had nog gedetailleerder dan Timman of Benders het wiskundig modelleren doordacht en uitgewerkt, in een concept van statistische consultatie. Bovendien leidden diens leerlingen, zoals Hemelrijk, De Leve en Zoutendijk, grote aantallen statistici en besliskundigen op. Toch kwam het aan de universiteiten, in tegenstelling tot de TH's, niet tot een fusie met de klassieke toegepaste wiskunde en kreeg het wiskundig modelleren er niet op zichzelf gestalte in een opleiding.

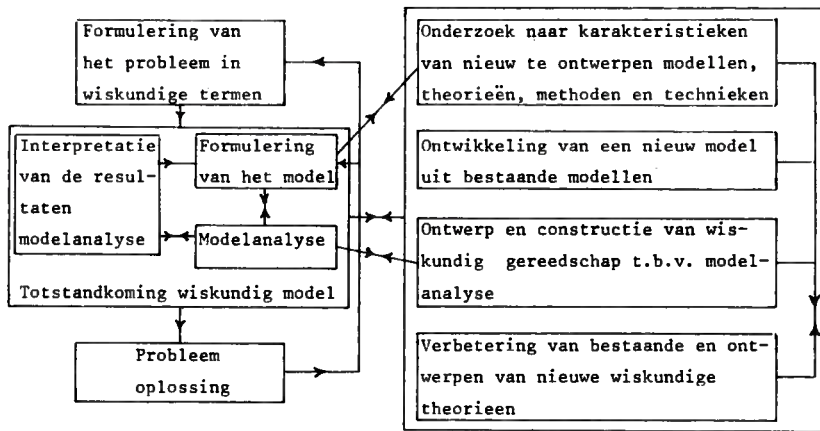
De realisaties van het concept van wiskundig ingenieur wisselden natuurlijk in diepgang en in breedte, maar in de zin dat er niets praktischer zal zijn dan de praktijk was het concept voltooid. Verder dan 'de wiskundige structuur van bedrijfsproblemen te leren kennen' kan men op deze weg niet gaan⁷⁵.

75 Over de vorm waarin deze kennis wordt gegoten en beschikbaar gemaakt, is daarmee niets gezegd. Voor een deel kan hij verzelfstandigd worden in automatische techniek, maar dat is een ander verhaal met een eigen dynamiek – reden waarom hier de aanzetten tot de informatica nadrukkelijk buiten beschouwing zijn gebleven.

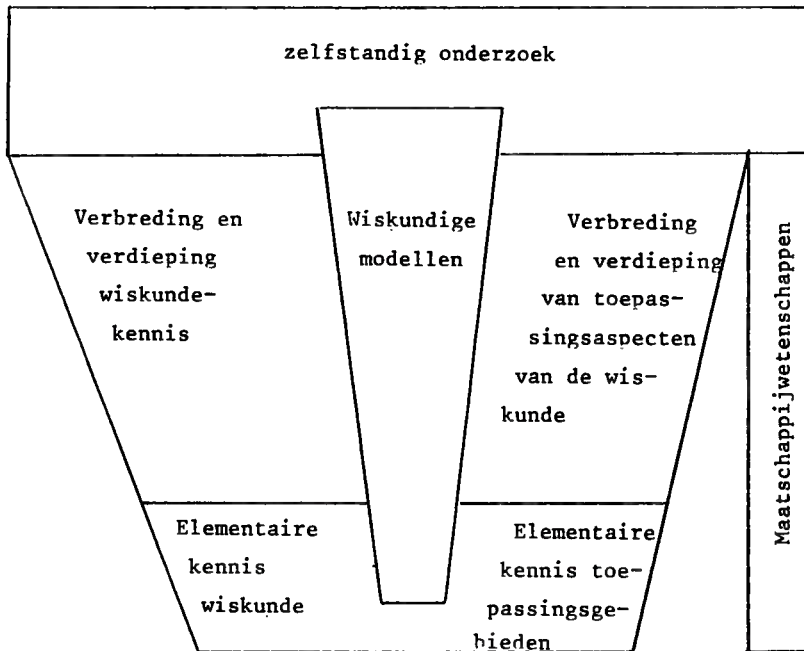
Jaren van berekening

Figuur 7.5: Het beeld van de praktijk en de opleiding van de Wiskundig Ingenieur als resultaat van de gezamenlijke herziening in 1974, uit [Opleiding 1974: pp.5;16]

7.5a: 'De beschrijving van het werkteerrein van de ingenieur kan als volgt worden samengevat'



7.5b: 'Schematisch overzicht van de Wiskundig Ingenieursopleiding'



Bij de gemeenschappelijke herziening door de drie TH's van het onderwijsprogramma voor wiskundig ingenieurs in 1972-1974 werd inderdaad het wiskundig modelleren in zijn volle omvang, als de procedure reikend van praktijk tot wiskunde en terug, centraal gesteld als de karakteristieke werkwijze van de wiskundig ingenieur.

Niet alleen was het wiskundig modelleren de nieuwe en algemenere vorm van toepassen van wiskunde, de wiskundig-ingenieursopleiding was hierin de opleiding bij uitstek.



Acht

Omslag in de wiskunde-beoefening

Van de veranderingen in de naoorlogse wiskunde-beoefening was de introductie van het wiskundig modelleren verreweg de belangrijkste. Dit modelleren, immers, plaatste de wiskunde-beoefening als zodanig in een nieuw daglicht; het was de uitdrukking van een gewijzigde opvatting van het vak. De wijziging in beroepsuitoefening, de professionalisering en de wending naar de toepassingen, en de vakinhoudelijke veranderingen waren door het wiskundig modelleren met elkaar verbonden. Achteraf bezien is over dat wiskundig model verrassend weinig ophef gemaakt. De uiteenlopende pogingen om tot een adequaat begrip van de veranderende rol van de wiskunde te komen, het tentatief gebruik van de verschillende termen, riepen betrekkelijk weinig strijd of protest op. Het zoeken stabiliseerde zich in 'wiskundig model'. Toch waren de wijzigingen in vorm en inhoud van de wiskunde-beoefening die ermee samenhangen, ingrijpend genoeg om van een omslag te spreken. Deze omslag is het onderwerp van dit hoofdstuk.

Daarmee vat dit hoofdstuk de conclusies met betrekking tot de wiskunde-beoefening samen. De Wiskundig Ingenieursopleiding en het Mathematisch Centrum waren institutionele uitdrukkingen van de omslag, precies daarom zijn ze zo interessant. De op conceptueel niveau afwezige strijd speelde zich plaatsvervangend af rond deze instellingen.

Dat de wijziging in uiterlijk en de vakinhoudelijke verandering op elkaar betrokken waren, is niet zo'n wonder. Het bijzondere was de aanwezigheid van een element dat beide lagen expliciet met elkaar verbond, het wiskundig modelleren. Het betoog van dit hoofdstuk volgt al concentrerend de verbindingslijn. Het begint bij de uiterlijkheden van de beoefening, die niet zo heel erg specifiek waren voor de wiskunde, en richt de aandacht steeds nader op de inhoud

van het vak, via de vormen van bruikbaarheid naar het kernpunt: wiskundig modelleren. Zo komen de instellingen gaandeweg pregnanter naar voren. Men mag dit lezen als (drie) opeenvolgende interpretatielagen: datgene wat de handelingen en instituties tot uitdrukking brengen, toont bij nadere interpretatie een steeds nauwere band met het wiskundig denken. Uiteindelijk was immers, zoals zich in hoofdstuk 2 aankondigde, de verhouding tussen wiskunde en werkelijkheid in het geding; daarin voltrok zich bij de introductie van het wiskundig modelleren een omslag.

De emancipatie van de wiskunde, rond 1800, had duidelijk gemaakt wat wiskunde eigenlijk is. Vanuit het geheel van wiskundig denken had zich een scheiding der geesten voltrokken. De wiskunde, zuivere en toegepaste wiskunde, had zich verzelfstandigd en afgewend van de traditie van mathematiseringsstreven. In het midden van de twintigste eeuw, nu, hervond het wiskundig denken zijn eenheid. Wiskundig modelleren was het bindmiddel. Had de emancipatie duidelijker doen uitkomen wat wiskunde eigenlijk is, het herstel van de eenheid toonde waar het wiskundig denken eigenlijk voor dient.

De herwonnen eenheid begon zich na 1945 af te tekenen in de praktijk van de Nederlandse wiskunde-beoefening. De term 'beoefening' drukte het besef uit een vak te beoefenen, en dit besef was het meest basale kenmerk van het zelfbegrip van de wiskundige na de oorlog. Anders dan de 'gehele wiskunde' of 'mathesis universalis' van vóór de emancipatie was de herwonnen eenheid een aardse activiteit, er werd niet slechts een muze gediend. Nu gold, ook voor de zuivere wiskunde, wat ooit al voor de *geometrica practica* en de *arithmetica practica* had gegolden: ze werd beoefend. Nu was het 'doing mathematics', 'uit plezier, ook uit plichtsbesef'¹.

Binnen deze wetenschap, nu begrepen als beoefend vak, konden de beoefenaren ook hun begrip van toepassen herzien. De wiskundigen verlegden het van distinctie tussen objectgebieden naar onderscheid in houding bij het beoefenen. Dat was ook de belangrijkste portee van de conferenties die zich in de jaren veertig en vijftig op het thema toegepaste wiskunde richtten. 'Applied mathematics is a matter of motivation, of attitude [...]', zoals Joachim Weyl het formuleerde². De initiatieven die in de voorgaande hoofdstukken werden beschreven, betroffen dan ook minder een objectgebied dan een houding: toepassingsgerichtheid. De doorbraak van de toegepaste wiskunde in de jaren veertig

1 [Corput 1946b p.24] 'Het Mathematisch Centrum en het Middelbaar Onderwijs' /J.G. van der Corput (Toespraak 6e Congres Leraren Wis- en Natuurkunde, 1946). In: *Simon Stevin* 1946 pp.21-30.

2 [Proceedings 1954 p.6] *Proceedings of a Conference on Training in Applied Mathematics* (held at Columbia University, New York City, 22, 23, 24 october 1953; sponsored by the American Mathematical Society and the National Research Council). Washington: NRC, 1954.

bracht niet de klassieke toegepaste wiskunde als zodanig sterker op de voorgrond, maar juist de relativering daarvan in het wiskundig modelleren. En ook de bredere en diffusere stroom van het eertijds buitengesloten streven naar mathematisering resulteerde in steeds uitdrukkelijker wiskundige formuleringen. Ook deze traditie mondde uit in wiskundig modelleren. Van twee kanten werd een fundamentele omkering aangereikt in de relatie van wiskunde en werkelijkheid. Het model was niet een afbeelding van de werkelijkheid, maar een uitbeelding van een visie op die werkelijkheid, voor sommigen een uitbeelding van een axiomastelsel. Dat de kunst niet de werkelijkheid afbeeldt maar deze zichtbaar maakt, zoals Paul Klee stelde, kan evenzeer over het wiskundig modelleren worden gezegd – modelleren en moderne kunst delen hierbij overigens de pretentie de diepere lagen van de werkelijkheid bloot te leggen.

Het herziene vakinhoudelijk zelfbegrip hing nauw samen met een hernieuwd maatschappelijk zelfbegrip van de wiskundigen. De zelfgenoegzaamheid van de wiskundigen was in de jaren dertig op de spits gedreven en riep als het ware haar tegendeel, dienstbaarheid, op. Hardy's *Apology* en de aanvankelijke houding van de Delftse wiskundigen appeleerden aan een ethos dat juist niet meer vanzelf sprak³. Na de oorlog zetten de oprichters van het Mathematisch Centrum zich inderdaad dankbaar af tegen de 'ivoren toren mentaliteit'. De leidende figuren, zelfs binnen de zuivere wiskunde, verkondigden de maatschappelijke dienstbaarheid. Als wiskundigen waren zij maatschappelijk bewogen – een opvatting die de individuele toewijding aan het vak overstijgt en erom vraagt om institutioneel tot uitdrukking gebracht te worden. De Mathematische Instituten aan de universiteiten waren zulke institutionalisering van het beoefenen van wiskunde, evenals het Mathematisch Centrum en de opleiding tot Wiskundig Ingenieur. Centrum en opleiding gaven meer in het bijzonder uitdrukking aan het idee van maatschappelijke dienstbaarheid. Het Mathematisch Centrum dekte met zijn activiteiten het hele scala van het op de wiskunde zelf gerichte onderzoek, via het rekenend toepassen tot het wiskundig modelleren in de mathematische statistiek. Met name voor de mathematische statistiek was het in vergelijking met andere landen – de Nederlandse doorbraak van het vak op dat moment was allerm minst uniek – bijzonder dat de wiskundigen zich ermee bemoeiden. Zo hervond in het Centrum de wiskunde-beoefening althans voor een deel haar eenheid.

Aanvankelijk stonden zelfs binnen de oriëntatie op toepassingen de resultante van de traditie van geëmancipeerde wiskunde en de uitkomst van de mathematiseringstraditie los naast elkaar, hoezeer ook beide het wiskundig model-

3 Over Delft: §7. I.a; Hardy *verwoordde* het van de wereld afgewende ethos van de zuiver wiskundige, juist omdat het niet meer *vanzelf sprak*. Het was een verdedigingsrede. [Hardy 1940] *A Mathematician's Apology* G.H. Hardy. 1940¹; repr. ed. with a foreword by C.P. Snow: Cambridge: Cambridge University Press, 1967.

Jaren van berekening

leren boden. De rekenende analytici en de mathematisch statistici van het Mathematisch Centrum spraken elkaar nauwelijks. In Delft was het niet anders. De wiskundigen herijkten hun zelfbewustzijn in het beoefenen van wiskunde in traditionele stijl, alvorens ze de ruimte vonden voor toepassingsgerichte initiatieven. En toen het zover was, begonnen de organisatoren van de wiskundig ingenieursopleiding met numerieke analyse, dat wil zeggen met de rekentechnische uitbreiding van de klassieke 'toegepaste wiskunde'. Met de Vereniging voor Statistiek bijvoorbeeld zochten zij aanvankelijk geen contact. De wederzijdse erkenning van beide tradities kreeg pas later haar beslag. De Eindhovense variant van het Delftse concept was daarvan in Nederland de eerste duidelijke uiting. Het centraal stellen van het wiskundig modelleren in de opleiding, rond 1970, was het uiteindelijk bewijs van de herwonnen eenheid van het wiskundig denken.

De omslag in de wiskunde-beoefening lijkt aldus een herstel van het geheel van wiskundig denken te hebben ingeluid. Niettemin gaf de omslag in de eerste plaats een grotere verscheidenheid aan verschijningsvormen te zien, met nieuwe beroepsperspectieven (§8.1) en uiteenlopende gestalten van maatschappelijke dienstbaarheid (§8.2). Het wiskundig modelleren zelf, de verwerkelijking van de bruikbaarheid van de wiskunde, wijst op een algemeen patroon in de verscheidenheid (§8.3).

8.1 Wijzigende beroepspraktijk

Vóór 1945 waren het leraren, hoogleraren en verzekeringswiskundigen die hun brood verdienden met wiskunde. Nadien verruimden zich de mogelijkheden met de beroepen van researchwiskundige, organisatiewiskundige en wetenschappelijk medewerker. Elk van deze richtingen kende opvallende voorlopers.

J.J. Dronkers trad in 1934 in dienst van Rijkswaterstaat. Hij werd er aangenomen bij de Studiedienst voor de Benedenrivieren als wiskundige en met de bedoeling dat hij wiskundige zou blijven. R. Timman kwam in 1939 bij Fokker, promoveerde in 1946 op onderzoek dat hij in Fokkertijd had verricht, ging in 1945 als wiskundige naar Shell en in 1946 naar het Nationaal Luchtvaartlaboratorium. Kennelijk behoorde een carrière als *researchwiskundige* in de jaren veertig tot de mogelijkheden. De oprichters van het Mathematisch Centrum noemden de voorbereiding op zo'n carrière als een van hun motieven. Afgezien van de cursus 'Wiskunde en Research', georganiseerd op instigatie van dezelfde Dronkers, kwam daar overigens niet veel van terecht. Bij de opleiding tot Wiskundig Ingenieur was de voorbereiding op een carrière als researchwiskundige juist het hoofdmotief.

De wiskundige P. de Wolff ging van het CBS, bureau voor conjunctuuronderzoek, naar Philips, bij Goudriaan, vandaar naar het Statistisch Bureau van de Gemeente Amsterdam en daarvandaan naar het Centraal Planbureau waar hij Tinbergen opvolgde als directeur. Zijn carrière is exemplarisch voor het beroep van *organisatiewiskundige*. De verzekeringswiskundige en de wiskundige statisticus kunnen onder dit beroep begrepen worden. Het Mathematisch Centrum verloor weliswaar in januari 1947 zijn allereerste medewerker, de assistent mathematische statistiek J. de Jager, aan de Sociale Verzekeringsbank, toch stond de organisatiewiskundige aanvankelijk vrij ver bij de academische wiskunde vandaan. De geleidelijke toenadering laat zich aflezen aan de opleidingen. De cursussen van de Nederlandse Stichting voor Statistiek dateerden uit de oorlog en werden in 1945 herzien. Van Dantzig en Dalmulder verzorgden in 1946/1947 de kadercursus statistiek van de VVS. Later volgden de universitaire afstudeerrichtingen in het Actuarieat en in de Econometrie, de cursus Operations Research/leergang Besliskunde van het Mathematisch Centrum en ten slotte de Eindhovense aanvulling op de wiskundig ingenieursopleiding.

A. Heyting volgde het gewone vooroorlogse carrièrepad en was wiskundeleeraar, toen hij promoveerde bij Brouwer. D. van Dantzig echter was assistent aan de TH bij Schouten, tot hij er lector werd en later hoogleraar. Aan het Mathematisch Centrum – en deze kadervorming was hier een hoofddoelstelling – werd de positie van onderzoeksmedewerker gecreëerd; in Delft die van instructeur, onderwijsmedewerker. Tussen leraar en hoogleraar ontstond een aantal nieuwe functies. *Wiskundeleeraar* was reeds een apart beroep, met eigen opleidingen naast de universitaire studie (de MO-Aktes), eigen tijdschriften en verenigingen. In de jaren vijftig begon het kleine beetje verzuildheid in dit be-

roep te verdwijnen, kwam de vakdidactiek tot ontplooiing en werd de overstap naar de andere beroepen van de wiskundige ongebruikelijk.

In de plaats van de enkele mogelijkheid van een positie als hoogleraar kwam het beroep van academisch wiskundige, of *wiskundig wetenschapper*, met een geheel eigen carrièremogelijkheid.

De drie functies bij één opleiding van voor 1945 werden vervangen door een viertal betrekkelijk gescheiden beroepen: researchwiskundige, organisatiewiskundige, leraar en wetenschapper. Bij deze beroepen tekenden zich gemeenschappen af.

Het tijdschrift *Euclides*, eigenlijk gericht op de didactiek van de wiskunde⁴, had zich in de jaren dertig ontpopt tot huisorgaan van de Nederlandse wiskundige gemeenschap, de plaats waar redes, personalia en in memoriams verschenen. Deze positie kon het blad in de late jaren vijftig niet meer handhaven. Het werd een echt didactiektijdschrift en de herdenkingsartikelen verschenen in het *Nieuw Archief voor Wiskunde*, van het Wiskundig Genootschap, of in *Statistica Neerlandica*, van de Vereniging voor Statistiek.

Het Wiskundig Genootschap was het tegendeel van een beroepsvereniging⁵ en was de grote afwezige in de hier beschreven professionaliseringstendens. Het was de traditionele ontmoetingsplaats van de liefhebbers van de wiskunde en bleef dat – de zaterdagmiddagbijeenkomsten verdwenen in 1958 ten gunste van een mededelingenblad en een jaarlijks congres – voor degenen voor wie wiskundige nog altijd meer een zijswijze dan een beroep was, primair voor de academische wiskundigen. De andere groepen zochten hun herkenning elders.

De verzekeringswiskundigen waren van oudsher lid van het Wiskundig Genootschap en leverden per traditie een bestuurslid. Ze onderhielden daarnaast al langer, net als de leraren, hun eigen tijdschrift en vereniging. Ze doopten in 1947 hun vereniging om tot Actuariel Genootschap en gingen met het instellen van een eigen afstudeerrichting in 1948 definitief hun eigen weg. Naar de aard van de erin beoefende wiskunde was het actuaariaat organisatiewiskunde, als groep stonden de verzekeringswiskundigen op zichzelf. De organisatiewiskundigen in ruime zin profileerden zich het duidelijkst van de vier beroepsgroepen. Zij richtten op 16 augustus 1945 de Vereniging voor Statistiek op en publiceerden in *Statistica* hun wetenschappelijke-, beschouwende- en overlidensberichten. Opvallend is het grote aantal professie-definiërende artikelen in de eerste jaargangen van dit blad. Hier waren het overigens niet in de eerste

4 *Euclides. Tijdschrift voor de didactiek der exacte vakken* was in 1924 ontstaan als *Bijvoegsel van het Nieuw Tijdschrift voor Wiskunde gewijd aan onderwijsbelangen* en na drie jaargangen een eigen leven gaan leiden. Het *Nieuw Tijdschrift voor Wiskunde* was in 1913 opgezet om studerende voor de aktes, dat wil zeggen het niet-academische publiek, te bedienen.

5 Het Wiskundig Genootschap zou zich in 1986 aansluiten bij de koepel van *beroepsverenigingen voor de bèta-wetenschappen*.

plaats wiskundigen, maar bedrijfsstatistici en statistisch adviseurs die zich verenigden en aansluiting zochten bij de wiskunde.

De researchwiskundigen daarentegen verenigden zich niet: hun groep was klein en hun status en stijl stond dicht genoeg bij die van de academische wiskundigen om in de marge van het Wiskundig Genootschap te blijven functioneren. Slechts in Duitsland hadden de researchwiskundigen zich reeds voor de oorlog georganiseerd in de GAMM, Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (1922). De Amerikaanse (SIAM), Franse (SMAI) en Engelse (IMA) tegenhangers dateren van dezelfde periode waarin Timman en Koiter het Wiskundig Genootschap verzochten een sectie Toegepaste Wiskunde in te stellen, 1955. Het antwoord was positief, maar kreeg bij gebrek aan eensgezindheid van de vragers geen vervolg. Timmans Instituut voor Toegepaste Wiskunde en de opleiding tot Wiskundig Ingenieur waren wel ten duidelijkste gericht op dit ene beroep, de bijbehorende gemeenschap had weinig profiel.

Enkelen onder de wiskundige wetenschappers organiseerden zich wel met andere wetenschapsbeoefenaars in de VWO, de Vereniging van Wetenschappelijk Onderzoekers. Specifiek voor de wiskunde leverde dit echter geen herkenbare organisatievorm op.

Gezien het zelfbegrip een vak te beoefenen en gezien de kenmerken van zich vormende gemeenschappen is het toepasselijk hier van beroepen te spreken. De scheidslijnen tussen de vier zijn vakinhoudelijke en sociale, maar bovenal onderscheidingen in de manier waarop de wiskunde wordt beoefend. Hoewel het gemeenschappelijk kenmerk van professionalisering belangrijker is dan de verschillen, is de ontwikkeling van het leraarsberoep – waar professionalisering een pedagogische reflectie betekende – hier verder buiten beschouwing gelaten. De elementen van de opkomst van het, aldus drievoudige beroep van wiskundige worden hieronder samengevat onder de gezichtspunten van organisatie, stijl en onderwerpkeuze.

8.1.a Organisatie

Het accent van de omslag in de wiskunde-beoefening lag op de toepassingsgerichtheid. Er kwamen nieuwe activiteiten bij. De wijziging in beroepsopvatting strekte zich evenwel ook uit tot de bestaande hoofdstroom van zuiver wiskundig onderzoek.

Bij alle belijdenis van maatschappelijke dienstbaarheid ging het zuiver wiskundig onderzoek betrekkelijk onaangedaan voort, zelfs op groter schaal, in nieuwe organisatorische kaders en nu met extra legitimatie. Het eerste voorjaarsrooster van het Mathematisch Centrum voor 1947 ontlokte Koksma's leerling en collega Grosheide bij terugblik opmerking 'dat met Van der Corput

ook de getallentheoretische school van standplaats veranderde⁶. Juist de continuïteit in de inhoud van de zuivere wiskunde laat evenwel de wijziging in de beoefening uitkomen. Het bestaan van het MC was een nieuw gegeven en het voorjaarsrooster was op zichzelf een teken van verhoogde activiteit. Wat er op het rooster stond, gaf een nadere aanduiding van vernieuwing. Het vermeldde bezoek uit het buitenland en toonde de activiteit van een nieuwe categorie wiskundigen, de medewerkers, onderzoeksmedewerkers, van het Mathematisch Centrum.

De universiteiten bleven niet achter. De Universiteit van Amsterdam had al een Mathematisch Instituut, de Delftse Afdeling Algemene Wetenschappen richtte er één in in 1946 en de overige natuurwetenschappelijke faculteiten volgden in de jaren vijftig. Het eerste doel van zo'n instituut was het zichtbaar maken van – ook letterlijk met briefpapier en rapporten – en ruimte scheppen voor zuiver wiskundig onderzoek.

De afzonderlijke aandacht voor onderzoek, de schaalvergroting en de expliciete organisatie, waren een afspiegeling van de algemene trend, die was ingezet in de jaren dertig, om wetenschap te zien als 'national resource'. Men stelde zich de opdracht van 'organization and management of research'⁷ en vervulde die door lokale initiatieven en door MC, FOM en ZWO op te richten. Het complement van deze visie op de maatschappelijke betekenis van het vak was een gewijzigd zelfbegrip: wiskunde als een beoefend vak, een eventueel in maatschappelijk perspectief beoefend vak. En precies dit nieuwe zelfbegrip uitte zich in georganiseerdheid op de schaal van instituten en onderzoeksgroepen.

De belangrijkste organisatorische verandering buiten de academische wiskunde was dat binnen instellingen als Rijkswaterstaat en het Nationaal Luchtvaartlaboratorium research werd verricht onder de noemer wiskunde. Wiskundigen als Dronkers bij Rijkswaterstaat, Timman bij Fokker, Shell en NLL, N.G. de Bruijn bij Philips' Natuurkundig Laboratorium in 1944-1945 en B.L. van der Waerden bij Shell van 1945 tot 1948, voerden nu het wiskundig onderzoek uit dat voorheen, als het al gedaan werd, onder een andere noemer door fysici en ingenieurs was gedaan, zoals door Van Veen, Thijsse en Schönfeld in de waterloopkundige techniek, door Burgers en Biezeno in de Delftse mechanica, door Van der Pol en Bouwkamp in de industriële research bij Philips. De meeste omstanders beschouwden trouwens Bouwkamp, gepromoveerd bij de fysicus Zernike in Groningen, als een wiskundige. Het algemene geval was natuurlijk dat zulk onderzoek voorheen niet gebeurde, eenvoudig omdat de betreffende

6 [Grosheide 1965] 'In memoriam J.F.Koksma' /G.H.A.Grosheide Fwzn. In: *Jaarboek VU*. Amsterdam: VU, 1965.

7 [Sizoo 1987] 'Organisation and management of research' /G.J. Sizoo (interview door G. Alberts). In: [Zij mogen 1987 pp.98-103] *Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarlozen* /G. Alberts, F. van der Blij, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1987.

vragen niet in wiskundige vorm gesteld werden. De wiskunde kwam erbij, als overhead. Speciaal het toenemend rekenwerk concentreerde zich onder aanduidingen als wiskundige afdeling of mathematische dienst. In het algemeen was het de wiskunde als hulpwetenschap die zich verzelfstandigde, en het beroep van researchwiskundige dat zich uitkristalliseerde.

De organisatiewiskunde behandelde problemen van logistiek, efficiency en organisatie met wiskundige hulpmiddelen van statistische en combinatorische aard. Vaker dan de researchwiskunde trad ze op de voorgrond als overhead, afzonderlijk georganiseerd in bijvoorbeeld statistische afdelingen van bedrijven en in adviesbureaus, maar meestal juist niet onder de noemer wiskunde. Het grootste deel van de organisatorische verandering in verband met de opkomst van de organisatiewiskunde vonden buiten de wiskundige gemeenschap plaats, ook al leverden de wiskundigen inhoudelijke en bestuurlijke bijdragen.

Zowel in de researchwiskunde als in de organisatiewiskunde was het algemene patroon dat het wiskundig karakter van bepaalde kwesties aanvankelijk door niet-wiskundigen was onderkend en expliciet gemaakt, waarna zulke pioniers er dikwijls hoogstpersoonlijk voor zorgden dat wiskundigen of statistici in laboratorium of bedrijf aan de slag konden met het oog op een geheel wiskundige behandeling van een veld van technische of bedrijfsorganisatorische problemen.

8.1.b Stijl

Wiskunde laat zich zeer wel individueel en in afzondering bedrijven. Dat was ook lange tijd de overheersende gestalte van wiskunde-beoefening, gesymboliseerd door de professor die zijn 'praktijk aan huis' hield. Nog immer is het teruggetrokken en verheven zolderkamer-gebeuren een wezenlijk bestanddeel van het imago van de wiskundige. In dit licht was de vorming van Mathematisch Instituten, waar medewerkers een werkkamer hebben en spreekuur houden, een ingrijpende wijziging, een wijziging die voor de stijl van de beroepsuitoefening nog meer betekende dan voor de organisatie. Nog bij Van der Corput, toch mede-oprichter van het MC, kon men lezen dat de wiskunde primair een roeping is, 'dat hij door die wetenschap gegrepen wordt'. Bij hem daagde juist het beroepsperspectief, men bedrijft wiskunde 'uit plezier, ook uit plichtbesef'⁸.

Tegenwoordig zijn wiskundige publicaties met meer dan één auteur de regel. In de jaren twintig en dertig was J.A. Schoutens afwijken van het individualisme een grote uitzondering. Hij publiceerde samen met mensen als D.J. Struik, E. Cartan, D. van Dantzig, J. Haantjes of K. Yano. Ruim een kwart van al zijn publicaties droeg een tweede auteur, van 1930 tot 1940 waren zelfs 26 van zijn 45 geschriften gezamenlijk werk⁹. Schouten had in Delft, waar hij vanaf 1914 hoogleraar wiskunde was, een onderzoeksgroep geformeerd. Hij had

8 [Corput 1946 b p.24]

bijvoorbeeld assistentplaatsen, inviteerde buitenlandse gasten en leidde een aantal wiskundigen van formaat op. Het belangrijkste in dit verband is niet dat hij school maakte in de tensorrekening of de differentiaalmeetkunde; tenslotte had ook J.G. van der Corput in Groningen school gemaakt in de getaltheorie, net als L.E.J. Brouwer in Amsterdam in intuïtionisme en in topologie¹⁰. Het belangrijkste hier is dat in Schoutens groep wiskunde als teamwork werd beoefend. Het was de groep die in de voorste gelederen van het wetenschappelijk debat stond, dat onder wiskundigen (Ricci, Cartan, Levi-Civita) en met theoretisch fysici (Einstein, Lorentz, Ehrenfest) werd gevoerd.

Na 1945 werd de onderzoeksgroep en het wiskundig onderzoek als gezamenlijke onderneming een steeds gewoner verschijnsel. Bijzonder zichtbaar was dit in het Mathematisch Centrum, waar de Rekenafdeling en de Statistische Afdeling zich tot zeer hechte teams ontwikkelden met een hoog percentage gemeenschappelijke publicaties.

In de mate waarin de stijl van teamwork geadopteerd werd, liepen het zuiver en het toepassingsgericht onderzoek overigens sterk uiteen. Specialisatie, de tegenkant van samenwerking, deed zich nog wel over de hele linie voor. Taakverdeling daarentegen, de basis van teamwork in het toepassingsgerichte werk, kwam in de zuivere wiskunde nauwelijks voor. Ondanks de grotere zichtbaarheid, professionaliteit en collegialiteit in de Mathematisch Instituten drong in de zuivere wiskunde de samenwerking niet door tot het niveau van het onderzoek. Daar bleef de droom van de individuele genialiteit heersen, een denkbeeld waaraan een projectmatige aanpak van onderzoek wezensvreemd was. Daar lag collegiale rivaliteit meer voor de hand dan teamwork. In de jaren veertig en vijftig waren er noch in het Mathematisch Centrum, noch aan de universiteiten echte onderzoeksgroepen aan te wijzen in de zuivere of in de klassieke toegepaste wiskunde. Terwijl de wiskundigen in 1946 de eersten waren in het absorberen van de algemene stimulans voor wetenschappelijk onderzoek die van de wetenschaps*politiek* uitging, konden ze de wending naar het plannen van het wetenschaps*beleid* in de jaren zestig niet meemaken.

Naarmate het werk meer gericht was op toepassing, was het doel duidelijker omschreven en lagen taakverdeling en teamwork meer voor de hand. In het rekenwerk nam de verdeling veelal de vorm aan van arbeidsdeling. De Rekenafdeling van het MC week daarvan enigszins af door de rekenaarsters, meer dan in rekencentra elders de gewoonte was, in het researchteam te betrekken. In het

9 Vergelijk literatuurlijst in [Dijkhuis/Lauwerier 1994] *Schouten beschouwd* /B. Dijkhuis en H.A. Lauwerier (red.). Amsterdam: CWI, 1994.

10 Brouwer was veeleer een onbereikbaar voorbeeld dan een onderzoeksleider. Van der Corput was in dit opzicht een tussenfiguur: meer stimulator en voorbeeld dan samenwerker, publiceerde hij een aantal malen samen met zijn leerlingen J.F. Koksmas, J. Popken, G. Schaake en Ch. Pisot. Na 1945 stelde ook Van der Corput zich nadrukkelijk op als teamleider, van het onderzoek naar asymptotische ontwikkelingen.

daadwerkelijk toepassen was teamwork de natuurlijke werkvorm, zoals zich gemakkelijk laat begrijpen aan de hand van een korte blik op de aard van het werk.

Het gebruikmaken van wiskundige resultaten en het ontwikkelen van ter plaatse bruikbare wiskundige inzichten werd niet langer aan fysici, ingenieurs of economen overgelaten. De wiskundige was in die situatie niet degen die zich door een buitenwiskundig vraagstuk liet inspireren tot overigens autonome arbeid, zoals in Schoutens 'wisselwerking'; de wiskundig adviseur en de wiskundige in een research-team maakten het technisch of praktisch vraagstuk tot het hunne. Een vraagstuk buiten de wiskunde leverde niet zonder meer een stabiel wiskundig probleem op. Een subtiele wijziging in technisch kunnen, lichte materialen in vliegtuigen bijvoorbeeld, of in prioriteitsstelling, zoals de beslissing van J.H. Greidanus van het Nationaal Luchtvaart Laboratorium dat hij wel kon doorwerken zonder het 'veel te formidale' probleem van het trillend elliptisch draagvlak, kon het wiskundig probleem immers al ingrijpend verschuiven. Bovendien bepaalden de criteria van techniek en commercie wat een voldoende oplossing was. Dit werk dat in het algemeen tot de fundamentele research behoorde, maar vanuit de wiskunde gezien eerder ontwikkelingswerk dan fundamenteel onderzoek was, bracht een voor de Nederlandse wiskundigen in de naoorlogse jaren ongewone stijl van werken met zich mee. Het noopte de wiskundige tot nauwe en voortdurende samenwerking met zijn afnemers en tot aanpassing aan buitenwiskundige criteria en veranderlijke prioriteiten. Het teamwork is dus een wezenstrek van het werk van de researchwiskundige en de organisatie-wiskundige.

Het 'vigor, not rigor' van Veltkamp en de 'third degree methoden' van Timman verwoordden het streven om de wiskundig ingenieur op de leiden voor de in bovenstaande opzichten vereiste stijl van flexibiliteit.

8.1.c Onderwerpkeuze

Het spectrum van in Nederland bestudeerde wiskunde veranderde, doordat de toepassingsgerichte wiskunde erbij kwam. Een heel aantal nieuwe onderwerpen kreeg de aandacht, de toepassingsgerichtheid betekende bovendien een stelselmatig kiezen voor van buitenaf aangereikte thema's.

De klassieke toegepaste wiskunde, die had opgehouden per se toegepast te zijn en geleidelijk aan een gelijkberechtigde tak van de wiskunde was geworden, kreeg in Nederland weinig aandacht. Tegelijkertijd had de feitelijke toepassing van wiskunde zich uitgebreid tot ver buiten het klassieke terrein, en het scala van bruikbaar gebleken wiskunde zich uitgebreid. En op dit vlak gaven de Nederlandse universiteiten een reeks van aanvullingen te zien: colleges, leerstoelen en publicaties.

Regelmatig publiceren behoorde in het interbellum al tot de praktijk van het Nederlands wiskundig onderzoek. Afgezien van het nieuwe blad *Statistica* leverde de toepassingsgerichte aanvulling aanvankelijk maar kleine aantallen

tijdschriftpublicaties op, zij het betrekkelijk veel in verhouding tot het marginale aandeel in het universitaire personeelsbestand. Groter was het aantal rapporten, van het Mathematisch Centrum en van de industriële- en overheidslaboratoria. In de jaren vijftig volgde een reeks proefschriften van bijvoorbeeld MC-medewerkers en later van leerlingen van Timman in Delft.

Het universitaire personeelsbestand zou pas in de tweede helft van de jaren vijftig substantieel gaan groeien. Voor die tijd waren die leerstoelen die er tegen de sfeer van soberheid in gecreëerd werden, in hoofdzaak specifiek gewijd aan toepassingen¹¹. Nieuwe colleges presenteerde men graag in het perspectief van de toepassingen, ook wanneer zoals bij Van der Corput of Van Veen de inhoud de andere kant uit wees.

Binnen de bestaande instituties was de gerichtheid op toepassingen gestegen van ongezien voor de oorlog tot respectabele tweede keus; tweede keus, dat wel. De verschuiving in keuze van onderwerpen was een aanvulling. Er ging dan ook geen enkele bedreiging van uit voor de zuivere wiskunde. Het bood een welkome extra legitimatie voor de wiskunde en die werd ook benut. In de nieuwe instellingen, Mathematisch Centrum, Instituut voor Toegepaste Wiskunde en Wiskundig Ingenieursopleiding, vormden de toepassingen een hoofdmotief. Wat de publicaties en het personeelsbestand nauwelijks tonen, is het volume van het toepassingsgericht onderzoek – er werden veel en ook grote projecten uitgevoerd – en het feit dat hier de initiatiefrijke mensen aan het werk waren. Het was een gemotiveerde minderheid die het aanzien van de naoorlogse wiskunde-beoefening sterk kon beïnvloeden.

Gaf de keuze van onderwerpen een verschuiving te zien, nog kenmerkender is dat de keuzes anders tot stand kwamen. Toepassingsgerichte wiskunde legde zich stelselmatig toe op het aanleveren van direct toepasselijke resultaten. Mathematische correctheid bleef natuurlijk een randvoorwaarde, maar het doel van toepassingsgerichte wiskunde was niet primair de diepte, schoonheid of algemeenheid, die de aantrekkingskracht uitmaakten voor de wiskundigen zelf

11 In Amsterdam aan de Gemeentelijke Universiteit die van Van Dantzig in de leer der collectieve verschijnselen (mathematische statistiek), 1946, de bijzondere leerstoelen van Van der Waerden in toegepaste wiskunde, en die van Engelfriet en Campagne in het actuaariaat, 1948. In Delft de bijzondere aanstelling in de mathematische statistiek van Hemelrijk in 1952 en twee nieuwe leerstoelen in 1956, Kosten, en 1957, Cohen. In Utrecht werd Bouwkamp in 1955 benoemd en Groningen Van de Vooren in 1959, beiden in de toegepaste wiskunde.

en juist ook voor de toepassers¹²; het ging om adequaatheid aan een extern gegeven. Door de consultaties en opdrachten werden nieuwe onderwerpen gekozen. Cruciaal is echter dat de wijze van kiezen, de procedure en criteria van onderwerpkeuze in de wiskunde-beoefening, veranderde. Niet de intern wiskundige criteria gaven de doorslag, maar het externe nut.

- 12 Het niet rücksichtlos kunnen doorzetten van deze doelen verklaart voor een deel de lagere status die het toepassingsgerichte werk onder wiskundigen heeft. Ook toepassers laten zich graag voorstaan op de schoonheid van de gebruikte wiskunde. Vgl. [Engelfriet 1948 p.15,16] *De anatomie van de actuaris I*. Engelfriet. (inaug. rede UvA; ook in *Verzekeringsarchief* 27 (1948), pp.281-301); repr. ed. in *The Written Output of Johannes Engelfriet. Een anthologie van zijn werk uit de periode 1933-1978*, Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1978, pp. 1-21.
[Taylor 1956] 'An Applied Mathematician's Apology' /G.I. Taylor (address of reply after receiving the De Morgan Medal from the London Mathematical Society); repr.ed. in *The Life and Legacy of G.I. Taylor* /George Batchelor. Cambridge: Cambridge UP, 1996; pp. 260-263.

8.2 Vormen van dienstbaarheid

Brouwer bracht het wiskundig denken in verband met doelrationeel handelen in het algemeen, de sprong van doel op middel. Mannoury besprak de sociale betekenis van de wiskundige denkvorm. Zij waren uitzonderingen. In de regel begreep men voor 1945 dienstbaarheid van de wiskunde slechts als het dienen van andere wetenschappen. Welnu, in 1945 betekende dienstbaarheid maatschappelijke dienstbaarheid. Van der Corputs Assepoester sprong in veertig haar zusters Physica en Astronomie bij, in 1948 diende ze de gemeenschap.

Over de hele linie werd vanaf 1945 de wiskunde in maatschappelijk perspectief geplaatst. Van Van der Leeuws eerste brief over wiskundeleraars tot Timmans concept van de Wiskundig Ingenieur, telkens was het dienen van de samenleving een richtinggevende gedachte. En de wiskunde veranderde erdoor. De terreinen waar het wiskundig denken doordrong veranderden – zoals in hoofdstuk 5 besproken. In het proces van doordringen veranderde ook de wiskunde zelf.

Was het dienend perspectief inherent aan de toepassingsgerichte wiskundebeoefening, omgekeerd was het niet zo dat maatschappelijke dienstbaarheid was voorbehouden aan één tak of deeldiscipline van de wiskunde. Het maatschappelijk perspectief kon dan ook de boventoon voeren zonder dat er van de toepassingsgerichte wiskunde enige bedreiging uitging voor de zuivere. De toepassingsgerichte kwam erbij. Bovendien laat de geschiedenis in Delft in de jaren dertig en veertig zien dat de toepassingsgerichte wiskunde, zolang ze wel een bedreiging leek te vormen voor de traditie, met succes werd geblokkeerd. Het productiefactor-motief liet zich dus in de Nederlandse wiskunde-beoefening niet zonder het cultuurfactor-motief doorzetten.

Nu was er ook weinig om door te zetten. De vraag naar toepasbare wiskunde kwam in de jaren dertig van buiten het vak. En er was weinig reële basis voor een productiefactor-motief. In de research van bedrijven als Philips en Hazemeyer werd iets aan wiskunde gedaan. In de technisch-wetenschappelijke research van NLL en Rijkswaterstaat verwierf de wiskunde juist in dezelfde periode enige zichtbaarheid. De meest dringende vraag kwam eigenlijk uit de onderwereld van Biezeno. Op het punt van een wiskunde die dienstbaar zou zijn aan de samenleving, in concreto aan de industrie, was Duitsland het voorbeeld. Daar had zich de wereld van ZAMM en GAMM uitgekristalliseerd en daar werd in de late jaren dertig zelfs gesproken over 'Industrie-Mathematiker'. De Verenigde Staten, en dan speciaal de wiskundegroep bij Bell Labs, hadden een voorbeeld kunnen bieden, maar dit was nagenoeg onbekend.

Thornton C. Fry was sinds 1916 verbonden aan Bell Telephone Laboratories, als wiskundige. Onder zijn aanvoering kwam in 1928 de eerste wiskundige afdeling in een industriële omgeving tot stand, de Mathematical Research Department van Bell Labs. Wat Fry aan visie ontwikkelde en aan organisatie op-

bouwde voor de wiskunde in de industrie, was de Amerikaanse tegenhanger van wat Von Mises tezelfdertijd vanuit Berlijn creëerde aan visie, theorie, tijdschrift en gemeenschap. De combinatie van beide stond voor de praktische, 'Yankee Science', en de ingenieurswetenschappelijke kant van wiskunde in de industrie. Niet helemaal toevallig schreven ze allebei in de jaren twintig een standaardwerk over de toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening¹³.

In zijn klassiek geworden artikel 'Mathematicians in Industry. The First 75 Years'¹⁴ gaf Fry een karakteristiek van de wiskundige in het bedrijfsleven aan de hand van een viertal facetten van de wiskunde: wiskunde als kunst en kunde (*art*), als rekenen (*reckoning*), als gereedschap en als taal. Deze karakterisering zal ik hier gebruiken en uitbreiden.

De periode 1888-1963 overziend karakteriseerde Fry bovendien de industriële research als overheersend 'handbook engineering' van 1888 tot 1913, 'scientific research' van 1913 tot 1938 en 'teamwork' van 1938 tot 1963. De voornaamste inbreng van de wiskunde zou in die periodes achtereenvolgens juist rekenwerk, gereedschap en taal zijn geweest; taal in de zin van gemeenschappelijke taal voor de verschillende disciplines in een team. Wellicht zou Fry's periodisering aan te passen zijn voor de Nederlandse situatie, indien men zich net als Fry zou beperken tot de researchwiskundige. Het gaat hier echter niet om de periodisering en de beschouwing is niet beperkt tot de wiskunde in de research. Ik gebruik Fry's typologie. Zijn onderscheid van vier facetten van wiskunde zet ik hier in terwille van een samenhangend beeld van de gestalten van dienstbaarheid van de wiskunde-beoefening in Nederland na 1945. Anders gezegd, er zijn verschillende kanten van de wiskunde die naar voren komen in verschillende aspecten van wiskunde-beoefening, waaraan dan weer onderscheiden vormen van dienstbaarheid beantwoorden. Naar dit laatste, gestalten van dienstbaarheid, is de paragraaf hierna ingedeeld. Cruciaal punt is telkens wat het voor de wiskundige betekende, welke functie hij ten opzichte van de omgeving vervulde, wanneer een facet van wiskunde in het perspectief van de dienstbaarheid stond.

Zo hield het beoefenen van wiskunde als wiskunde, dat wil zeggen als kunst en kunde, meer in dan gewoon maar onderzoek. Het was nu een dienst aan de samenleving en dat kwam tot uiting in het doceren, uitdragen, en in het streven naar toponderzoek. Fry geeft in het voorbijgaan wel de voorbeelden, maar

- 13 [Fry 1928] *Probability and its Engineering Uses* /Thornton C. Fry. New York: Van Nostrand, 1928. [Mises 1928] *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit* /Richard von Mises. Wien: Julius Springer (*Schriften zur wissenschaftlichen Weltanschauung* Bd 3), 1928.
- 14 [Fry 1963] 'Mathematicians in Industry. The First 75 Years' /Thornton C. Fry. In: *Science* 143 (1963), pp. 934-938. Vgl. ook [Fry 1941] 'Industrial Mathematics' /Thornton C. Fry. In: [Research 1941 pp.268-288] *Research – A National Resource* II. *Industrial Research* /report of the National Research Council to the National Resources Planning Board. Washington: US Government Printing Office, 1941.

maakt niet het gegeven expliciet dat dit uitdragen ook in de research-omgeving dikwijls de eerste taak van de wiskundige was.

De facetten rekenen, gereedschap en taal hebben gemeen dat de wiskunde er, anders dan in het eerste facet, onder technisch gezichtspunt staat, onder het aspect van bruikbaarheid. Het bruikbare is niet hetzelfde als het dienstbare, het leent er zich wel bij uitstek voor. Het is de gebruikscontext, en niet de vorm van de wiskunde, die het bruikbare tot al of niet dienstbaar bestempelt.

Wiskundig modelleren is de vorm waarin de bruikbaarheid van de wiskunde als zodanig gerealiseerd wordt. In Fry's opsomming ontbreekt het nog. Als facet van wiskunde zou dit aangeduid kunnen worden met: wiskunde als wereldbeeld. Dit facet is zo'n wezenlijke toevoeging dat het afzonderlijk in de volgende paragraaf (§8.3) behandeld moet worden.

8.2.a Het uitdragen van wiskunde

De meest algemene gestalte waarin wiskunde dienstbaar is, is de directe, dat wil zeggen gewoon in de vorm van wiskunde. Althans, in een cultuur die het idee dat het wiskundig denken de mens vooruithelpt – zelfs in onnutte zaken –, tot haar stille ideologie heeft gemaakt, is dat zo. En zo was het. De wiskundigen waren zich bewust van dit karakter van de cultuur en noemden hun wetenschap een cultuurfactor. De wiskunde beoefenen en haar uitdragen waren de beide uitingvormen van de opvatting van wiskunde als cultuurfactor. Exemplarisch handelen maakte de bijdrage aan de cultuur uit: zichtbaar onderzoek van voorbeeldig niveau en onderwijs waarin wiskunde werd voorgedaan. Het eerste was de ambitie om met het Mathematisch Centrum de functie van het vooroorlogse Göttingen als 'Hochburg der reinen Mathematik' over te nemen. Het tweede was het streven naar een wiskunde-onderwijs dat meer dan sommetjes bijbracht. De vakantiecursussen voor leraren, in 1939 en 1940 in Groningen en vanaf 1946 aan het MC, vormden de verbindingsschakel tussen beide. De herboren propaedeutische wiskunde in Delft en de kader- en bedrijfscursussen waren schijnbaar toepassingsgericht, in feite evenzeer voorbeelden van uitdragen. Het voordoen en propageren van de wiskundige denkwijze was wel degelijk ook een van de functies van de wiskundige in het bedrijfsleven. Het uitdragen hield niet enkel een puur formeel opgevatte dienstbaarheid in; het behelsde meer dan een zich beroepen op het verrichten van een maatschappelijk zinvolle activiteit. Hier werd, gezien in het licht van de stille ideologie, aan zingeving gedaan en dat was een dienst aan de samenleving die de wiskunde op één lijn plaatste met de kunsten.

De begeleidende motivering, het cultuurfactor-motief, was in de naoorlogse jaren zeer duidelijk aanwezig, met Van der Corput als meest prominente vertegenwoordiger. Om naar dit aspect van de wiskunde te verwijzen gebruikte men dikwijls de term 'mathesis', een woord dat de wiskundigen in een gewoon gesprek werkelijk niet over de lippen zou komen. Onder de vele verwoordingen

in inaugurale rede van het overeenkomstig zelfbegrip koos Van der Corputs leerling J. Popken bij zijn Amsterdamse ambtsaanvaarding in 1957 precies de woorden *Mathesis en maatschappij*. Met grote trefzekerheid claimde hij de oogst van de toepassingen voor de cultuurfactor wiskunde.

'De stroom van nieuwe toepassingen zwelt nog elk jaar aan. Deze is een exponent van de periode waarin we thans leven, de z.g. tweede industriële revolutie, een diepgrijpend proces dat de structuur van ons gehele economisch leven grondig wijzigt. Door dit proces komen veel mensen binnen de mathematische denkwereld, die er anders buiten zouden blijven. Zo ontstaat een diffusie van de wiskundige cultuur, die wij slechts hartelijk kunnen toejuichen.'¹⁵

De basis van de diffusie van wiskunde lag in het middelbaar onderwijs. Dit onderwijs beantwoordde in eigenlijke zin aan de stille ideologie. Sinds de jaren twintig was het bovendien het voorwerp van heftig debat over de meest adequate vorm. *Euclides* dankte zijn ontstaan aan dit debat. Het debat – moet wiskunde-onderwijs opleiden tot iets anders, helder denken, of tot wiskunde? – raakte de kern van de stille ideologie en voerde in de jaren vijftig tot een eigen vakdidactiek. Ook de zomercursussen brachten tot uitdrukking dat wiskunde een door mensen gemaakt vak is dat je bij moet houden. Het doceren van een beoefende, in plaats van een eeuwig stabiele, wiskunde was een idee dat impliciet in de didactiek tot uitdrukking kwam en leidde tot ingrijpende vernieuwing van de leerstof. Saillant detail in verband met de Delftse perikelen was dat ook hier de beschrijvende meetkunde werd afgeschaft. De uitkomst voor de praktijk van het onderwijs was een accentverschuiving: van het voordoen van wiskundige verworvenheden naar het overdragen van de wiskundige denkwijze; van beschrijvende meetkunde naar het toegankelijk maken van de *esprit géométrique*.

Nu waren er wiskundigen die dit laatste bijzonder radicaal opvatten. Zij meenden de geest van de meetkunde rechtstreeks in het klaslokaal te kunnen oproepen met behulp van uiterst abstracte, overwegend verzamelingtheoretische, benaderingen. Voor deze internationaal wijdverbreide mode van *New Maths* of Spoetnik-wiskunde heeft Freudenthal hoogstpersoonlijk Nederland behoed. Hij kon daarin slagen dankzij de rijke Nederlandse traditie in het nadenken over wiskunde-onderwijs.

Ongeacht de eventuele didactische of populariserende verpakking was het de wiskunde zelf die in prominent onderzoek en in onderwijs uitgedragen werd. Niet gerelativeerd door een andere denkwijze, niet gerelateerd aan toepassing, vervulde de wiskunde in haar onmiddellijke vorm zo een maatschappelijke functie. Wiskunde verscheen hier als zelfstandig werkterrein met een specifieke denkwijze, eventueel als kunst, in het algemeen als culturele waarde. Het karak-

15 [Popken 1957 p.20] *Mathesis en maatschappij I*. Popken (inaug. UvA). Groningen, Djakarta: Wolters, 1957.

teristische voor de naoorlogse periode was dat deze functie als een vorm van maatschappelijke dienstbaarheid naar voren kwam. Bij alle verdere gestalten van dienstbare wiskunde, die gemakkelijker als dienstbaar te herkennen waren, zij aangetekend dat deze directe vorm nog altijd de meest verbreide was en het grootste aantal wiskundigen emplooi bood.

8.2.b Bruikbare wiskunde, afnemende vanzelfsprekendheid

Het dienend karakter van wiskunde was gemakkelijker herkenbaar waar ze in relatie stond tot andersoortige activiteit. Maatschappelijke dienstbaarheid kwam hier tot stand door dienstbaarheid aan andere domeinen, zoals 'de' wetenschappen, 'de' techniek of 'de' economie – domeinen waarvan de maatschappelijke zinvolheid overigens was voorondersteld. De wending naar maatschappelijke dienstbaarheid was geen loos woordenspel. De wiskundigen met hun - in het voorgaande gereconstrueerde - visie van 'wiskunde als productiefactor' richtten zich daadwerkelijk meer op het technische en economische domein. En in dat domein werd de bruikbaarheid van de wiskunde meer onderkend, werden de diensten van de wiskundigen meer dan voorheen ingeroepen.

Waar ze de gestalte van bruikbaarheid had aangenomen, als rekenwerk, als gereedschap of als taal, verwees de wiskunde per se naar iets anders. De drie vormen van bruikbaarheid waren geen statische gegevens. Ze duiden ieder een terrein van wiskunde-beoefening aan dat zelf weer voorwerp was van een mathematische reflectie, die juist in de naoorlogse periode resulteerde in een verzelfstandiging. Deze verzelfstandiging komt in §8.3 nader ter sprake.

Het is in eerste instantie discutabel Fry's onderscheid in facetten van wiskunde, rekenwerk, gereedschap en taal, te nemen als een indeling in gescheiden domeinen. Er is bijvoorbeeld geen reden om niet ook de rekentechnieken gereedschap te noemen; er is weinig op tegen om rekenen en gereedschap op te vatten als uitdrukkingmiddel, als taal. Toch is er een wezenlijk verschil in de wijze waarop ze beoefend werden en door wie het werk gedaan werd. Er is een wezenlijk verschil in de mate waarin het werk in elk der categorieën als elementair werd beschouwd, een verschil in de mate van vanzelfsprekendheid. In de praktijk was de relatie tussen wiskundige en afnemer de duidelijkste indicatie voor wat als rekenwerk, gereedschap of taal gezien kon worden.

Rekenwerk was bij uitstek de vorm van bruikbare wiskunde waarbij de regels en schema's vastlagen, uitvoerend werk met een hoge mate van vanzelfsprekendheid. Wiskunde en gebruikssfeer stonden dan los naast elkaar staan, waardoor de wiskunde-beoefening het karakter had van een opdracht. Wiskunde kwam als gereedschap naar voren, wanneer de relatie een wisselwerking was. De wiskundige was dan een adviseur die gereedschappen aanbood. Het stond in deze relatie niet vast welke formules, methoden en technieken de geschikte waren, en niet zelden moesten de gereedschappen voor het doel ontwikkeld worden, maar aan de formules op zich werd niet getornd. Wiskunde bleef voor

bijvoorbeeld de techniek een extern gegeven, een hulpwetenschap. Wiskunde kon als taal verschijnen binnen een integratie in de gebruikssfeer. De wiskundige was hier in een team de partner die uitdrukkingsmiddelen aanreikte en zo de probleemstelling mee bepaalde. Dit laatste was dikwijls aan te treffen in researchrapporten, in Nederland waren die van het NLL in de jaren veertig typische voorbeelden, waar de auteur na een verbale inleiding zonder omhaal opmerkte 'dit kan geschreven worden als [...]' en dan een mathematische vergelijking noteerde. De reflectie op deze manier van doen zou natuurlijk precies weer resulteren in het wiskundig modelleren.

De term adviseur kwam in alle drie de categorieën voor en heeft dus weinig onderscheidende waarde. Het werk van de wiskundig adviseur bij verzekeringsmaatschappijen viel in hoofdzaak onder het rekenwerk, veeleer het bewaken dan het ontwerpen van de rekenschema's. Eigenlijk adviseur, en ook het meest zo genoemd, was de hulpwetenschapper die in de industriële research de gereedschappen aanwees. Advieswerk of consultatie was echter ook de gebruikelijke aanduiding voor het formulerende en modellerende werk van de wiskundigen, met name dat van de mathematisch statistici. In de consultatie-school van Van Dantzig stond men op de dialoog waarin de statisticus de probleemstelling mee formuleerde. Het advieswerk, als men die term wil hanteren, greep dus steeds dieper in.

Tel- en rekenwerk

Bij reken- en telwerk, 'rekening' bij Fry, moeten we in eerste instantie denken aan boekhouden: zowel letterlijk, financiële administratie en statistiek, als in overdrachtelijke zin, de 'boekhouding' van de research, dat wil zeggen de rekentechnische uitwerking ervan. In het algemeen betrof het de elementair geworden wiskunde.

Zulk uitvoerend werk werd in de regel niet door opgeleide wiskundigen gedaan, maar door boekhouders, statistici en ingenieurs. De uitzondering vormden de verzekeringswiskundigen en de wiskundigen die zich als accountant vestigden. De zeventiende-eeuwse rekenmeesters en landmeters waren de eerste professionals geweest op dit terrein. In de twintigste eeuw kon men de bedoelde activiteiten herkennen aan de aanwezigheid van rekenmachines en rekenlinealen: het bankwezen, de verzekeringsmaatschappijen – dat waren de bedrijven die Freudenthal in 1948 de machines voor zijn college 'Numerieke en grafische methoden' leenden – en de ingenieurspraktijk. Onder deze laatste vielen met name de toegepaste mechanica en de geodesie op. Het waren telkens niet-wiskundigen die grote hoeveelheden reken- en telwerk verrichtten als onderdeel van hun beroep. Dit speelde op een breed scala van terreinen, van geavanceerd boekhouden tot high-tech avant-la-lettre. In opkomst was de bedrijfsstatistiek. Bekend was het werk van het CBS. Beroemd was het onderzoek van de commissie-Lorentz, 1928, waarvoor een ingenieur, J.T. Thijsse, het reken-

Jaren van berekening

werk uitvoerde. Het meeste gebeurde echter in de anonieme vanzelfsprekendheid.

Een wiskundige die in eerste aanleg voor het rekenwerk werd aangesteld, was de eerdergenoemde Dronkers bij Rijkswaterstaat. En hij was meteen ook de laatste. Zijn rekenwerk was al geenszins elementair meer, evenmin als dat van de ingenieurs, en voor het eigenlijke rekenwerk werd een groep rekenaars ingeschakeld. Het beroep van rekenaar(ster) was de eerste verzelfstandiging van het rekenwerk, bij Rijkswaterstaat, bij het NLL, bij sterrekundig onderzoek, bij TNO en bij het Mathematisch Centrum. Later zou het elementaire deel van dit werk volledig op de rekenautomaat overgaan; de mathematische kant van dit werk op het beroep van numericus en de technische kant op de beroepen van wetenschappelijk rekenaar, systeemanalist en programmeur.

De administratie van gegevens ontplooidde zich in de jaren vijftig tot een aparte branche van gegevensverwerking en administratieve automatisering. Daarnaast bemoeiden boekhouders, accountants, verzekeringswiskundigen en ingenieurs zich sinds de jaren twintig in toenemende mate met de organisatie en beheersstructuur van bedrijven. De stelsels van boekhouden en reserve-rekening raakten op drift, doordat de accountants en de verzekeringswiskundigen zich ermee gingen bemoeien. Bedrijfseconomen van hun kant kwamen met zaken als dynamische kostprijsberekening. Al zulke voorbeelden geven aan dat de vaste rekenregels en -schema's hun vanzelfsprekendheid verloren. Voorlopers waren mensen als Starreveld, Limpert en de eerdergenoemde Engelfriet en Goudriaan. Hun reflecties resulteerden in Nederland na 1945 aan de mathematische kant in de mathematische statistiek en besliskunde, aan de andere kant in de academische actuaariaatsopleiding, econometrie en bedrijfskunde.

Het elementaire tel- en rekenwerk was wellicht het meest doodse facet van de wiskunde. Het was door Fry terecht niet overgeslagen in de opsomming van aspecten van bruikbaarheid, want het vertoonde vanaf de jaren dertig een geweldige dynamiek. Het bleek een werkelijk elementaire kant te bezitten die gemechaniseerd en geautomatiseerd kon worden. Het opdracht-karakter van dit werk werd volledig bevestigd door het feit van machine-instructies. Daarnaast echter bleken zelfs aan dit rekenen aspecten van gebruik te kleven, die een eigen leven gingen leiden en ver weg voerden van het elementaire werk in opdracht, namelijk het structureren van gegevens, de procédés van rekenen, en het structureren, c.q. mathematiseren, van gebruikscontext. Deze aspecten voerden de wiskunde in de richting van programmeren en modelleren, en daar stonden wiskunde en gebruiksdomein niet langer los naast elkaar.

Gereedschap

In de loop van de negentiende eeuw had voor de natuurwetenschappen de gemancipeerde tweeling zuivere en toegepaste wiskunde de functie van hulpwetenschap gekregen, zelfstandig maar ondergeschikt. In dezelfde verhouding kwam er, toen in het interbellum de industriële research stelselmatig natuurwe-

renschappelijk onderzoek inschakelde, plaats voor wiskundig adviseurs in de industrie – in eerste instantie dus uitdrukkelijk binnen het klassieke toepassingsparadigma. In de Verenigde Staten was, zoals aangegeven, Thornton C. Fry de wegbereider. In Nederland was er niemand die de functie van wiskundig adviseur zozeer verpersoonlijkte als Bouwkamp bij het Natuurkundig Laboratorium van Philips.

Wanneer de wiskundige in de positie van adviseur verkeerde, was de hiërarchie duidelijk: de wiskundige had de geschikte hulpmiddelen aan te reiken voor een niet-wiskundig probleem waar niet-wiskundige criteria de oplossing bepaalden. Het probleem en de inpassing van de wiskundige technieken in de oplossing ervan bleef een zaak van de opdrachtgever. De wiskundige bood uitdrukkingsmiddelen, algemeen gesteld structuren en in concreto kennis van bijzondere functies en oplossingsmethoden van speciale vergelijkingen, en verder rekenhulp en controle achteraf van technische vondsten. Per toepassingsgebied was er een zeker standaardrepertoire van methoden. Het eigenlijk wiskundige werk bestond in het aanpassen en uitbreiden van dit repertoire, precies de activiteit waar Borel om had gevraagd. Op dat vlak lagen dan ook belangrijke publicaties van mensen als Bouwkamp en Schouten, maar ook van Burgers. Het betrof telkens pogingen tot wiskundige generalisatie van benutte methoden. Het eigenlijke advieswerk was natuurlijk meer bemiddelend dan mathematisch van karakter en kwam nauwelijks tot uiting in publicaties.

Zo'n repertoire van methoden had zelf al iets technisch en precies in dat licht, als trukendoos of gereedschap, waren de ingenieurs, de sociologen, de economen en de psychologen erin geïnteresseerd. Als 'methoden en technieken' zouden die laatste groepen het gereedschap wiskunde aan hun disciplines toevoegen. De ingenieurs kenden deze functie van de wiskunde al veel eerder en beklagden zich in de jaren dertig dat zijzelf en niet de wiskundigen dit repertoire op peil hielden, met bijvoorbeeld de toen actuele vakken van vectorrekening en waarschijnlijkheidsrekening. Dit was het repertoire, dat men in de leerboeken voor de ingenieurs aantrof. Ver boven het standaardniveau van een leerboek was het door Biezeno en Grammel neergelegd in hun *Technische Dynamik*¹⁶. Dit laatste boek toonde bovendien dat de wiskunde niet alleen in formules en numerieke rekenschema's beschikbaar was, maar ook in de vorm van grafische methoden en zelfs in de vorm van machinerie, fysieke modellen voor analoge berekeningen. Het was dezelfde 'mathematische machinerie' waaraan Tinbergen in 1936 refereerde¹⁷.

De wiskunde als hulpwetenschap had spin-off die voor andere domeinen als gereedschap functioneerde: als formules, veelal differentiaalvergelijkingen, als

16 [Biezeno/Grammel 1939] *Technische Dynamik* /C.B. Biezeno und R. Grammel. Berlin: Julius Springer, 1939.

17 Vgl. §2.3.

procedures, numerieke en grafische methoden, en in materiële realisaties, rekenmachines en analogons¹⁸. De verzelfstandiging vond dus buiten de wiskunde plaats en het was niet de wiskunde zelf, maar een facet ervan dat tot techniek werd. Hoe belangrijk ook als historische achtergrond, het was niet de bruikbare wiskunde in de gestalte van gereedschap die de wiskundig ingenieursopleiding bepaalde. Schouten met zijn ‘wisselwerking’, Van der Corput met zijn ‘assepoester’ en S.C. van Veen met zijn toepaste analyse in Delft, zij onderkenden de hulpfunctie van hun vak. Zij stelden zich echter niet het *ingenieursvraagstuk* tot opgave, slechts de *mathematische kwesties* verbonden met zo’n vraagstuk.

Taal

Het eerste wat met de betere adviseur gebeurde, aldus Fry, was dat hij het technisch probleem tot het zijne maakte, met het risico dat hij projectleider werd en verloren was voor de wiskunde. Fry’s antwoord op dit gevaar was de vorming geweest van het Mathematical Research Department binnen Bell Labs. De wiskundige moest wel het probleem tot het zijne maken, maar tegelijk wiskundige blijven. Vanuit die uiterlijke verzelfstandiging van de hulpwetenschap in een aparte afdeling zette vervolgens de inhoudelijke verzelfstandiging van het werk in. De wiskundige werd iemand die het technisch probleem bewerkte, maar in zijn eigen termen: *mathematical engineering*.

Met de toenemende specialisatie van onderzoekers kwam het researchteam op. De wiskundige werd in het team de bemiddelaar, degene die de gemeenschappelijke taal aanreikte. Natuurfilosoof moest hij zijn, volgens Fry, in de zin van iemand die het wezen van al de betrokken specialistische probleemgebieden begrijpt. Op precies hetzelfde punt zou Timman ‘tweetaligheid’ eisen. Hier verzelfstandigde zich de hulpwetenschap onder het taalaspect. In feite was de wiskundige in de research niet vaak zo bescheiden als Fry suggereerde met de bemiddelaarsrol. Projectleider worden hield immers ook in dat hij de probleemformulering bepaalde en bewaakte. In Nederland waren Dronkers, wiskundige, en Greidanus, fysicus, dergelijke ‘bemiddelaars’ die niet zomaar projectleider werden, maar een hele eigen afdeling van onderzoek opbouwden.

In Nederland volgde de technische research het door Fry geschetste patroon, zij het een fractie later. Timman was bij Fokker en Shell veeleer adviseur geweest. Zijn werk met Greidanus en Van de Vooren aan het NLL was exemplarisch voor de wiskundige formulering en demarcatie van technische vraagstukken. In de NLL-rapporten volgde op het ‘kan geschreven worden als [...]’ steevast een uitgebreide bespreking van de voorwaarden waaronder de gegeven

18 De rekenautomaat is een voortzetting van de materiële realisatie van wiskundige technieken, en meer dan dat. In de computer is het ontwerpen en uitvoeren van procedures ook nog eens materieel verwerkelijk. Hij is de technische uitdrukking van de hulpwetenschap wiskunde als hulpwetenschap. In het wiskundig modelleren is iets heel anders aan de hand, daar verschijnt het wiskundig denken als zodanig in technisch perspectief.

wiskundige formulering geoorloofd was. Dan stond dus de technische overweging in functie van de mathematische uitdrukking. Een soortgelijk karakter had het Delftse onderzoek in de Toegepaste Mechanica en de Technische Fysica; dat werd alleen niet door opgeleide wiskundigen gedaan.

Buiten de ingenieurswetenschappelijke research, in de econometrie, de bedrijfsorganisatie en de statistiek, nam de rol van de wiskunde eenzelfde dynamische wending. Tinbergen, fysicus, fundeerde 'de ingenieurswetenschap der econometrie' op stelsels van wiskundige vergelijkingen. Goudriaan, ingenieur, meende de essentie van de economie in 16 bladzijden, want in wiskundige termen, te kunnen formuleren. P. de Wolff, wiskundige, bouwde voort op Tinbergen en Goudriaan. Van Ettinger en Bok wilden het publiek vertrouwd maken met taal en denkwijze van de statistica.

De verzelfstandigde taalfunctie was de kern van het concept van Wiskundig Ingenieur. In het werkschema van het Instituut voor Toegepaste Wiskunde liet Timman deze rol vervullen door een 'Toegepast Wiskundige'. Later maakte dit aspect deel uit van zijn concept van een breed opgevatte numerieke analyse.

Het verschil tussen wiskunde als rekenwerk, als gereedschap en als taal kwam, samenvattend, duidelijk naar voren in de opstelling van de wiskundige tegenover de vraagstellingen van de ingenieur. In het eerste geval aanvaardde hij een opdracht, mogelijk zelfs zonder acht te slaan op het technisch probleem. In het tweede geval bestudeerde hij de mathematische kanten van het ingenieursvraagstuk. In het derde geval, wiskunde als taal, nam hij de vraagstelling van de ingenieur op en behandelde deze op wiskundige wijze. In alle gevallen overigens was het probleem op voorhand gemathematiseerd en zelfs in wiskundige symbolen geformuleerd. In de volgorde van de drie categorieën was die wiskundige formulering steeds minder onproblematisch. Aan de technische kant was het wiskundig karakter van het probleem in afnemende mate impliciet. Aan de wiskundige kant was telkens minder vanzelfsprekend wat nu eigenlijk de wiskundige opgave aan het ingenieursprobleem was. De inbreng van de wiskunde werd telkens een niveau dieper expliciet en de wiskundige drong steeds actiever door in het ingenieurswerk, tot het punt waarop hij zelf als ingenieur ging optreden.

Binnen ieder van de drie categorieën voltrok zich bovendien een historische ontwikkeling die bestond in een mathematische reflectie op de bestaande rol van het wiskundig denken. Het wiskundig nadenken over de rol van de wiskunde in het rekenen leverde nieuwe wiskunde op die bovenop het rekenen kwam; kennis van rekenschema's bijvoorbeeld. Het nadenken over wiskunde als gereedschap leverde nieuwe wiskunde op; inzicht in benaderingsmethoden, bijvoorbeeld. Het resultaat was een zekere gelaagdheid in de inzet van wiskunde. De ingenieursproblemen werden, met andere woorden, ook ingewikkelder gemaakt. Zeker leidde dit ook tot overgangen van de ene naar de andere categorie, bijvoorbeeld van wiskunde als rekenwerk naar wiskunde als taal in de nu-

Jaren van berekening

merieke analyse zoals Timman die opvatte. Als een dergelijke samenhangende typologie had Fry het onderscheid ook bedoeld, mede aangebracht om een historische opeenvolging te laten zien. Toch is het theoretisch onderscheid niet hetzelfde als de historische ontwikkeling. De facto bleven de drie categorieën ook naast elkaar bestaan.

Wel was het zo dat alle drie de genoemde gestalten van wiskunde onder het aspect van bruikbaarheid zich verzelfstandigden. Het resultaat was geen hulpwetenschap meer, maar een collectie autonome werkterreinen. En hoewel het wiskundig ingenieurswerk als zodanig pas kon opkomen bij de verzelfstandiging van de wiskunde als taal, behoorden al deze werkterreinen tot het voorland van de Wiskundig Ingenieur.

8.3 Wiskundig modelleren

Het wiskundig model is geen afbeelding maar een uitbeelding. In het wiskundig modelleren wordt niet de werkelijkheid afgebeeld, maar dat wat iemand van de werkelijkheid vindt, uitgebeeld in ideële materie. Om deze reden was de introductie van het wiskundig modelleren geen eenvoudige voortzetting van de taal-, gereedschap- of rekenwerk-functie. Ze kenmerkte een wezenlijke verandering, een omslag in de wiskunde-beoefening.

De Wiskundig Ingenieursopleiding en het Mathematisch Centrum weerspiegelden vele facetten van de naoorlogse verandering. Maar de connectie was hechter, de beide instellingen waren institutionele uitdrukkingen van de omslag zelf. De Statistische Afdeling van het Centrum kon dan wel de vroegste receptie van het wiskundig modelleren claimen, eerst de Wiskundig Ingenieursopleiding zou deze methode ten volle gaan belichamen. Zo helder was het evenwel niet begonnen. De receptie van het wiskundig modelleren was juist in aansluiting op de traditionele toegepaste wiskunde moeizamer dan in de nieuwe, uit de traditie van het mathematiseringsstreven voortgekomen, specialismen. Daar waar ze vlot verliep, in de organisatiewiskunde, mondde ze nog niet uit in een eigen academisch specialisme. Er kwam geen studierichting statistiek of Operations Research en zelfs de bedrijfskunde was nog niet zo ver.

Er was nu in 1956 de Wiskundig Ingenieursopleiding. De notie van de verzelfstandigde taalfunctie van de wiskunde had zich op verschillende plaatsen en zowel bij ingenieurs als wiskundigen uitgekristalliseerd. Timman had haar in Delft verwezenlijkt. Het programma was niet afhankelijk van één toepassingsgebied, de opleiding bracht de studenten werkelijk meer bij dan een verzameling gereedschappen. En toch was er iets vreemds gerealiseerd, een verzelfstandigde hulpwetenschap. Ten opzichte van het gangbare beeld van de wiskunde, dat alleen aan de zuivere wiskunde een autonoom bestaansrecht toekende, was het een anomalie.

Het conceptuele probleem was niet dat een hulpactiviteit zich afzonderde, maar dat een eigen wetenschappelijke discipline met een eigen kenobject zo moeilijk voorstelbaar was. Dat kenobject, de ideëel op zichzelf gestelde structuur, was immers voorbehouden aan de bestaande zuivere wiskunde. De Onderwijsraad struikelde over dit probleem, Bottema stipte het zachtjes aan in zijn rectorale rede en Timman en de zijnen verschaften zelf ook geen helderheid. De nare vraag was of een zelfstandig geworden hulpwetenschap niet gedoemd was parasitair en daardoor van voorbijgaande aard te zijn, en men stelde zich deze vraag natuurlijk indirect. Zo was men te voorzichtig en zag af van een eigen propaedeuse, hoewel daartegen van bestuurlijke kant nu juist weinig bezwaar meer gerezen zou zijn. Men was bevreesd om vluchtstudenten, degenen die in een technische studie leken te falen, aan te trekken. Aan de orde was de feitelijke en begripsmatige stabilisering van het Wiskundig Ingenieursconcept.

Deze kwestie was ook de eigenlijke inhoud die Kosten in 1959 ter tafel bracht in zijn notitie over kwalitatieve en kwantitatieve analyse.

Nog in 1960 was de oriëntatieris van Seidel en Veltkamp naar de Verenigde Staten meer dan een Eindhovense eigenzinnigheid, het was hun speurtocht naar de stabiele kern van het concept. De reacties die de twee hoogleraren kregen op hun ontwerp studieprogramma wezen nog steeds in twee richtingen. Aan de ene kant hoorden ze de bekende klacht 'Ja inderdaad, leer deze studenten nu eens de relevante technieken zoals Fourier-analyse en numerieke methoden'; het was wat de elektrotechnici in de jaren dertig de Delftse wiskundigen al voor de voeten hadden geworpen en wat Greidanus zich in 1946 ten overstaan van de MC-oprichters afvroeg: 'Waarom zit er geen vectorrekening, waarschijnlijkheidsrekening, aerodynamica etc. in het wiskundepakket?'. Aan de andere kant beluisterden ze een voor hen betrekkelijk nieuw geluid: 'Ja inderdaad, geef de studenten een gedegen basis in de wiskunde (en zorg nu eens, dat ook een aantal van je meest getalenteerde studenten voor de toepassingen kiezen) en breng ze een ingenieurshouding bij (wat ze aan mathematische technieken moeten beheersen, leren ze wel, en beter, in de industriële research; ze moeten *job-oriented* zijn)'.

Weliswaar kozen Seidel en Veltkamp ondubbelzinnig voor de tweede optie, een hoog niveau van wiskunde gecombineerd met 'vigor, not rigor', maar deze dubbele fundering ontleende de identiteit van het vak nog steeds aan de traditionele wiskunde en loste het probleem van een stabiel concept van de Wiskundig Ingenieur niet op. De toevoeging in de Eindhovense opleiding van Operations Research met zijn specifieke wijze van toepassen, het gebied waaraan hun Amerikaanse zegsman het adagium 'vigor, not rigor' had ontleend, leek aanvankelijk het concept slechts diffuser te maken. In tweede instantie bracht juist deze toevoeging - anders dan de gelijktijdige toevoeging van computerwetenschap, die zich zou afsplitsen in informatica - de oplossing dichterbij, doordat in de OR, en in het algemeen in het gebruik van wiskunde voor organisatorische vraagstukken, het wiskundig modelleren duidelijker een rol speelde. Aan het wiskundig modelleren, nu, was zichtbaar dat niet zomaar de wiskunde of een van haar deelgebieden benut werd, maar dat het wiskundig denken als geheel een functie vervulde. In de gezamenlijke herziening, in 1973 door de drie Technische Hogescholen, van het studieprogramma kreeg het wiskundig modelleren de centrale plaats toebedeeld. De resulterende radicalisering van het concept maakte eindelijk de aanspraak op een eigen discipline waar.

8.3.a Wiskunde als wereldbeeld

In het wiskundig modelleren was het bruikbaarheidsaspect van de wiskunde in zijn volle omvang aan de orde; reden om terug te keren naar de gestalten van bruikbaarheid, die immers ieder voor zich al vooruitwezen naar deze vierde vorm.

In aansluiting op de typologie van Fry mag het wiskundig modelleren in eerste instantie beschouwd worden als een radicalisering van de taalfunctie van de wiskunde. Het ging echter nu niet slechts om uitdrukken in wiskunde als taal, maar om uitbeelden in wiskunde als was ze materie¹⁹. De functie die de wiskunde hier vervulde, was die van *wereldbeeld*. Ze was van uitdrukkingsmiddel uitdrukkingstof geworden. Bij nader inzien kan het wiskundig modelleren geen radicalisering genoemd worden van de taalfunctie. De overgang naar uitbeelden was een omslag.

Een omslag was het ook voor het werk van de wiskundige in de research. Hij ontwikkelde zich van de bemiddelaar tussen de ingenieurs tot degene die het wereldbeeld van een onderzoeksproject opstelde. Hij verbeeldde in een wiskundig object de gedachten van de ingenieurs. Hij zou zelfs projectleider kunnen zijn zonder verloren te zijn voor Fry's wiskunde. Dat gaf de researchwiskundige een onafhankelijker positie en bracht diens werk meer in dezelfde lijn als dat van de organisatiewiskundige. Zijn claim op de research werd veel groter.

Dat het wiskundig object de ideale 'materie' uitmaakte, was voor wiskundigen geen nieuws. Voor fysici ook niet echt, al bleef voor dezen de mathematische grondslag van hun wetenschap een heikel punt, een punt van heftige discussie zelfs, in het licht van de atoomtheorie en de relativiteitstheorie. De verzelfstandiging van de taalfunctie van de wiskunde werkte naar twee kanten: naar een grondslagfunctie en naar een stenografie-functie. Wat het eerste betreft, de pythagoreïsche traditie, die wil dat de werkelijkheid uiteindelijk uit wiskundige structuur bestaat, was in de moderne natuurwetenschap nooit helemaal afwezig. Bij Heisenberg werd ze bijzonder manifest, in dezelfde tijd waarin dat binnen de architectuur en in Mondriaans kunst gebeurde. Deze visie lag als methodisch principe ten grondslag aan de specialisatie die mathematische fysica heet. Op dezelfde wijze was er een mechanica en een mathematische economie en ontwikkelde zich zelfs een mathematische psychologie. Het methodisch principe was een wiskundig wereldbeeld, de identificatie van het wetenschappelijk en

19 In de *linguistic turn* in de filosofie van de wiskunde doet zich een begripsprobleem voor. Indien wiskunde slechts taal zou zijn, eventueel metafoor of conventie, valt niet meer in te zien dat ze ook als quasi-materie kan optreden. Dan valt wiskundig modelleren samen met de taalfunctie; sterker nog, het begrip wiskundig modelleren is vanuit een linguïstische perceptie van de wiskunde niet eens zinvol te formuleren. Het hoeft dan ook geen verbazing te wekken indien we dit begrip bij Mach of Poincaré niet aantreffen.

Omgekeerd laat het gevondene zich inzetten als argument tegen een dergelijke visie op de wiskunde. Ten eerste zijn we het talige karakter van de wiskunde tegengekomen als een bepaalde gestalte van het bruikbaarheidsaspect van de wiskunde. Bepaald, dus de opmerking dat wiskunde taal is kan nooit het laatste woord over het wezen van de wiskunde zijn. Ten tweede doet het wiskundig modelleren zich feitelijk voor. Omdat deze praktijk vanuit de linguïstische opvatting niet begrepen kan worden, is deze opvatting niet zomaar beperkt, ze schiet tekort.

het wiskundig object. Het was een *methodisch* principe waarbij de beoefenaren niet, zoals Heisenberg, of juist wel, zoals Ehrenfest, aannamen dat het object van, bijvoorbeeld, de fysica nog eigen status had naast die van wiskundig object. Dit principe was aanvankelijk ook het uitgangspunt van mensen als Burgers en Tinbergen, die uit de theoretische fysica kwamen, en zelfs van Biezeno in zijn toegepaste mechanica die immers een toegepaste theoretische mechanica was en geen werktuigmechanica. Pythagoreïsch of niet, deze mensen meenden in ieder geval de essentie van hun studieobject in een mathematisch schema gevangen te hebben. Dat ze daarbij aether-, atoom- en andere modellen hanteerden, was juist niet de rechtstreekse voorloper van het wiskundig modelleren, zoals we in hoofdstuk 2 zagen. Wiskundige modellen kwamen uit deze verzelfstandiging van het gebruik van wiskundige formuleringen naar voren als partiële theorieën, of beter als partiële uitdrukkingen van theorie in de quasi-realiteit van de wiskunde. Ze waren het product van de pragmatische wens om althans een voorlopig resultaat te presenteren. Burgers motiveerde zijn plaatsvervangende theorie met de woorden:

‘Nu zijn de bewegingsvergelijkingen van de hydrodynamica niet eenvoudig van bouw, en een direct onderzoek van de verschillende eigenschappen die er in tot uitdrukking komen is buitengewoon moeilijk. Men kan evenwel eenvoudiger systemen van vergelijkingen opstellen, die, hoewel zij geen stromingsveld beschrijven en alleen een formele betekenis bezitten, nochtans zo zijn gebouwd, dat zij overeenkomstige karaktertrekken vertonen als de hydrodynamische vergelijkingen en derhalve de rol van een mathematisch “model” kunnen spelen’²⁰.

In de andere verzelfstandiging van de taalfunctie, die niet meer pretendeerde dan een korte schrijfwijze te bieden, was de pragmatische wending op voorhand genomen, bijvoorbeeld in de biometrie en de econometrie. Tinbergen verschoof dus in zijn werk van de ene kant naar de andere. Hij maakte de pragmatische wending als het ware maar één keer. Ten opzichte van de wereldbeeldfunctie in de natuurkunde en in delen van de researchwiskunde, ontstond de wereldbeeldfunctie van het wiskundig modelleren door een pragmatische wending. Een rest van de gedachte iets essentieels van het object uit te drukken bleef meespelen, en terecht, voorzover in de techniek het resultaat ‘werkt’. Het mathematisch wereldbeeld was van methodisch principe tot procédé geworden.

8.3.b Expliciet geworden mathematisering

In het wiskundig modelleren is het bruikbaarheidsaspect van de wiskunde, en dit is niet hetzelfde als dienstbaarheid, als zodanig gerealiseerd. De bruikbaarheid van de wiskunde was gebleken niet in de wiskunde in enge zin te schuilen, laat staan in de stand en de resultaten van deze wetenschap op zeker moment,

20 [Burgers 1941 p.11,12] ‘Beschouwingen over de statistische theorie der turbulente strooming’ /J.M. Burgers. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden*. *Ned. Tijdschr. v. Natuurkunde* 8-1,2 (1941), pp.5-18.

maar in het wiskundig denken in ruime zin. In het gezichtspunt waaronder het wiskundig denken de werkelijkheid beschouwt, ligt de mogelijke bruikbaarheid besloten. De ervaring had geleerd dat het wiskundig denken zich inderdaad te hulp liet roepen voor doeleinden buiten het vak en werkelijk bruikbaar was. Deze mogelijkheid bleek niet toevallig, maar stelselmatig gerealiseerd te kunnen worden. Het inzetten van wiskundig denken was nu gevangen in een procédé, het wiskundig modelleren. Dit procédé verwezenlijkte de bruikbaarheid van de wiskunde precies volgens de wijze waarop die als bruikbaarheid was gegeven, namelijk in de vorm van het inschakelen van wiskundig denken. Meer viel er dus ook van die bruikbaarheid niet te realiseren.

De inzet van wiskundig denken behelsde als eerste en cruciale stap het mathematiseren, de werkelijkheid beschouwen onder het aspect van uitwendige structureerbaarheid. Deze aanpak kan niet anders dan de werkelijkheid zichtbaar maken door de structuren, waarmee de werkelijkheid zich naar verondersteld zou laten structureren. Dit was juist de werkwijze die het wiskundig modelleren voorschreef; het was de expliciet geworden mathematisering. Bij Van Dantzig en Tinbergen kwam dit zelfs overeen met de historische gang. Beiden bezigden eind jaren twintig het begrip 'mathematiseren'.

De reactie op de introductie van het wiskundig modelleren, als zou dit zijn wat men eigenlijk altijd al had gedaan, was dan ook niet geheel onterecht, maar wel onvolledig. De explicitering maakte verschil.

Mathematisering was de stilzwijgende aanname van het rekenwerk. De explicitering leverde enerzijds de numerieke analyse op, anderzijds een aantal variaties in het administratieve tel- en rekenwerk die vooruitliepen op de organisatie-wiskunde. Mathematisering was de stilzwijgende aanname bij het inschakelen van wiskundig gereedschap. Explicitering bracht de methoden- en technieken vakken voor de empirische wetenschappen, in het bijzonder in de sociologie en psychologie. Mathematisering was de nauw verholen aanname bij het gebruiken van de wiskunde als taal. De reflectie op deze functie voltrok zich in de biometrie, de econometrie en in de mathematische statistiek.

Telkens was het wiskundig modelleren het resultaat van de reflectie die de impliciete veronderstelling voor het voetlicht bracht. Met name degenen die de wiskunde als taal bezigden, waren in de jaren dertig op zoek naar een bevredigende begripsmatige duiding. Eenmaal gevonden werd deze met een zekere opluchting aanvaard. Wat ooit bij De Fontenelle's opmaat tot de Verlichting een idealistisch pleidooi was geweest om de wiskundige denkwijze te volgen, zelfs in onnutte zaken, was nu een praktisch hanteerbaar procédé. Dat was wat men gewonen had met de wending in opvattingen in de jaren dertig van pythagorisme of essentialisme, of andere vormen van vasthouden aan een absoluut waarheidsstreven, naar pragmatisme. Wiskundig modelleren was zelf een techniek en de inzet van deze techniek veronderstelde een gemathematiseerd domein van gebruik. Modelleren is wel te interpreteren als expliciet geworden

mathematisering, maar onverkort geldt dat de vooronderstelling van mathematiseerbaarheid (eventueel impliciet) is gemaakt ten aanzien van het betreffende werkelijkheidsdomein. Dienovereenkomstig was binnen deze techniek opnieuw de spanning tussen theorie, wiskunde in engere zin, en praktijk waarneembaar. De nota-Kosten in Delft en de strijd in Eindhoven om de leeropdracht van Benders getuigden van die spanning. De erkenning van die onvermijdelijke spanning kenmerkte de gezamenlijke herziening van het studieprogramma van de Wiskundig Ingenieursopleiding in 1971-1973. Het was, gezien het technisch karakter, volkomen adequaat dat het wiskundig modelleren de kern vormde van deze *ingenieursopleiding*.

8.3.c Instituties

Het Mathematisch Centrum en de Wiskundig Ingenieursopleiding weerspiegelden de naoorlogse verandering in de wiskunde-beoefening. Allicht. Het waren mijlpalen in die veranderingen. Veel meer dan dat, ze waren de institutionele uitdrukking van de omslag. De maatschappelijke bewustwording onder de wiskundigen werd tastbaar in het Mathematisch Centrum in 1946. De toepassingsgerichtheid, die daar reeds als element van dienstbaarheid naar voren was gekomen, kreeg in 1956 nog eens afzonderlijk gestalte in de Wiskundig Ingenieursopleiding. Wat het wiskundig modelleren vakinhoudelijk aan gewijzigde opvatting betekende, markeerden deze instellingen maatschappelijk.

De frase over de vele bijdragen aan cultuur en welvaart, in de statuten van de Stichting Mathematisch Centrum, was net als de oprichting zelf de uitkomst van een doorbraak in opvattingen. En het Centrum maakte zijn belijden van dienstbaarheid aan cultuur en welvaart waar. Dat kan over de hier besproken periode, 1946-1960, zonder voorbehoud gezegd worden. Het Centrum behoorde met zijn ideologische functie ten opzichte van het concrete rationaliseringsstreven tot de kern van de welvaartsstaat. Toen evenwel de welvaartsstaat in volle omvang uitbrak, vergleed het evenwicht tussen het productiefactor- en het cultuurfactor-motief ten gunste van de laatste drijfveer. Dit lag aan omgevingsinvloeden, zoals de merkbare rijkdom en de constante eenzijdige nadruk vanuit ZWO op wetenschap terwille van het excelleren in die wetenschap. Van binnenuit zorgde het succes voor een zekere verzadiging in de toepassingsgerichtheid. De statistische consultatie van het Mathematisch Centrum had haar voorbeeldfunctie gehad; methode en techniek waren overgenomen door de klanten en de ideologie was door hen geïnternaliseerd.

Na de gedreven steun aan biologisch en medisch onderzoek en aan industriële toepassingen van de statistiek gedurende de beginjaren ontbrak in de tweede helft van de jaren vijftig de inspiratie om nieuwe markten aan te boren. Die markten waren er wel; de bedrijfsorganisatie, de accountancy, de logistiek en de industriële Operations Research beleefden een mathematisering; ze reddden zich zelf. Het Mathematisch Centrum had een centrale positie in de academische receptie in Nederland van de Operations Research en toch ontwikkelde

de Statische Afdeling niet zo'n stroom van consultaties als eerder in de statistiek van toetsen en proefopzetten. Als om de academische wending te accentueren ging men er zijn eigen weg in de Operations Research onder de noemer 'besliskunde'. De tweede en derde lichter van medewerkers nam en kreeg de tijd om de wiskundige kant van statistiek en besliskunde te verwerken; en er was op dit punt nogal wat te verwerken, zoals de theorie van proefopzetten, beslissingstheorie, Markov-ketens, het mathematisch programmeren. Dit materiaal was deels geïnspireerd door nieuwe toepassingen en het stond internationaal in de belangstelling. Het wiskundig modelleren, waarin de Statistische Afdeling toch de eerste school in Nederland vormde, werd in de tweede helft van de jaren vijftig meer en meer gedoceed en minder gepraktiseerd.

De Rekenafdeling van het Centrum stootte de computerbouw af zodra deze successen boekte. Opnieuw tot groot enthousiasme van ZWO werd de NV Electrologica opgericht. In vergelijking met de toestand in de Verenigde Staten was het koudwatervrees, binnen de Nederlandse verhoudingen was het niet meer dan logisch dat commercie en wetenschap zo snel mogelijk ontward werden. Voor de computerpioniers was overigens de term verzadiging allermint op zijn plaats. Onmiskenbaar was wel een theoretische wending, naar programmeertalen. Dit betekende weliswaar een afwenden van de commercie, maar bepaald geen afscheid van bruikbaarheid.

De belangrijkste factor voor het verwaarlozen van het productiefactor-motief door het Mathematisch Centrum rond 1960 was dat de eerder zo welkome extra legitimatie in de toepassingen niet meer nodig was. De Afdeling Zuivere Wiskunde groeide dienovereenkomstig. Het onderscheidende kenmerk van het Mathematisch Centrum, de dienstbaarheid, verflauwde en de spanning met de universitaire instituten en de TH's verscherpte.

In de Wiskundig Ingenieursopleiding was hetzelfde institutioneel gerealiseerd wat conceptueel in het wiskundig modelleren zijn beslag had gekregen, namelijk de bruikbaarheid van de wiskunde, als bruikbaarheid. Opleiding en wiskundig modelleerconcept vielen aanvankelijk niet samen. De voor modelleren kenmerkende kwesties van uitbeelden en mathematisering kregen in eerste aanleg weinig aandacht. De aanvankelijke dominantie van het idee van wiskunde als afbeelding verried nog de traditie van de klassieke 'toegepaste wiskunde'. Het besef iets uit te beelden, een wereldbeeld te construeren, en de bijzondere toepassingsproblematiek die hiermee samenhang, kwamen pas aan de orde in het modellenpracticum. Het verwerven van een eigen propaedeuse in de latere jaren zestig bood de ruimte voor een herbezinning op het studieprogramma en dit practicum was een van de resultaten.

Wiskundig modelleren was expliciet geworden mathematisering. Het besef dat deze procedure nog immer mathematisering in eigenlijke zin, de fundamentele aanname omtrent de werkelijkheid, vooronderstelde, kwam in de opleiding niet meer boven water. Het praktijk- of toepassingsprobleem, dat

voor de Wiskundig Ingenieursdiscipline vergelijkbaar maar een slag complexer was dan voor de andere technische wetenschappen, bleef dan ook een onbegrepen kwestie. Slechts de opzet in 1968 van de Twentse variant van de opleiding voerde in algemene termen het 'inzicht in de vooronderstellingen van de wetenschap' op als desideratum.

De beide genoemde kenmerken van wiskundig modelleren, namelijk uitbeelding te zijn en mathematisering te veronderstellen, konden klaarblijkelijk in de institutionalisering afzinken tot het niveau van vanzelfsprekendheden. De oorspronkelijke auteurs van het wiskundig modelbegrip in de Nederlandse literatuur, Van Dantzig, Burgers en Tinbergen, hadden in hun constructief-kritische reflectie op het gebruik van het wiskundig denken juist deze kenmerken zichtbaar gemaakt. Zij voltrokken de explicitering van mathematiseren naar wiskundig modelleren. Dat ze zich bewust waren van de stap die ze zetten, bleek bij de laatste twee uit de introductie van de term 'model' tussen aanhalingstekens, bij de eerste uit het ontwerpen van een bijbehorende methodologie. 'Mathematiseren' nu, kwam bij Van Dantzig letterlijk voor (namelijk als dat wat met de indicatieve elementen van een waarderingsoordeel moet gebeuren, na scheiding van de volitionele elementen) en indirect in de vorm van 'geregulariseerd model'. Tinbergen bezigde ook incidenteel de term 'mathematiseren' en sprak van 'quantitatieve stylering' en van afzien van de kennis van oorzaken. Iemand als S.T. Bok wilde de lezers van *Statistica* de denkwijze der statistica tot hun 'onvervreemdbaar geestelijk eigendom' doen maken. Het kenmerk dat het wiskundig model iets uitbeeldt, dus iets meer is dan een analogie, was wat Hertz onderscheidde van Mach en diens school. Van Dantzig nam dit op in zijn schema van vele fasen, Tinbergen beschikte over een 'mathematische machinerie' en Burgers was op dit punt het duidelijkst met 'mathematische voorbeelden' en 'model systemen'.

Hun medestanders, de eerste recipiënten, deden veel voor de verbreiding van de ideeën, maar evenaarden niet hun heldere uitgesprokenheid. Mensen als De Wolff, Van Ettinger, Sittig, Van der Burg, Hemelrijk, Engelfriet, Baarda, Timman en Benders verwezenlijkten het concept van wiskundig modelleren in statistische bureaus, in verenigingen, in een school van consultatie en in de nieuwe opleidingen of de verbreding daarvan. Deze generatie nam het concept min of meer als een gegeven en benadrukte de er van meet af aan mee verbonden aspiratie te werken aan een moderne welvarende samenleving. Het creëren en uitbouwen van dergelijke instituties lag dus bij uitstek op het pad van deze mensen. Meer dan de oorspronkelijke 'filosofen' van het wiskundig modelleren waren zij de 'ideologen' van de hypermoderne tijd, de tijd van het einde van de ideologie. Als geen ander verpersoonlijkte Van Ettinger deze 'ideologische' strekking, met zijn kreet 'Meer door kwaliteit'.

In de vorm van het modelleren verscheen de wiskunde als een productiefactor. Dankzij enerzijds het vanzelfsprekend worden van de vooronderstellingen, dankzij anderzijds de maatschappelijke verwezenlijking kon het concept het

denken en handelen ingrijpend beïnvloeden. De *wiskunde was nu juist als productiefactor cultuurfactor geworden*.

De aannames van het modelleren stonden voor de verbreiders, de ‘ideologen’, al niet meer ter discussie. Freudenthals congres in 1960 over *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*²¹ bevestigde dit beeld en het verslag bleef lange tijd de enige substantiële publicatie over het onderwerp. De maatschappelijke aspiratie raakte op de achtergrond bij de volgende generatie, degenen die in de jaren vijftig bij de verbreiders studeerden. Eerst veel later bracht een kritische reflectie, de Twentse studie-opzet was hiervan een vooraankondiging, de kenmerken van het wiskundig modelleren die de bedenkers wel degelijk expliciet voor zich hadden gehad, opnieuw aan het daglicht. Het ging in het bijzonder om de vooronderstelde mathematisering en het uitbeeldingskarakter.

Over het begrip wiskundig model werd verrassend weinig ophef gemaakt. Controverse was er wel, maar deze speelde zich elders af, rond de instellingen. Omgekeerd was die strijd, voorzover het meer was dan een machtsstrijd, het plaatsvervangend gevecht om de introductie van het wiskundig modelleren. En precies in die hoedanigheid, expressie te zijn van een herziening van de relatie tussen wiskunde en buitenwereld, is de oprichting van Centrum en Wiskundig Ingenieursopleiding interessant. Twee klassieke thema’s kwamen hier samen: de verhouding tussen theorie en praktijk en de vraag naar het object van de wiskunde. De relatie van wiskunde tot werkelijkheid ziet er anders uit, wanneer wiskunde als quasi-materie optreedt. Bruikbaarheid of nut, in het bijzonder binnen de relatie van wiskunde tot techniek, is als zodanig tot uitdrukking gebracht in het wiskundig modelleren. Het object van de wiskunde verbreedt zich tot object van wiskundig denken, wanneer mathematisering expliciet wordt in de procedure van het modelleren. De strijd om de Wiskundig Ingenieursopleiding, en in mindere mate die rond het Mathematisch Centrum, was het plaatsvervangend gevecht om een nieuwe opvatting van de wiskunde, om een hereniging van het wiskundig denken.

21 [Freudenthal 1961] *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences* (Proceedings of the colloquium sponsored by the Division of Philosophy of Science of the International Union of History and Philosophy of Sciences organized at Utrecht, January 1960, by) /Hans Freudenthal (ed.). Dordrecht: Reidel (*Synthese Library*), 1961.

Negen

‘Door geen pessimist meer te stuiten’

Niets leek meer onmogelijk in 1947, zelfs ‘extra-terrestrische raketten’ wilde luchtvaartdeskundige Kok wel in beschouwing nemen¹. Niet anders dan schilderkunst en literatuur waren wetenschap en techniek het domein van voortgaande reflecties, reflecties die de grenzen van het mogelijke zichtbaar maakten en aldus de grenzen verlegden. Dit leek weliswaar een mentaliteit te scheppen waarin beperkingen er slechts waren om overwonnen te worden, maar omdat de reflecties mede ingegeven waren door maatschappelijke aspiraties, waren ze gekoppeld aan een sterk verantwoordelijkheidsbesef: idealisme en ernst. Zelfs een van de voorbodes van de ongewoon vrolijke, maar daarin niet minder ernstige, Cobra noemde zijn blad *Reflex*. Cobra had wel degelijk maatschappelijke aspiraties, in het bijzonder in het doorbreken van maskers en façades en in het algemeen in het verkennen van nieuwe, onder meer interdisciplinaire, mogelijkheden in de kunst². Even ernstig en even geïnspireerd was in de techniek het zoeken naar de mogelijkheden van weer nieuwe materialen, van nog grotere polders, nog grotere schepen en nog snellere rekenmachines. Research, en dan liefst fundamenteel en interdisciplinair, werd geïnstitutionaliseerd.

De geluidsbarrière was in de wereld van de techniek de meest spectaculaire te overschrijden grens. De rapporten van de eerste vluchten sneller dan het geluid vertelden in de jongensboekenstijl over de grenzen van het incasseringsvermogen van het menselijk lichaam. Er sprak uit kunst en techniek een experimenteerdrijf, die nauw verbonden was met de genoemde reflecties – en die overigens gaandeweg minder gevoed leek te zijn door maatschappelijke aspiraties. De lust tot experimenteren, die het volgende kwart van de eeuw zozeer zou kenmerken, was op zichzelf een culturele doorwerking van het wetenschappelijk denken in algemene zin. Het gaat in dit hoofdstuk evenwel niet om dat al-

gemene experimenteren, maar om het dieper liggende verschijnsel van de reflectie. Deze reflectie was door haar bijzondere vorm in de naoorlogse periode specifiek verbonden met wetenschappelijkheid. Rond dit kernthema reflectie biedt dit hoofdstuk een afrondende interpretatie van de culturele betekenis van de veranderende rol van het wiskundig denken in de periode 1945-1960.

Niets was in de jaren van wederopbouw inderdaad onmogelijk geworden. Nihilisme, in het bijzonder vermeend nihilisme onder de jeugd, werd als een cultureel gevaar aangemerkt. Pessimist wilde ook niemand zijn, met name de cultuurpessimisten niet. Zelfs de heftigste critici van de 'moderne westerse vertechniseerde massacultuur' putten zich uit in constructieve opstelling. Men wist waar de echte taboes lagen.

Toch was de pessimistische toonzetting van G. van der Leeuw, W. Banning, F.L. Polak en J.G. van der Corput te zwaar om hen slechts cultuurcritici te noemen met wat overdreven aandacht voor hun probleemschets. Zij hadden wel degelijk de gehele westerse cultuur op het oog met hun waarschuwingen en deze wilden ze inderdaad hernieuwd opbouwen. Zij beschouwden de modernisering als onvermijdelijk en wisten zich zelfs de voorhoede daarvan. Het 'achterstand ten opzichte van het buitenland'-argument was zo meer dan een dooddoener: het was een manier om die onvermijdelijkheid uit te drukken en diende tevens om het eigen geweten niet al te zwaar te belasten. De constructieve bijdrage bestond vervolgens in het voorstellen van een scala van compensatie-maatregelen: gericht op een humane techniek en op een menselijke samenleving met herkenbare individuen.

Deze pessimistische auteurs stonden in de lange traditie van het pogen in het reine te komen met de moderne tijd. Tegelijkertijd droegen ze door niets zozeer bij aan de moderne cultuur als door de praktische uitwerkingen van hun waarschuwen. Alle begeleidende maatregelen gericht op een efficiënter, rationeler en menselijker industrialisatie en techniek maakten bij uitstek de volgende fase van moderne techniek uit. De technische wending van de maatschappelijk bewogen reflecties leidde juist tot de nieuwe disciplines en deskundigheden die zo kenmerkend zouden worden voor de welvaartsstaat. Het was de institutionalisering van al zulke compensaties die de welvaartsstaat zou doen overgaan in de verzorgingsstaat. De technische wiskunde was zelf een van die nieuwe disciplines, veel wezenlijker echter was de rol van het wiskundig denken in zulke technisch geworden reflecties überhaupt. Ziehier de paradox van wat zich na de

- 1 [Kok 1947 p.L44] boekbespreking: 'J.M. Kooy and J.W.H. Uytendogaart: *Ballistics of the Future*' /J.A. Kok. In: *De Ingenieur* 59-19 (1947) pp.L43-44(sectie *Luchtvaarttechniek* 1947.b). Vgl. §5.3.
- 2 *Reflex. Orgaan van de Experimentele Groep in Holland* (1948). [Stokvis 1990 p.63; 164] *Cobra. Geschiedenis, voorspel en betekenis van een beweging in de kunst van na de tweede wereldoorlog* /Willemijn Stokvis. Amsterdam: De Bezige Bij, 1990⁴ (1974)

Tweede Wereldoorlog onder de noemer vernieuwing manifesteerde: pessimisme ten aanzien van én vooroplopen in de modernisering.

Was in 1947 enige verbaasde terughoudendheid nog op zijn plaats geweest, in 1958 werd 'onmogelijk' tot een ronduit obsoleete notie bestempeld. 'De ruimtevaart is begonnen' stelde de Duitse astronoom Schütte vast en 'De geluidsbarrière heeft haar verschrikking en het woordje "onmogelijk" weer eens haar betekenis verloren'. De voorzitter van Nederlandse Vereniging voor de Ruimtevaart, Kooy, voegde eraan toe: 'de ruimtevaart gaat in snel tempo voorwaarts en is door geen pessimist meer te stuiten'³.

De wetenschapsbeoefenaars hadden zich kennelijk wel degelijk geremd gevoeld door een zeker pessimisme en hadden zich daarvan op het einde van de jaren vijftig inmiddels bevrijd. De voorzichtige overweging van indijking van drie of meer Zeeuwse eilanden was omgezet in een concreet Deltaplan, Fokker ontwikkelde zijn eigen vliegtuig met gedurfde technologie, de werven bouwden supertankers, een N.V. voor de productie van computers was opgericht, men streefde in 1958 onbekommerd naar het grotere.

De wiskundigen pasten met hun opvattingen en initiatieven volkomen in het tijdsbeeld, ook wat betreft de evolutie van sobere ernst naar onbekommerdheid. Dat hoeft op zichzelf natuurlijk niet te verwonderen, curieus is wel dat ze mee voorop liepen – het Mathematisch Centrum was immers de eerste ZWO-instelling; het productiefactor-motief weerspiegelde de politieke visie op research als een 'national resource' (§9.1). Ze droegen ook iets eigens bij aan de opbouw van de welvaartsstaat: het wiskundig modelleren als instrument voor die alom aanwezige reflectie (§9.2). Omgekeerd tekende dit wiskundig modelleren, de instrumenteel geworden mathematisering, het overheersend karakter van de reflectie in de jaren vijftig. Het was een bepaalde reflectie, geen vrije beschouwelijkheid, maar een zaakgerichte. Wiskunde werd werkelijk productiefactor en beïnvloedde langs deze weg de cultuur – of beter: de mentaliteit –, en werd zo cultuurfactor (§9.3).

3 [Schütte 1958 p.46;12] *De ruimtevaart is begonnen. Van de eerste aardsatelliet tot de reis naar de maan* /Karl Schütte (voorwoord J.M.J. Kooy). Tiel: Lannoo, 1958; oorspr. *Die Weltraumfahrt hat begonnen* (Freiburg: Herder, 1958).

9.1 Prometheïsche huiver

Een gezonde dosis opportunisme kan Van der Corput en de zijnen niet ontzegd worden. Juist in de luwte van de bevrijding doorbraken zij manifest het van de wereld afgewende ethos van de wiskundigen. Een machtsgreep was hun actie ook. De wijze waarop Van der Corput en Van Dantzig daarbij de omstandigheden qua leerstoelen bovendien naar hun hand zetten, was zelfs ón-gezond voor de ontvangst van het toonbeeld van hun doorbraak, het Mathematisch Centrum. Succes en voortbestaan van het Centrum toonden echter dat er meer in het spel was dan imperiumbouw en het nemen van de gelegenheid tot positieverbetering. Er bestond zowel binnen de gemeenschap van wiskundigen als in de Nederlandse samenleving als geheel een bedding voor een herziene visie op het wiskundig denken.

In hun eigen microkosmos bereikten de wiskundigen een doorbraak, die een afspiegeling was van het paradoxale vernieuwingsstreven. Uiterlijk waren er directe verbindingen met het vernieuwingsstreven: met Van der Leeuw, met de Nederlandse Volksbeweging en de PvdA, met diverse progressieve clubs en, dichterbij huis, met de Vereniging voor Wetenschappelijke Onderzoekers en het blad *Wetenschap en Samenleving*.

Naar zijn inhoud was de doorbraak binnen de wiskunde-beoefening een doorbraak naar buiten, een maatschappelijke bewustwording. Dankzij de omslag in opvattingen en de technische doorbraak, het wiskundig modelleren, wonnen de wiskundigen aan invloed. Het was niet zozeer de persoon van de wiskundige als wel zijn denkwijze die een belangrijker plaats innam in de cultuur. De wiskundigen konden zich persoonlijk en in hun instituties ogenschijnlijk terughoudend opstellen, als hoogste autoriteit met betrekking tot een cultuurgoed en bewakers van de zuivere kwaliteit van dit goed. Deze positie en het naoorlogs fatsoen, dat hen er net als de raadgevende ingenieurs en statistici van weerhield reclame te maken, maakte dat ze weinig zichtbaar waren. Voorzover de wiskundigen op de voorgrond traden, was dat enerzijds met een groot zelfbewustzijn, anderzijds met een aan pessimisme grenzende terughoudendheid. Zeker, ze leverden de machtige denkmiddelen en krachtige rekenautomaten waar de wereld niet zonder scheen te kunnen, maar wat voor goeds scheen daarvan te kunnen komen indien niet met uiterste zorg begeleid. Juist die wiskundigen die hun werk in maatschappelijk perspectief plaatsten, leden in ernstige mate aan een Prometheus-complex: ze wisten zich de voorhoede van de, overigens als onvermijdelijk beschouwde, wetenschappelijke en technische vooruitgang en huiverden. Bij alle vernieuwingsretoriek – retoriek moet het ook voor tijdgenoten geweest zijn en retoriek wil nu eenmaal op waarachtigheid beoordeeld worden – was de huiver ongetwijfeld oprecht.

Van der Corput had zich door zijn participatie in *De vernieuwing der universiteit* al doen kennen als 'vernieuwer'. In de diesrede, die zijn afscheid van Amsterdam in 1952 markeerde, verwoordde hij zijn diepe twijfel onder verwijzing naar *Erewhon* van Samuel Butler, *In de schaduwen van morgen* van Huijzinga en de inaugurale rede van Fred. L. Polak, *De wentelgang der wetenschap en de maatschappij van morgen*.

'Die alarmkretten zijn gerechtvaardigd. Niemand twijfelt aan de onschuld van de electronische rekenmachine. Maar ieder werktuig wordt gemaakt voor een bepaald doel en bezit in verband daarmee een capaciteit tot constructie of destructie. Soms zelfs vormt een electronische rekenmachine een onafscheidelijk deel van een geheel dat uitsluitend ter verdelging gebruikt wordt. De electronische machines danken in hoge mate hun ontwikkeling aan hun vermogen tot vernietiging. Niet voor niets ging de in het midden van deze voordracht optredende één-ogige rekenmachine in marine-uniform gekleed.

Doch er is meer. Het is mogelijk dat een betrekkelijk kleine groep, op een al dan niet gecamoufleerde manier, de electronische machines in handen krijgt en aldus, beschikkend over zulke voortreffelijke, steeds zwoegende slaven, alle macht naar zich toe haalt, terwijl de rest van het mensdom voor het productieproces volkomen overbodig wordt. Hiermede benaderen wij de grootste bedreiging, namelijk de werkloosheid van nameloos velen met alle economische en morele gevolgen van dien. Het voorstel van Butler om deze machines uit te roeien is onuitvoerbaar. De gang is niet te stuiten en het volk, dat weigert deze werktuigen te gebruiken komt achterop. Maar al de hierboven opgesomde bezwaren zijn te wijten niet aan het instrument dat braaf de hem voorgelegde differentiaalvergelijking integreert, maar aan het onverstand van de mens die de wetenschap misbruikt. Bovendien het mensdom groeit in tal en last. Elk volk gaat steeds hogere eisen stellen. Het leven wordt steeds gecompliceerder. Uit zucht tot zelfbehoud treft de gemeenschap steeds dieper ingrijpende maatregelen. Wel niemand laat zich nog in slaap sussen door de mechanische hulpmiddelen, waarover wij ten tijde van Samuel Butler beschikten. Er zijn andere, op hoger beginsel berustende voorzieningen nodig, maar ter vermijding van een wereldcatastrophe in de toekomst zal wellicht een der noodzakelijke hulpmiddelen zijn de electronische machine.'⁴

De spreker was directeur van het instituut dat in datzelfde jaar 1952 trots de ARRA had gepresenteerd. Pessimisme en de wetenschappelijk-technische vooruitgang kwamen uit dezelfde bron. De waarschuwingen, de roep om compensatie van de vernieuwers in het algemeen, waren dan ook niet zonder meer te duiden als cultuurpessimisme, laat staan cultuurkritiek. Het waren uitingen van huiver, de *prometheïsche huiver* van de schepper van nieuwe middelen. In het besef dat zij de voorhoede vormden van de vooruitgang, huiverden de vernieuwers.

Het waren dezelfde die georganiseerd wetenschappelijk onderzoek institutionaliseerden (ZWO) en riepen om bezinning op de maatschappelijke verant-

4 [Corput 1953 pp.227-228] 'Moderne rekenmachines' /J.G. van der Corput (Diesrede Gem. Univ. Amsterdam, 18-10-1952). In: *Simon Stevin* 29 (1953), pp.203-228.

woordelijkheid van de wetenschapsbeoefenaar (VWO, *Wetenschap en Samenleving*); net zoals de ontwerpers van de industrialisatiepolitiek dezelfde waren als degenen die vrijetijdsstudies bepleitten of wezen op de noodzaak van het bevorderen van een industriële mentaliteit bij de bevolking. Naar het eigen besef liepen dergelijke vernieuwers voorop in wetenschappelijke, technische of economische ontwikkeling en droegen op grond hiervan een bijzondere verantwoordelijkheid om voorzorgen voor verstandige ontwikkeling te bepleiten. Telkens was het het eenzijdig wetenschappelijke, het eenzijdig technische of het eenzijdig economische, dat, naar men meende, compensatie behoefde. In werkelijkheid waren ze juist door zulke voorzorg- en compensatie-voorstellen pas echt de voorlopers. Het was de uitwerking van die voorstellen die de vormgeving en het sterk technisch karakter van de welvaartsstaat zou bepalen. De techniek van het industrierijp maken en het op velerlei andere wijze begeleiden en verzekeren van het individu, dat was nog veel meer dan de industriële opbloei zelf wezenlijk voor de moderne welvaartsstaat. Rond 1960 ging de naamgeving over in verzorgingsstaat, een herziene vertaling van 'welfare state'. In het licht van bovenstaande interpretatie van de begeleidende maatregelen als het wezenlijke van de moderne welvaartsstaat is in te zien hoezeer deze naamsverandering een adequate afspiegeling was van de gewijzigde maatschappelijke omstandigheden. De vernieuwers waren dus inderdaad voorlopers in moderniteit, zij het, anders dan ze meenden, mede op grond van hun huiverende reflecties.

Was Van der Corput een toonbeeld van de ambivalente vernieuwer, een ogenschijnlijk minder aarzelend wederopbouwdenken sprak uit de geschriften van mensen als Van Dantzig en Burgers. Bij deze laatsten was de reflectie op de westerse cultuur niet minder diepgaand en somber, intellectueel diepzinniger zelfs⁵. Het verschil was dat zij meenden reeds een zekere oplossing in handen te hebben, Van Dantzig met de *significa*, Burgers met de procesfilosofie van Whitehead.

'Dit is de belangrijke bijdrage, [...], die de wiskunde kan geven: niet zozeer de "wiskundige techniek", als wel de wiskundige begripskritiek, die in de wetenschap der *significa* haar vorm voor toepassing op andere gebieden vindt. De belangrijkste taak is daarbij niet zozeer van *begripszuiverende* aard, [...], maar is veeleer het naspeuren

- 5 [Dantzig 1948a] 'Over de maatschappelijke functie van zuivere en toegepaste wetenschappen' /D. van Dantzig, In: *De Functie der Wetenschap* /E.W. Beth, D. van Dantzig en C.F.P. Stutterheim (Tweede symposium der sociëteit voor culturele samenwerking). 's-Gravenhage: H.P. Leopolds Uitg.mij., 1948, pp.20-40.
[Burgers 1944] 'Trekken van de moderne westerse wetenschap' /J.M. Burgers. *Mededelingen der Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afdeling Letterkunde, Nieuwe reeks* 7-5 (1944), pp.197-220. [Burgers 1956] *Ervaring en conceptie* /J.M. Burgers. Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1956.

van de gedachte-, wils- en voorstellingscomplexen, die de sprekers op onbeholpen wijze [door woorden met te grote spreiding] trachten weer te geven.³⁶

De voorzorg bij de verbreiding van de wiskundige denkwijze, waken tegen misbruik en aandacht voor de invloed van de eenzijdige denkwijze, achtten zij beiden evenzeer nodig. Dit oordeel hadden ze bovendien geïnternaliseerd en omgezet in methodische voorschriften van zorgvuldigheid. Van Dantzig ontvouwde zijn visie op het wiskundig modelleren nu juist in discussie met anderen die hij 'modeloverspanning' en andere kwalen verweet. Het hele methodologische schema was gericht op het voorschrijven van een zorgvuldige handelwijze. De prometheïsch huiverende reflectie achteraf van de vernieuwers was hier op voorhand verwerkt. De reflectie, en daarmee de bijdrage aan de typische kenmerken van de welvaartsstaat, was bij Van Dantzig expliciet. Wat bij anderen nodig was als compensatie achteraf, was bij Van Dantzig op voorhand het motief, namelijk de grondgedachte van de significa om de menselijke verstandhouding te bevorderen. Dat de uitgangstelling hierbij dualistisch was – namelijk door de gedachte dat waarde-oordelen uit te zuiveren zouden zijn middels wegnemen en mathematiseren van indicatieve bolsters – en dat de uitwerking positivistisch was, dat was eerder kenmerkend dan uitzonderlijk voor de jaren vijftig.

Van Dantzig zocht dus niet humaniserende compensatie voor het gebruik van wiskundig denken, maar hij legde uiterst strenge normen aan voor dit gebruik. Hij waakte er in concreto over dat aan de mathematisch statistische uitspraken geen betekenis werd verleend buiten het domein van hun geldigheid en verbond hieraan consequenties voor zijn opvatting van statistiek, voor zijn keuze van onderzoeksthema's en voor de stijl van statistische consultatie in het Mathematisch Centrum. Iets minder rigide, maar vanuit een vergelijkbare opvatting opereerde de Rekenafdeling van het Centrum. In beide gevallen waren het de wiskundigen die het gebruik van wiskunde en het verbinden van conclusies daaraan controleerden. En de betekenis van deze houding in het licht van de naoorlogse modernisering was de impliciete visie dat rationalisering niet alleen technisch correct maar ook terzake, en daardoor menselijkerwijs verantwoord diende te zijn. Men zou Van Dantzigs visie kunnen interpreteren als de mening dat het gebruik van wiskunde geen onbegrepen macht, geen ideologie zou mogen worden. De ironie is dat dit juist door zijn strenge houding wel gebeurde, en dat hijzelf de ideoloog werd, of zoals Sittig zei: 'de profeet'.

Tegen het einde van de jaren vijftig verslaptte het consultatieregime van beide afdelingen qua omvang en stijl. Medici, biologen en TNO-medewerkers waren in staat zelf hun toepassing van statistiek uit te voeren; ingenieurs konden dankzij programma-'bibliotheken', handboeken en programmeertalen hun eigen programma's voor de computer schrijven en mochten dat in toene-

mende mate zelf doen⁷. Uiteindelijk maakte echter ook op dit terrein van de onmiddellijke toepassing van statistiek en rekenen de extreme voorzorg en begeleiding plaats voor een minder bekommerd optimisme – en voor hogere eisen aan de buitenwereld die nu zelf de stap van mathematisering moest voltrekken. De begeleidende reflecties en het modelleren verdwenen allerminst, ze verzelfstandigden en werden aan anderen overgelaten, aan het groeiende netwerk van deskundigen in de verzorgingsstaat; in dit geval aan specialiserende ingenieurs, wiskundig ingenieurs, methodologen, bedrijfskundigen en automatiseringsdeskundigen.

In hun voorzorg en terughoudendheid onderscheidde de Nederlandse rekenaars en statistici zich duidelijk van hun internationaal toonaangevende Amerikaanse collega's, die gesteund door een ideologie van 'the American system' dikwijls veel verstrekkender aanspraken maakten betreffende de zeggingskracht van wiskundige technieken – en in de jaren zeventig ook veel harder de kous op de kop kregen⁸. Eenzelfde bezonnenheid onderscheidde Tinbergen in zijn visie en in de vormgeving van het Centraal Planbureau van andere, met name Oost-Europese, planners. Klaarblijkelijk waren de Nederlanders niet zo goed in het verabsoluteren van een methode of denkwijze; waren ze ook in dit opzicht sober. Gemeenschappelijk kenmerk van Van Dantzig, Tinbergen en hun omgevingen, inclusief de kwaliteitscontrolemaffia⁹, was dat ze wortelden in, of nog behoorden tot, de socialistische of de sociaaldemocratische stroming. Dit verklaart de liefde voor rationalisering en verwijst tegelijk naar de ethische overweging die de basis vormde van hun moderniseringsstreven en die hen verbood de menselijke context en het algemeen belang uit het oog te verliezen. De technocratische neiging werd hierdoor telkens getemperd, het resultaat was een toonbeeld van wat Habermas 'neo-decisionisme' heeft genoemd: de gedachte dat de 'technici' zoveel vooruit kunnen berekenen dat ze aan de bestuurders van een onderneming of een land een vrije en puur politieke beslissing zouden kunnen voorleggen. Het Centraal Planbureau belichaamde deze gedachte. Een ander, bijzonder treffend voorbeeld was Van Dantzigs eigen bijdrage aan de beslissing over de gewenste dijkhoogte van de Deltawerken: de minister zou slechts hoeven beslissen over een aantal imponderabilia, zoals daar was de waarde van een mensenleven, en dan rolde de exacte aanbeveling er uit¹⁰. Het in de volgende decennia zo populaire opstellen van scenario's werd hier voorbereid.

7 Dat was niet zomaar iets: in het Delftse rekencentrum ITW bijvoorbeeld was de overgang van consultatie naar 'open shop' voorwerp van heftig conflict. Vgl. ook §7.2.

8 [Ackoff 1979] 'The Future of Operations Research is Past' /Russell L. Ackoff. In: *Journal of the Operational Research Society* 30 - 2 (1979), pp.93-104.

9 Zie §5.2.b.

Zo waren er dus twee typen moderniseringsstreven in naoorlogs Nederland, die beide in het Mathematisch Centrum vertegenwoordigd waren. Sterker: de coalitie van beide stromingen droeg het Centrum. Specifiek op de wiskunde betrokken waren het de opvattingen van wiskunde als cultuurfactor en van wiskunde als productiefactor. In het algemeen was er aan de ene kant de paradoxaal positie van de vernieuwers, het cultureel dualisme van de prometheïsche huiver, dat wil zeggen de roep om compensatie voor het technisch-wetenschappelijke. Aan de andere zijde was er het streven naar concrete, maar bezonnen, rationalisering, dat wil zeggen het streven naar verstandig inzetten van het wetenschappelijk-technisch kunnen. Deze laatste positie werd gekenmerkt door een dualisme op kentheoretisch vlak, dat zich toonde in een methodisch strenge en daarmee schijnbaar bescheiden opstelling.

Tegen het einde van de hier besproken periode verschoven huiver en terughoudendheid naar de achtergrond. Behalve uit een zeker, nog immer sober, triomfalisme kan de verschuiving begrepen worden uit de verminderde bemoeienis van de wiskundigen met de concrete toepassingen: de strengheid en terughoudendheid waren zaken die bij uitstek speelden binnen de relatie tussen wiskundigen en afnemers; de wiskundigen trokken zich evenwel geleidelijk uit deze relatie terug en gingen hun eigen weg.

- 10 [Dantzig/Kriens 1960] 'Het economisch beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed' /D. van Dantzig en J. Kriens. In [Beschouwingen 1960 pp.57-110] *Beschouwingen over stormvloed en getijbeweging (Rapport Deltacommissie, Deel 3, Bijdragen II. 1-5. Bijdragen Mathematisch Centrum)* /Deltacommissie. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1960.

In feite bleek in dit voorbeeld de invloed van die imponderabilia op de uitkomst van de berekening nietig in vergelijking met de invloed van de verschillende interpretaties van de waterhoogte-gegevens, maar dat doet niets af aan de gedachte dat men de politiek zo'n kant en klaar schema zou kunnen voorleggen waarin nog slechts enkele parameters bepaald hoefden te worden.

9.2 Consensus en welvaartsstaat in het licht van ‘de wetenschappelijke methode’ en de opkomst van de deskundige

Zoals de verzorgingsstaat voor iedere vraag een loket zou creëren, zo schiep de wetenschap voor ieder probleemveld een discipline. De wiskundig ingenieursopleiding was er slechts één in een lange rij. Steevast was ‘bestrijding van overspecialisatie’ de eerste overweging die het voorstel voor een nieuwe richting begeleidde. En wat voor de vernieuwing in het algemeen gold, kwam hier in het bijzonder naar voren: men schiep juist datgene wat men dacht te constateren en beweerde tegen te gaan. De structurele verbinding tussen loketten en disciplines lag in de opkomst van de deskundige en zijn academische opleiding. De inhoudelijke verbinding lag in de mathematisering van de werkelijkheidsopvattingen, veelal in het kleed van ‘de wetenschappelijke methode’.

De wederopbouwende en industrialiserende overheid dekte op haar beurt de nieuwe beleidsterreinen af met commissies en studie-opdrachten, met raden en bureaus, telkens onder inschakeling van deskundigen met hun wetenschappelijke methode. De maatschappelijke structuur werd aldus aanzienlijk verrijkt in de naoorlogse jaren en dit liet de mentaliteit, in de zin van overheersende werkelijkheidsopvatting, niet ongemoeid. Economisch waren de resultaten verbluffend, een ‘miracle Néerlandais’. Sociologisch gezien trad de samenleving de welvaartsstaat binnen, volgens de sociologen zelfs de verzorgingsstaat.

In de voorgaande hoofdstukken is besproken, hoe de wiskunde enerzijds bijdroeg aan de wederopbouw en aan de vorming van de welvaartsstaat, en hoe de wiskunde-beoefening zelf voorwerp was van de daarmee verbonden veranderingen. Die bespreking laat nu conclusies toe met betrekking tot de welvaartsstaat en het klimaat van consensus zelf. Een blik op groeiende rol van het wiskundig denken kan bijdragen aan het historisch begrip van welvaartsstaat en consensus.

Wat het eerste, de welvaartsstaat, betreft, valt in het algemeen de toevoeging van maatschappelijke structuren op. Deze structuren en daarmee de welvaartsstaat waren van een bijzonder karakter. Historiografisch levert dit een toevoeging en relativering op van het beeld van verzuildheid met betrekking tot Nederland in de jaren vijftig. Wat het tweede betreft, de consensus: de grondslag en het mechanisme ervan verschoven – een technocratische tendens – maar de consensus brak niet.

Maatschappelijke structuren

De vertrouwde structuren waarin volgens Kossmann de Nederlandse samenleving na 1945 terugkeerde, zorgden wel voor de stabiliteit die haar in staat stelden ingrijpende veranderingen op te vangen, maar de structuren bleven niet dezelfde.

'Na 1945 echter nam het [zuilenstelsel] opnieuw zijn oorspronkelijke rol op zich: het werd voor de tweede keer in zijn loopbaan het instrument waarmee Nederland, tijdens een opgaande conjunctuur, zijn snelle en diep ingrijpende modernisering stuurde en beheerste. Zodoende heeft deze typische vorm van democratie – zonder twijfel met uiterste moeite en vaak op een opmerkelijk onbevallige wijze – het verlies van Nederlands-Indië, het opgeven van de neutraliteit en een snelle industrialisatie op een vrij koele manier weten te verwerken. Pas toen de heroriëntatie zich had voltrokken en een van het vooroorlogse Nederland sterk verschillende natie was ontstaan, kwam er – in de jaren 1960 – verzet tegen het systeem waarbinnen die transformatie had plaatsgevonden.'¹¹

Het systeem en de transformatie stonden natuurlijk niet zo los van elkaar als hiermee is gesuggereerd. De veranderingen kregen juist hun beslag in nieuwe structuren en de vertrouwde structuren veranderden van karakter. Bijvoorbeeld, de legitimatie van de zuilen verschoof van emancipatie van een volksdeel naar het bieden van een effectieve structuur om dat deel van de bevolking te betrekken bij de politiek en te bereiken met de overheidsvoorzieningen.

Nieuwe structuren, in relatie tot het zuilenstelsel zou men van dwarsverbanden kunnen spreken, kwamen met name voort uit het vernieuwingselan van de naoorlogse jaren. De gemankeerde politieke doorbraak van 1945/1946 kende succesvolle pendanten op maatschappelijk middenniveau, die in het midden van de jaren vijftig de samenleving als geheel een ander aanzien gaven. In verschillende sectoren en subculturen vonden de opkomende professionals elkaar in onderling respect dwars door de zuilenstructuur heen. De wetenschappelijke en de technische wereld lieten dit patroon zien. Het welzijnswerk met zijn volkomen omslag van charitas naar geprofessionaliseerde zorg¹² bood wellicht het meest verbluffende voorbeeld.

De uitkomsten van de voorgaande hoofdstukken (met name 5 en 8) staan niet toe systeem en transformatie, zuilenstelsel en inhoudelijke verandering in de structuren en hun betekenis, zo gescheiden te blijven beschouwen. De structuren en de inhoud van de veranderingen waren wel degelijk op elkaar betrokken: indien het zuilenstelsel zo'n adequaat instrument was om de modernisering in goede banen te leiden, dan zegt dat zowel over de verzuiling iets als over modernisering. De zuilen waren inderdaad per traditie effectieve structuren om de huiver – en het spaarzame protest – tegenover modernisering te kanaliseren en van een stem, een retoriek, te voorzien. Zo gezien onderscheidde de zuilen zich hooguit in de vorm van de voorgestelde compensaties voor vervlakking, 'vertechnisering', 'massacultuur' en wat de moderne tijd nog meer aan kwaads mocht brengen.

11 [Kossmann 1986 II p.208] *De Lage Landen 1780-1980. Twee eeuwen Nederland en België* (2 dln.)/E.H. Kossmann. Amsterdam: Elsevier, 1986.

12 [Helpen 1951] *Helpen als ambacht* /M. Kamphuis e.a.. Baarn: Bosch & Keuning, 1951¹, 1953².

In de jaren vijftig nu voltrok zich het curieuze dat deze compensaties gerealiseerd werden, dat ze technisch gerealiseerd werden, en dat ze zo de voorhoede van moderniteit uitmaakten – zo men wil, een nieuwe fase van techniek.

Het betrof het sturen, bijsturen en begeleiden van industrialisatie en andere facetten van modernisering op het niveau van de staat (economisch *beleid*, Sociaal-Economische Raad, Centraal Planbureau, industrialisatiepolitiek, ministerie van Maatschappelijk Werk), op het niveau van de maatschappelijke organisaties (verenigingen en instellingen van professionele zorg en advies; wetenschappelijke bureaus daarbij; voorlichtings- en adviesbureaus voor specifieke branches zoals Bouwcentrum, Kwaliteitsdienst voor de Industrie, Stichting Studiecentrum voor Administratieve Automatisering) en op het vlak van het individu, c.q. het gezin (gezinszorg en opleidingen tot 'individuele ontplooiing' binnen bepaalde rollen). Deze rijkdom aan structuren deed de welvaartsstaat overgaan in een verzorgingsstaat. Het zijn veeleer al deze geïnstitutionaliseerde begeleidingen en sturingen die het wezen van de verzorgingsstaat uitmaakten, dan het specifieke zorg-deel ervan, zoals de zorgvoorzieningen die de overheid op zich nam.

Toen de uiteenlopende compensaties min of meer technisch gerealiseerd werden, bleek vanzelf hoezeer de realisaties op elkaar leken en bleek dat dáárin toch niet het onderscheid tussen de zuilen kon liggen. Het was kenmerkend voor het zuilenstelsel dat de elites samenwerkten, in de jaren vijftig begon ook het professionaliserende middenkader oog te krijgen voor de vakbroeders elders. Waar economen of pedagogen van radicaal verschillende maatschappelijke overtuiging al in de jaren dertig in staat waren gebleken tot een respectvol en zelfs convergerend debat, daar hadden de meer praktisch georiënteerde professionals, de planners en de opvoeders, in de jaren vijftig weinig moeite de gemeenschappelijke kenmerken te ontdekken van hun binnen verschillende zuilen uitgeoefende beroepen. En die gemeenschappelijke kenmerken lagen nu juist in de sfeer van professionaliteit, deskundigheid en wetenschappelijkheid.

Consensus

Het meest wonderlijke aan het 'Dutch miracle' in de jaren vijftig was niet de economische opbloei die men met deze kreet wilde aanduiden¹³, maar de volge-

13 'Dutch miracle' of 'le miracle néerlandais' schreven Nederlandse economen en publicisten in aansluiting op de internationale literatuur die alom in Europa wonderen van economische wederopstanding waarnam. Deze kreten vonden, anders dan de term 'Wirtschaftswunder' met betrekking tot Duitsland, geen algemene ingang bij het Nederlandse publiek. Bijvoorbeeld: [Klompmaker/Vries 1957 p.95] 'Historiografie' /H. Klompmaker en Joh. de Vries. In: *W.P. voor het bedrijfsleven*. Amsterdam: Elsevier, 1957, Dl.I pp. 81-95. In de economisch-historische literatuur: [Messing 1981] *De Nederlandse Economie 1945-1980. Herstel Groei Stagnatie* / Frans Messing. Bussum: Unieboek, 1981. [Zanden/Griffith 1989] *Economische geschiedenis van Nederland in de 20e eeuw* / J.L. van Zanden en R.T. Griffith. Utrecht: Het Spectrum (*Aula*), 1989. In het bijzonder Hoofdstuk 9:

houden consensus. Wonderlijk is de aangehouden consensus, omdat de grondslag ervan wezenlijk veranderde: van tellen naar rekenen. Het evenredigheidsbeginsel als pacificatie-mechanisme bij uitstek¹⁴ maakte plaats voor het vertrouwen in het verstandig plan van de deskundige. De grondslag verschoof van de koppentellende redelijkheid van de verzuiling in de richting van de rationaliteit van het vooruitberekend ontwerp van de technocratie – het gaat slechts om een richting, een ontwikkelingstendens tussen twee strikt genomen niet realiseerbare extremen. Gemeenschappelijk aan beide extreme posities was het depoliteiserend karakter van het besluitvormingsmechanisme, en dat was kennelijk voldoende voor een geruisloze aflossing. In termen van regeringscoalitie laat het zich wel begrijpen: de corporatistische voorkeuren in de confessionele partijen en de nadruk op efficiency en rationalisatie bij de sociaal-democraten hadden dezelfde blinde vlek voor de belangentegenstellingen tussen de productiefactoren. Conceptueel echter is de overgang van evenredigheid naar wetenschappelijke rationaliteit minder eenvoudig te plaatsen. In het ene geval immers was het uitgangspunt gelijkwaardige belangen, in het andere geval een principe dat boven de directe belangen uit zou moeten stijgen.

Van Doorn signaleert een verwaarloosde polariteit in de Nederlandse politiek tussen technocratie en corporatisme¹⁵. Volgen we Van Doorn een moment in het hanteren van deze riskante begrippen, dan moet toch aan zijn observatie toegevoegd worden, dat het niet alleen de door hem ingebreke gestelde commentatoren waren, maar evenzeer de handelende politici die de bedoelde polariteit verwaarloosd hadden. Slechts het orderingsdebat onmiddellijk na de oorlog, toen onder meer de status van het Centraal Planbureau vastgelegd werd, leek de wetenschappelijke en de corporatistische neiging tegenover elkaar te plaatsen. En zelfs dit debat wekte de indruk niet meer te zijn dan een retorische reprise van de werkelijke discussie in de jaren dertig. De Nederlandse politieke en sociaal-economische praktijk liet juist zien hoe fraai beide voorkeuren samen konden gaan. De typerende situatie voor de Nederlandse 'overlegeconomie' was niet de pbo, de publiekrechtelijke bedrijfsorganisatie, maar de branche-organisatie met een 'onafhankelijk' wetenschappelijk bureau, al of niet gesteund door de overheid, al of niet gelieerd aan TNO. Het Bouwcentrum in Rotterdam met zijn netwerk van stichtingen¹⁶ en het Scheepsbouwkundig

'Het economisch wonder 1951-1973'.

Vgl. ook [Economic 'miracles' 1964] *Economic 'Miracles'. Studies in the Resurgence of the French, German and Italian Economies since the Second World War* [Josseleyn Hennessey, Vera Lutz, Giuseppe Scimone. London: Andre Deutsch, 1964. [Lieberman 1977] *The Growth of European Mixed Economies 1945-1970. A Concise Study of the Economic Evolution of Six Countries* /Sima Lieberman. New York etc.: Wiley, 1977.

14 [Lijphart 1968 p.133] *Verzuiling, pacificatie en kentering in de Nederlandse politiek* /A. Lijphart. Amsterdam: De Bussy, 1968.

15 [Doorn 1981] 'Corporatisme en technocratie - Een verwaarloosde polariteit in de Nederlandse politiek' /J.A.A. van Doorn. In: *Beleid en Maatschappij* (1981) pp.134-149.

Proefstation in Wageningen waren dergelijke typische voorbeelden. Het Mathematisch Centrum stond wat dit betreft verder van het bedrijfsleven af.

De aflossing van de ene consensusgrondslag door de andere was een sluipend proces, afgedekt door de kreet 'vernieuwing' met zijn verglijdende betekenis. Het duidelijkste blijk van de verschuiving was nog het groeiend vertoon van zelfbewustzijn en vertrouwen in technologische vooruitgang door de gemeenschap van ingenieurs en wetenschappers, maar het publiek vertoon was opvallend. Binnenskamers had het aan zelfbewustzijn nooit ontbroken, zeker bij de wiskundigen niet. Ver voor de term 'innovatie' zijn intrede deed, ging vernieuwing in de eerste plaats technische vernieuwing betekenen.

Dat zich op de nieuwe grondslag opnieuw consensus vestigde, is dan eigenlijk het wonderlijke dat resteert. De deskundigen vormden als het ware een nieuwe elite, een besluitvormingselite, en die maakte zo min als enige elite haar onderlinge disputen toegankelijk voor de buitenwereld. Gekrakeel om de waarde van wichelroedes of om de Deltahoogte van de dijken deed niets af aan het vertrouwen in de deskundigen. Het wiskundig denken had een niet onbelangrijke inbreng in al die deskundigheden. Aan de specialisatie en de vorming van deskundigen droeg de wiskunde bij met de wiskundig ingenieursopleiding, de cursussen wetenschappelijk rekenen en de cursussen statistiek en operations research. Ze verleende verder steun onder meer bij de universitaire actuaariaatsopleiding en de opleiding tot bedrijfskundig ingenieur. Ook inhoudelijk had de wiskunde iets te bieden aan de deskundigheid in het algemeen, namelijk de introductie van het wiskundig modelleren. De wetenschappelijkheid waar de deskundigen zich op beriepen, was in de jaren vijftig nog zonder meer een positieve kwalificatie. En 'de wetenschappelijke methode' hield, wanneer het begrip al verklaard werd, weinig anders in dan wiskundig modelleren.

Deze inbreng van het wiskundig denken was sterk consensusbevorderend: door de technische bijdrage aan de welvaart; als besluitvormingsinstrument; en door mathematisering. Ten eerste droeg de wiskunde via de techniek, namelijk door haar inbreng in de geavanceerde technische wetenschappen en door zelf als technische discipline op te treden, bij aan de industriële vernieuwing en daarmee aan de welvaart, die de mensen aanvankelijk tevredener, pas later kritischer, stemde. 'De koek moet niet anders verdeeld, de koek moet groter', zo motiveerde J. Sittig¹⁷ het werk aan statistische kwaliteitscontrole in het perspectief van efficiency en productiviteitsstijging.

Ten tweede, het meest uitdrukkelijk consensusbevorderend was de bijdrage van het wiskundig denken aan bestuur, beleid en beheer. Hier, in de begelei-

16 [Collette 1989] 'Bouwen met wiskunde' /P.M.J.L.P. Collette. In: [Alberts e.a. 1989 pp.17-34] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos en J.Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.

17 Prof. J. Sittig in interview, 12-6-1985.

dende reflectie, had de wiskunde met het modelleren een speciale besluitvormingstechniek te bieden. In het bijzondere geval van operations research en de econometrie bood het wiskundig modelleren een optimaliseringstechniek zonder meer: consensus door de wiskundige techniek. De wiskunde trad hier op als besluitvormingsmechanisme per se, vandaar de Nederlandse term besliskunde voor operations research.

In het algemene geval van wiskundig modelleren liet de eenduidige uitbeelding van de wereld in een model weinig verschil van inzicht toe, anders dan kwantitatieve verschillen in inschatting van zekere parameters. De consensusbevordering school in de trivialisering van het meningsverschil. In het bijzondere geval van de besliskunde zou, gegeven zekere doelstellingen, de berekening zelf de optimale beslissing opleveren, zo was de vooronderstelling. En bij zo'n dwingende conclusie zou zelfs niet iets triviaals resteren om het over oneens te zijn.

Mathematisering, ten derde, bevorderde de voor de naoorlogse jaren zo kenmerkende vervaging van politieke verschillen, doordat ze een gemeenschappelijke kijk op de werkelijkheid afdwong – net zoals dit expliciet gebeurde in het wiskundig modelleren. Het perspectief van sturen, plannen, beheersen en begeleiden, het perspectief van de opkomende verzorgingsstaat, vereiste een voorstelling van de samenleving en haar problemen in mathematische structuren en kwantitatieve verhoudingen. Het voeren van beleid middels generieke maatregelen veronderstelde dat het voldoende zou zijn de maatschappelijke werkelijkheid niet anders te kennen dan door uitwendige structuren. Voor de politiek had deze mathematiserende werkelijkheidsopvatting verstrekkende consequenties: wilde men überhaupt kunnen debatteren over een vraagstuk aan de hand van structuren dan moest men toch dezelfde voorstelling ervan aanvaarden, hetzelfde plaatje, dezelfde structuur. En omdat de werkelijkheid onder het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid was genomen (dat wil zeggen als kenbaar – en beheersbaar – aan de hand van haar structuur waarvan men kan doen of die met het betreffende object niets wezenlijks uitstaande heeft) verschrompelden de verschillende, door politieke visies ingegeven, optieken op het besprokene tot verwaarloosbare aanhangsels. In deze zin lag in mathematisering een grond van het triviaal worden van de politieke verschillen. Hetzelfde verschijnsel maakte de deskundigen in het algemeen, en de econometristen en wiskundigen in het bijzonder, tot besluitvormingselite: zij bepaalden de agenda door de gemeenschappelijke voorstelling van de werkelijkheid aan te reiken.

Zo was in de jaren vijftig de inbreng van het wiskundig denken langs drie wegen consensusbevorderend.

Jaren van berekening

Waar vooraf cultuurcritici de massamens zagen opkomen, waar in de tijd zelf sociaal-psychologen aantekenden dat het individu een nummer¹⁸ was geworden – zijn zaak een ‘geval’ –, waar achteraf politicologen het ‘geloof in de maakbaarheid van de samenleving’ wisten te onderkennen, daar liet zich in de jaren vijftig een voortschrijdende mathematisering zien. De mathematisering was expliciet in de verbreiding van modelleren en kwantitatieve methoden, impliciet in het benoemen van steeds meer domeinen van politiek tot ‘beleidsterrein’ en in het maken van objecten van beheer tot voorwerp van planning. Wiskundig denken deed niet slechts zijn consensusbevorderend werk, het bepaalde het karakter van de consensus, de nieuwe consensus van de jaren vijftig. De consensus was er een op basis van berekening.

18 S. Swaab vatte deze kwestie nogal letterlijk op: ‘Dat de cliënten aanvankelijk uitsluitend met nummers aangeduid konden worden, heeft stellig de mechanisering van dit onderdeel der boekhouding [nl. de debiteurenadministratie] tegengehouden. Toen namen en adressen eenmaal volledig konden worden afgedrukt en de cliënt niet langer als nummer beschouwd behoefde te worden, [...]’.
[Swaab 1956 p.22] *Heden en toekomst van de automatische administratie* / S. Swaab. Alphen aan de Rijn: Samsom, 1956.

9.3 Berekening als mentaliteit

'Laat ons déze spiegel maar van de wand nemen en er verder over zwijgen [...]',

zei het onderschrift in 1955. De foto toonde de deportatie van joden in de Tweede Wereldoorlog¹⁹. Nederland was herrezen en reflecteerde dat het een aard had. Dit betekende niet dat alle reflecties even welkom waren, met name de historische spiegel werd hier afgehangen. Het curieuze van zo'n bezwering was niet eens de moraliserende inhoud, 'even niet die confrontatie', als wel het feit dat het er zo expliciet bij gezegd werd. De boodschap was al een berekenende, het zo stellen ervan getuigde van een berekenende mentaliteit. Dat bedachte was een kenmerk van de naoorlogse jaren.

De waarschuwingen, de pessimistische commentaren, de oproepen tot 'compensatie' uit politieke, kerkelijke en wetenschappelijke kring deden in bedachtzaamheid en effectbejag niet onder voor de rationalisaties, de procedures en de technische overwegingen waar ze op heetten te reageren. Het waarschuwen tegen verwildering van de jeugd, het aanmoedigen van spaarzaamheid, het stimuleren van arbeidzaamheid, het bevorderen van een industriële mentaliteit bij de bevolking, het telkenmale peilen der stemming en, hierboven, het verdringen van een half verleden vielen op door hun explicietheid.

Deze mentaliteit van berekening, het bedachte – in eerste aanleg was er nauwelijks verband tussen berekening in deze zin en de wiskunde –, was overal prominent aanwezig, in het technische en beleidsmatige domein zo goed als in het morele vlak. Door zijn aard trad het expliciete reflecteren op de voorgrond en zette zo de toon voor een periode. De strevingen waren bewust, de angsten waren bewust, de verdringing was bewust, het harde werken was bewust: het verstand maakte overuren. De reflecties waren niet in de eerste plaats bespiegelingen, het waren uitingen van een berekenende levensstijl. Niet beschouwelijkheid, noch bedachtzaamheid, maar bedachtzaamheid, oplettendheid, voorzorg en berekening kenmerkten de jaren vijftig. Uiteindelijk werden ook de 'welvaartsstaat' en later de 'verzorgingsstaat' uitgeroepen, het waren bepaalde dingen die men aan het tijdperk van economische voorspoed wenste te geven – van 'economisch wonder' werd met betrekking tot Nederland kennelijk minder graag gesproken.

In §9.1 werd de synthese binnen de wiskunde zichtbaar, waarmee de wiskunde-beoefening zich voegde naar het algemene naoorlogse vernieuwingspatroon. Maar er was meer, bleek in §9.2, de wiskunde was karakteristiek voor de naoor-

19 '[...] Zoveel mensenleed is ook teveel voor iemand, die onderschriften bij foto's schrijft.' [Damsté/Cocheret 1955 p.30] *Herrezen Nederland 1945 - 1955. Uitgegeven ter herinnering aan onze nationale bevrijding tien jaar geleden* /R.A Damsté en Ch.A. Cocheret (red.). 's-Gravenhage: Nationaal 5 Mei Comité, 1955.

Jaren van berekening

logse ontwikkeling. De Wiskundig Ingenieur kan symbool staan voor de opkomende deskundige. Gemathematiseerde werkelijkheidsbeschouwing was bovendien de wijze waarop de deskundige deskundig was. Het wiskundig modelleren was diens techniek.

Deze paragraaf, §9.3, zet nog een stap verder en voegt een derde en laatste punt aan de interpretatie toe: wiskundig denken heeft effect gehad op de cultuur. De wiskunde weerspiegelde (§9.1) én was karakteristiek (§9.2) én beïnvloedde (§9.3). Op het ene niveau beantwoordde de wiskunde-beoefening aan het algemeen patroon van de Nederlandse samenleving, op het andere niveau doorbrak het wiskundig denken dit patroon en kan men zeggen dat het invloed had. Het wiskundig modelleren expliciteerde een denkwijze die heel snel vanzelfsprekend werd en weer uit het gezicht verdween. Een dergelijke invloed van het wiskundig denken mag men nimmer identificeren met berekening als mentaliteit. Wel biedt deze mentaliteit de ideale bedding. De mathematiserende aanpak werd volstrekt vanzelfsprekend en daarmee bijna onzichtbaar in de cultuur.

Het waren jaren van berekening zowel voor de samenleving als voor de wiskunde.

Voor de *wiskunde* waren het jaren van berekening, omdat het berekenen van velerlei zaken haar meest zichtbare dienst aan de samenleving was en ze zo met het rekenen geïdentificeerd werd. Het meest geprononceerde voorbeeld was het rekenen zoals beoefend door Van Wijngaarden, Timman en anderen in de sfeer van de numerieke analyse, in dienst van de geavanceerde vliegtuig- en scheepsbouw. Wat er voor de buitenwereld uitzag als rekenen zonder meer, was in feite het resultaat van een mathematische reflectie op de berekeningsmogelijkheden van de onderhavige zaken. Technisch gesproken betekent dit: impliciet of expliciet was er een stap van wiskundig modelleren voorafgegaan aan dit nieuwe rekenwerk. Rekenwerk was er op een scala van terreinen. Rekenen was ook het werk in de *mathematische* statistiek en de besliskunde. Niet tot het rekenen in deze zin behoort het boekhouden als zodanig, wel de nieuwe ontwikkelingen op dat terrein, namelijk de mathematische reflecties op het boekhouden: de mechanische en automatische administratie-systemen op het niveau van bedrijven; de Nationale Rekeningen (CBS) en macro-economische modellen (CPB) op nationaal niveau.

Voor de *samenleving* waren het jaren van berekening in de zin van een overheersend verstandelijke, berekenende mentaliteit. De verbinding tussen de calculatieve mentaliteit en het rekenen van de wiskunde, was, afgezien van bovengenoemde bedding, telkens een kwestie van retoriek geweest. Van De Fontenelle in 1700 die helder denken onder alle omstandigheden nuttig vond, tot Kemeny die in het midden van de twintigste eeuw de 'wetenschappelijke

methode' aanprees als ideale vorming en universele probleem-aanpak²⁰, leefde die retoriek voort in de stille ideologie van de Verlichting ten aanzien van de wiskunde: wiskunde doen om iets heel anders te bereiken. Met het wiskundig modelleren leek eindelijk de verbinding tussen mentaliteit en wiskunde verder te komen dan retoriek. Het was een methode geworden. Het wiskundig model was immers enerzijds een plaatje, een theoretische beschrijving²¹, een kwantitatieve stylering²², en daarmee de 'gewoonste' rationele aanpak die men zich denken kon. Het model was anderzijds uitbeelding, quasi-realisatie van iemands idee, eventueel van een axiomatic, van iets²³. Nergens overdekten berekening als mentaliteit en het rekenen als mathematisch activiteit elkaar zo naadloos als in het plandenken, in het bijzonder in de modellen van het Centraal Planbureau en in hun doorwerking in de stijl van het politieke bedrijf. Daar was één en dezelfde activiteit die onder het ene gezichtspunt betrekkelijk geavanceerd rekenwerk was en onder het andere gezichtspunt verscheen als verstandelijke mentaliteit, zelfs als neiging tot technocratische aanpak. Het wiskundig modelleren was niet alleen een verbindend, ook een dubbelzinnig element.

Op verschillende niveaus kwam het wiskundig modelleren naar voren als bemiddelend element. Allereerst binnen de wiskunde, daarnaast in de verwachtingen ten aanzien van de wiskunde en ten slotte in de daarmee samenhangende visies op de wiskunde. Telkens was er ook dat dubbele gezicht van technische verworvenheden én invloed op de cultuur.

Binnen de wiskunde speelde het modelleren een cruciale rol als bekroning van de hervonden eenheid van het wiskundig denken, van de hereniging van de zuiver wetenschappelijke traditie en het mathematiseringsstreven. In de traditie van wiskunde als zuivere wetenschap had immers de Toegepaste Wiskunde zijn claim op het buitenwiskundige verloren. De wiskundigen zochten naar een adequate houding, toepassingsgerichtheid, en niet langer naar een specifiek vakgebied. Het debat verschoof zo ongemerkt van de wiskunde naar de wiskunde-beoefening en op dat niveau was er in het wiskundig modelleren een ant-

20 [Kemeny 1959] *A Philosopher looks at Science* /John G. Kemeny. New York etc.: Van Nostrand, 1959. Ned. vert. *Een wijsgerige visie op de wetenschap*. Hilversum: De Haan, 1967.

21 [Rosenblueth/Wiener 1945 p.320] 'The Role of Models in Science' /Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener. In: *Philosophy of Science* XII (1945) pp.316-321.

[Kemeny 1972 p.108] *Man and the Computer* /John G. Kemeny. New York: Charles Scribner's Sons, 1972.

22 [Tinbergen 1936] 'Prae-advies van Prof.dr. J. Tinbergen' /J. Tinbergen. In: [Prae-adviezen 1936 pp.62-108] *Prae-adviezen over de vragen: Kan landen?* /H.A. Kaag e.a.; Vereniging voor de Staathuishoudkunde en de Statistiek. 's-Gravenhage: Mart. Nijhoff, 1936.

23 [Dantzig 1947] 'General Procedures of Empirical Science' /D. van Dantzig. In: *Synthese* 5 (1947) pp.441-445. [Tarski 1954] 'Contributions to the Theory of Models' I, II, III /A. Tarski. *Indagationes Mathematicae* 16 (1954) pp.572-588, 17 (1955) pp.56-64.

woord voorhanden. In de andere traditie leverde een reflectie op het streven naar mathematisering de herkenning op van de mogelijkheid om de inzet van het wiskundig denken tot een procédé te maken. Degenen die de 'Geest van Wiskunde' vaardig wilden doen worden over andere domeinen, degenen die streefden naar mathematisering, droegen op deze wijze bij tot de ontwikkeling van het wiskundig modelleren. Het modelleren, de algemene vorm waarin de wiskunde dienstbaar kon zijn, stelde aldus op beide tradities, die van zuivere wetenschap en die van het mathematiseringsstreven. De culturele invloed ging echter uit van de mathematiserbaarheidsaannname die onvermijdelijk wordt gemaakt bij de inzet van het wiskundig denken: het wiskundig modelleren was een voertuig voor mathematisering.

De verwachtingen ten aanzien van de wiskunde werden verenigd op de noemer dienstbaarheid. De bemiddelende rol van het modelleren was hier dat het invulling gaf aan de dienstbaarheid. De tegenstelling tussen de stille ideologie en de luidruchtige ideologie van de Verlichting ten aanzien van de wiskunde, die in beide bovengenoemde tradities voortleefden, werd hier overstegen. Het beoefenen van wiskunde om iets anders, om het verstand te scherpen of om carrière te maken, en het mathematiseren om een zaak te beheersen vloeiden hier samen. Het duidelijkst gebeurde dit in de opbouw van het Mathematisch Centrum, maar ook in de Wiskundig Ingenieursopleiding was het samengaan van beide verwachtingen essentieel. In Delft kwam de verzelfstandiging van de wiskunde als hulpwetenschap van de grond niet los van de propaedeutische functie, de stille ideologie, maar juist in wisselwerking met een herleving van deze laatste.

Van Dantzig had nog in 1927 met grote felheid het 'logisch leren denken', de stille ideologie, als motief voor het mechanica-onderwijs op de middelbare school afgewezen: 'Men leert niet het een door het ander te doen'. Twintig jaar later had hij het concept van wiskundig modelleren ontwikkeld en beweerde hij dat de belangrijkste bijdrage van de wiskunde aan de sociale wetenschappen niet zozeer in de statistische methoden zou liggen, maar in de sfeer van de begripsanalyse, met andere woorden: in het helder leren denken. Van der Corput, met wie Van Dantzig in 1945 tot zo'n vruchtbare samenwerking kon komen, volgde de omgekeerde weg. Hij had tevoren, zij het pas in de late jaren dertig, juist de stille ideologie aangevuld met andere motieven voor wiskundebeoefening, in het bijzonder met de verwachting van maatschappelijk nut. Hun samenwerking was precies mogelijk op de noemer dienstbaarheid, bijdrage aan welvaart én cultuur.

Het was, zoals hierboven reeds in ander verband opgemerkt, de dienstbaarheid waardoor de wiskunde haar maatschappelijke invloed kon hebben. En het modelleren gaf haar de bij uitstek geschikte vorm van dienstbaarheid, de vorm van ogenschijnlijk universele dienstbaarheid. In het wiskundig modelleren was een reflectie op de relatie van de wiskunde met de buitenwereld verwerkt, een kentheoretische reflectie en een reflectie op het praktisch nut. Ten eerste kon de

wiskunde in deze vorm meer dan alleen het klassieke waarheidsstreven dienen. Adequaatheden aan een doel bleek het veel pragmatischer criterium te zijn. Zo werd het, ten tweede, mogelijk om het wiskundig denken veel pragmatischer, instrumenteel, in te zetten. Met dit laatste was niet alleen de mogelijkheid gegeven van de wiskundig ingenieur, maar van de moderne pragmatische wetenschap überhaupt, van een bepaalde stijl in de gamma-wetenschappen in het bijzonder. Zo kon de wiskunde dienstbaar zijn aan een sterk verbreed terrein van kennen en handelen.

Vanaf Bernard de Fontenelle in 1700 hadden de verlichtingsfilosofen hun vooruitgangsverwachting mede gestoeld op de mogelijkheid het wiskundig denken los van de wiskunde in te zetten, op de mogelijkheid de Geest van Wiskunde, de 'esprit géométrique', los te koppelen van de wiskunde. Dat was nu gelukt. Het verlichtingsideaal was een mathematiseringsideaal. In 1950 was dit ideaal uitdrukbaar in techniek en in die zin realiseerbaar, gesteld in een methode. Het wiskundig modelleren was niet alleen expliciet geworden mathematisering, het was *gestolde Verlichting*.

Behalve in de wiskunde en in de maatschappelijke verwachtingen ten aanzien van de wiskunde speelde het wiskundig modelleren ook een bemiddelende, en dubbelzinnige, rol in de visies op het vak. In de wiskunde-beoefening hadden de maatschappelijke verwachtingen hun pendant in bepaalde opvattingen van wiskunde, namelijk wiskunde als cultuurfactor en wiskunde als productiefactor.

De winnende visie in de naoorlogse periode was 'wiskunde gezien als productiefactor'. In de rekenopdrachten en statistische consultaties van het Mathematisch Centrum, in de wiskundig-ingenieursopleiding en in het brede veld van afnemers werd deze opvatting doorgezet. Zo werd de visie van wiskunde als productiefactor in zekere zin waargemaakt. Het idee dat wiskunde zou kunnen optreden als productiefactor werd in economische zin echt waar. De industrialisatie, de moderne bedrijfsvoering, de moderne wetenschappen, de geavanceerde technieken, alle waren ze op essentiële punten afhankelijk van de wiskunde. Het wiskundig modelleren speelde een cruciale rol in de verwerking van de productiefactor-visie en verwierf tegelijk een hoge mate van zelfsprekendheid; tezamen een hechte maatschappelijke verankering.

Het dubbelzinnige bestond erin dat zelfs hier het effect van deze productiefactor in de eerste plaats een symbolische werking was. Voor de statistici in het bedrijfsleven had het Mathematisch Centrum nauwelijks belang als leverancier van bruikbare methoden en technieken. Van Dantzig was evenwel zeer voornaam in deze kringen als profeet van een nieuwe denkwijze. Het rapport van de grote rekenopdracht R 53 door het MC voor het Nationaal Luchtvaartlaboratorium was door een ernstige rekenfout technisch waardeloos. Toch stortte er geen vliegtuig neer en de opdracht bleef uiterst waardevol voor zowel opdrachtgever als uitvoerder. Het idee dat men turbulentieverschijnselen bij snelheden

rond de geluidssnelheid kon berekenen en beheersen had zijn werking niet gemist. En dat men tot zulke berekeningen in staat was, zei veel over de Rekenafdeling van het MC. De ARRA, het rekenwonder van het Mathematisch Centrum, werd in gebruik gesteld door de minister. Gewerkt heeft de eerste versie van de machine nooit, behalve dan als symbool dat men op de drempel van het volgende tijdperk stond. Timman werd zeer gewaardeerd voor zijn rekenwerk. Hij was berucht om zijn slordigheid in de uitvoering en beroemd om zijn vermogen de geschikte modellen te formuleren voor slecht toegankelijke opgaven. De conclusie van al dergelijke voorbeelden is hier allerm minst dat het precieze rekenwerk er niet toe zou doen, integendeel. Als het rekenwerk uitvoerbaar is gebleken – en in dit blijken kan men inderdaad constateren dat de wiskundigen en de ingenieurs dikwijls op hun woord geloofd werden en worden, zonder dat dit de conclusie zou wettigen dat ‘toepassen’ een zaak van retoriek zou zijn –, heeft kennelijk de afnemer aan een half woord genoeg. Het was in het algemeen de formulering van een probleem, het model, of enkel de denkwijze, de statistische denkwijze of de numerieke analyse, kortom het modelleren, die het effect van de wiskunde bewerkstelligde. Zelfs in de meest geprononceerde verwerking van de wiskunde als productiefactor en zelfs in de meest ‘harde’, technische, ‘toepassingen’ ging het om het beïnvloeden van de denkwijze. Waar in de jaren vijftig deze manier van doen gewoon werd, werd stilzwijgend de mathematiserende denkwijze geadopteerd. Het reflecteren in de zin van verstandelijkheid had overheersend die vorm aangenomen van mathematiseren. Als productiefactor had de wiskunde een ingrijpende invloed op de mentaliteit. In de triomferende techniek was niets meer onmogelijk. Dat niets meer onmogelijk was, betekende primair dat niets meer ondenkbaar was, dat men zich niet hoefde te laten weerhouden een wiskundig model te formuleren. En met het modelleren was de *esprit géométrique* met succes losgemaakt van de wiskunde. Het was een algemene methode geworden.

Zo kreeg het wiskundig denken, dat daartoe in het wiskundig modelleren de adequate vorm had gekregen, de kans het denken en de mentaliteit te beïnvloeden. Doordat het werkelijk productiefactor werd, kon het ook cultuurfactor zijn: juist als productiefactor werd wiskundig denken cultuurfactor.

Bronnen

Archieven

TU Delft, archief Afdeling Algemene Wetenschappen
TU Delft, archief Faculteit Wiskunde en Informatica
TU Delft, archief Burgers, Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica
TU Delft, archief Laboratorium voor Technische (Toegepaste) Mechanica
TU Delft, archief Delfts Hoogeschoolfonds
ARA-Zuid-Holland, archief Technische Hoogeschool, Archief Rector Magnificus en Assessor-
ren; Archief College van Curatoren/College van Herstel
Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam, oud archief
Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam, statistiek-archief
Wiskundig Genootschap, in CWI, archieven Schouten en Van der Corput
Familie Van Dantzig, persoonlijk archief D. van Dantzig
Gemeente Amsterdam, onderwijs-archief;
Gemeente-archief, Afdeling Onderwijs/Universiteit
Universiteit van Amsterdam, Faculteit Wiskunde, Informatica, Natuurkunde en Sterrekunde
(archief Subfaculteit Wiskunde/Mathematisch Instituut)
Museum Boerhaave, archief correspondentie Ehrenfest
TU Eindhoven, bestuurlijk archief Faculteit Wiskunde en Informatica (onderafdeling Wiskun-
de van de Afdeling Algemene Wetenschappen)
Rijksuniversiteit Groningen, personeelsarchief
Rijksuniversiteit Groningen, archief Faculteit Wiskunde en Informatica
Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, afdeling Hoger Onderwijs
Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, oud archief ZWO
Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, archief Natuurwetenschappelijke
Afdeling

Interviews

O. Bottema, 20 februari 1991
N.G. de Bruijn, 24 november 1988
H.J.A. Duparc, 8 december 1988
J.H. Greidanus, 22 januari 1989
J.F. van Haastrecht, 20 februari 1989
J. de Jager, 28 maart 1989
J.H.B. Kemperman, 17 juni 1989
W.T. Koiter, 10 november 1988
L. Kosten, 6 december 1988
J. Kriens, 14 december 1989
R. de Laer Kronig, 24 september 1992
H.W. Lambers, 24 september 1987
J. Sittig, 12 juni 1985, 22 augustus 1986; voordracht 6 februari 1991
Mw. Timman, 13 december 1988, 20 februari 1991
J. Tinbergen, 29 september 1987, voordrachten 2, 9 en 16 december 1987
G.W. Veltkamp, 22 april 1988
A.I. van de Vooren, 31 augustus 1989
H. Wolbers, 5 oktober 1988

eerdere interviews in [Zij mogen 1987]

verschillende gesprekken met J.F. Benders, F. van der Blij, G.W. Bouwkamp, J.W. Cohen (voordracht 22 maart 1991), A.W. Grootendorst, A.J. Hermans, J. Korevaar, J.J. Seidel, D.J. Struik, B.L. van der Waerden, P.J. Zandbergen.

Illustratieverantwoording

- omslag Miča Popovič *Planning a Sub-Human*. Acryl op doek, 200 x 130 cm., 1979.
- p.15 Aad van Wijngaarden op ICM 1954. CWI
- p.41 Folder over de Marshallhulp 1949. GA
- p.64 Condorcet stervende, prent Reinier Vinkeles en Daniel Vrijdag. GA
- p.69 Intocht van de meetkunde, W. Ryff *Perspectiva*. GA
- p.70 Nicolaas Struyck, *Bouwstoffen* GA
- p.83 De zinspreuk van het Wiskundig Genootschap; reproductie WG 1978. GA
- p.108 Wiskundig model, tastbaar. Object Bibliotheek Wiskunde UvA, foto GA
- p.109 (links) Philip Jourdain. Collectie I. Grattan-Guinness
(rechts) Emile Borel, uit [Borel 1940]. GA
- p.117 (linksboven) Heinrich Hertz en (rechtsboven) Ludwig Boltzmann. TUD-WGE
(onder) Paul Ehrenfest, portret door H.H. Kamerling Onnes. SMA
- p.121 Jan M. Burgers. TUD-AE
- p.125 Jan Tinbergen. TIN
- p.131 David van Dantzig. CWI
- p.145 (links) H.J. Reinink en (rechts) G. van der Leeuw. RUG-UM
- p.147 G. van der Leeuw in Ter Apel. RUG-UM
- p.161 J.C.H. Gerretsen. RUG-RC
- p.165 H. Freudenthal in Moskou. CWI-Dan
- p.169 J.G. van der Corput. CWI
- p.173 J.A. Schouten op ICM 1954. CWI
- p.177 D. van Dantzig. CWI
- p.183 (links) G. Mannoury. CWI-Dan; (rechts) L.E.J. Brouwer. CWI
- p.191 J.F. Koksmā. CWI
- p.196 Juliana en ICM 1954. CWI
- p.203 Contacten MC: (linksboven) J.J. Dronkers. *Weg- en Waterbouw* 1961;
(rechtsboven) J.H. Greidanus. Collectie familie Greidanus;
(linksboven) W.J.D. van Dijk. TUD-ITS; (rechtsboven) B. van der Pol. CWI
- p.215 J.G. van der Corput, college en publiek voor 'Neutrices'. CWI
- p.223 De Statische Afdeling op het dak in 1951. CWI

Jaren van berekening

- p.229 J. Hemelrijk spreekt. CWI
p.234 (links) Comrie's *Interpolation and Allied Tables* met @-tje van A. van Wijngaarden. GA; (rechts) C.S. Scholten soldeert. CWI
p.235 De rekenaarsters in 1954. CWI
p.237 ARRA I, uitgetoetst (boven) en officieel in gebruik gesteld (onder). CWI
p.240 ARMAC (boven) Van Wijngaarden inspecteert de bouw en (onder) computer in gebruik. CWI
p.242 J. Engelfriet. Collectie J. Engelfriet Jr.
p.243 De fabriekshal van Electrologica. CWI
p.255 Bureau voor Conjunctuuronderzoek, vertrek van J. Tinbergen. CBS
p.261 J. Sittig. Collectie J. van Ettinger Jr.
p.265 J. Goudriaan. TUD-ITS; achtergrond uit [Goudriaan 1924]
p.267 ISOTYPE beeldtaal. Uit [Neurath 1940]
p.271 J. van Ettinger. Collectie J. van Ettinger Jr.
p.275 KDI, Kwaliteitsdienst voor de Industrie. Collectie J. van Ettinger Jr.
p.277 *The Way Ahead*. GA
p.285 De F-27 en Greidanus. Collectie fam. Greidanus
p.287 Advertentie Philips' Telecommunicatie Industrie, uit *The Way Ahead*. GA
p.309 F.K.Th. van Iterson. DSM
p.315 C.B. Biezeno en R. Grammel. Uit *De Ingenieur*, 1961. Achtergrond: Appendix *Technische Dynamik* uit 1939
p.317 J.M. Burgers. Foto en achtergrond TUD-AE
p.321 De onderwereld van Biezeno. TUD-TM
p.324 (links) H.J. Greidanus. Collectie fam. Greidanus; (rechtsboven) R. Timman. Collectie Y. Timman; A.I. van de Vooren, (rechtsonder). RUG-UM
p.330 R. Timman. Collectie Y. Timman
p.346-348 J.G. Rutgers, F. Schuh, H. Bremekamp, H.J. van Veen, C.H. van Os, J.A. Schouten, N.G. de Bruijn, J. de Groot, F. Loonstra. TUD-ITS
p.352 Natuurkundigen W.J. de Haas, C. Zwikker en H.B. Dorgelo. TUD-TN
p.353 Hoogleraren elektrotechniek. TUD-WGE
p.355 O. Bottema. CWI
p.361 (links) H. Bremekamp, (rechts) R. Kronig. TUD-ITS
p.369 J.J. Kalker. Collectie J.J. Kalker
p.373 R. Timman, A. van der Neut en C.B. Biezeno. TUD-foto
p.376 O. Bottema en J. Cals. TUD-foto
p.379 ZEBRA. TUD-foto
p.388 A.I. van de Vooren. Collectie A.I. van de Vooren
p.391 J.J. Seidel en G. Veltkamp. Collectie J.J. Seidel
p.395 J.F. Benders. Collectie J.F. Benders

Collecties:

- CBS, Archief Centraal Bureau voor de Statistiek, 255
Collectie J.F. Benders, 395
Collectie J. Engelfriet Jr., 242
Collectie J. van Ettinger, 261, 271, 275
Collectie familie Greidanus, 203rb, 285, 324l
Collectie I. Grattan-Guinness, 109l
Collectie J.J. Kalker, 369
Collectie Y. Timman, 324rb, 330

Collectie J.J. Seidel, 391
Collectie A.I. van de Vooren, 388
CWI, bibliotheek Centrum voor Wiskunde en Informatica, 15, 131, 169, 173, 177, 183r, 191,
196, 203ro, 213, 223, 229, 234r, 235, 237, 240, 243, 355
CWI-Dan, collectie nalatenschap D. van Dantzig, CWI, 165, 183l
DSM, Archief DSM, 309
GA, Collectie G. Alberts, 41, 64, 69, 70, 83, 108, 109r, 203lb, 324l, 267, 277, 287, 315
RUG-RC, Rekencentrum, Rijksuniversiteit Groningen, 161
RUG-UM, Universiteitsmuseum, Rijksuniversiteit Groningen, 145, 147, 324ro
SMA, Stedelijk Museum Amsterdam, 117o
TIN, Stichting Wetenschappelijke Nalatenschap Jan Tinbergen, 125
TUD-AE, Burgers-archief, Laboratorium voor Aero- en Hydrodynamica,
Technische Universiteit Delft, 121, 317
TUD-foto, fotografische dienst Technische Universiteit Delft, 373, 376, 379
TUD-ITS, faculteit Informatietechnologie en Systemen, Technische Universiteit Delft, 203lo,
265, 346-348, 361
TUD-TM, afdeling Technische Mechanica, Technische Universiteit Delft, 321
TUD-TN, afdeling Technische Natuurkunde, Technische Universiteit Delft, 352
TUD-WGE, werkgroep Geschiedenis Elektrotechniek, Technische Universiteit Delft, 117lb,
117rb, 353

Literatuur

- [Ackoff 1979] 'The Future of Operations Research is Past' /Russell L. Ackoff. In: *Journal of the Operational Research Society* 30 - 2 (1979), pp.93-104.
- [Aerts 1996] 'Prometheus en Pandora. Een inleiding tot cultuurkritiek en cultuurpessimisme' /Remieg Aerts. In: [Aerts/Berkel 1996 pp.10-66].
- [Aerts/Berkel 1996] *De pijn van Prometheus. Essays over cultuurkritiek en cultuurpessimisme* /Remieg Aerts en Klaas van Berkel (red.). Groningen: Historische Uitgeverij, 1996.
- [Aitken 1937] 'Studies in Practical Mathematics' I-VI /A.C. Aitken. In: *Proc. Royal Soc. Edinburgh* 57-63 (1937-1951).
- [Alberts 1989] 'Signific Consultation. David van Dantzig's Dream of a Practicle Significs' /Gerard Alberts. *Report AM 8902*. Amsterdam: CWI, 1989. Ook in [Heijerman/Schmitz 1991 pp.57-76]
- [Alberts 1993] 'Conference on the History of ALGOL 68' /G. Alberts (ed.). Amsterdam: CWI (*Report AM-HN 9301*), 1993.
- [Alberts 1994a] *Wiskunde en praktijk in historisch perspectief* /G. Alberts. Amsterdam: CWI (*CWI-Syllabus 37*), 1994.
- [Alberts 1994b] 'On Connecting Socialism and Mathematics: Dirk Struik, Jan Burgers, and Jan Tinbergen' /G. Alberts. In: *Historia Mathematica* 21 (1994), pp.280-305.
- [Alberts e.a. 1989] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1989.
- [Alkemade 1995] 'Biography' /geen auteursverm. [Fons Alkemade] in: *Selected Papers of J.M. Burgers* /F.T.M. Nieuwstadt and J.A. Steketeetee (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995, pp.i-cix.
- [Arntz/Broos 1979] *Symbolen voor onderwijs en statistiek* /Gerd Arntz, Kees Broos. Amsterdam: Spruijt, 1979.
- [Baalen 1987] 'De K.L.M. als parapedaardje van een verarmd Nederland (1948-1950)' /C.C. van Baalen. In: *Politiiek(e) Opstellen 7* (1987) (Centrum voor Parlementaire Geschiedenis, KUN) pp.9-21.
- [Baalen 1995] *Management en Hoger Onderwijs. De geschiedenis van het academisch management-onderwijs in Nederland* /Peter J. van Baalen (diss. EUR). Delft: Eburon, 1995.

Jaren van berekening

- [Bakker Schut 1947] 'Ruimtelijke Planning' /F. Bakker Schut. In: *Prae-adviezen voor het Congres over Maatschappelijke Planning (te houden op 11 oktober 1947 te Amsterdam)* Instituut voor Sociaal Onderzoek van het Nederlandse Volk (ISONEVO). Haarlem: Bohn (= overdruk *De Economist* 1947 7-8), 1947, pp.52-72.
- [Bakker/Vliet 1981] *Algorithmic Languages. A Tribute to Prof.Dr.Ir. A van Wijngaarden on the Occasion of his Retirement from the Mathematical Centre* /J.W. de Bakker and J.C. van Vliet (eds.). Amsterdam etc.: North-Holland, 1981.
- [Bannier 1975] 'ZWO 25 jaar?' /J.H. Bannier. In: [ZWO 25 1975 pp.59-70].
- [Bannier 1987] 'De hoeder van de stichtingen' /J.H. Bannier (interview door G. Alberts en P.C. Baayen). In: [Zij mogen 1987 pp.104-114].
- [Batchelor 1996] *The Life and Legacy of G.I. Taylor* /George Batchelor. Cambridge: Cambridge UP, 1996.
- [Beauclair 1983] 'Prof. A. Walther, das IPM der TH Darmstadt und die Entwicklung der Rechentechnik in Deutschland 1930-1945' /W. de Beauclair. In: *Skizzen zu den Anfängen der Datenverarbeitung* /Fr. Gebhardt (hrsg.) München: R. Oldenbourg (GMD-Bericht 143), 1983, pp.53-89.
- [Bedrijfswetenschappelijke 1928] *Bedrijfswetenschappelijke voordrachten* /J.G.Ch. Volmer e.a.. Eindhoven: Philips' Onderwijs en Volksontwikkeling, 1928.
- [Berghuys 1952] *Grondslagen van de aanschouwelijke meetkunde* /J.J.W. Berghuys (diss. U.v.A.). Groningen-Djakarta: p.Noordhoff, 1952.
- [Berkel 1996] *Dijksterhuis. Een biografie* /Klaas van Berkel. Amsterdam: Bert Bakker, 1996.
- [Berkel 1986] 'Wetenschap en wijsbegeerte in het werk van Jacob Clay (1882 - 1955)' /K. van Berkel. In: *Filosofie in Nederland. De Internationale School voor Wijsbegeerte als ontmoetingsplaats, 1916-1986* /A.F. Heyerman, M.J. van den Hoven (red.). Meppel: Boom, 1986.
- [Berkeley 1734] *The analyst – or a discourse addressed to an infidel mathematician. Wherein it is examined whether the object, principles, and inferences of the modern analysis are more distinctly conceived, or more evidently deduced, than religious mysteries and points of faith. 'First cast the beam out of thine own eye; and then shalt thou see clearly to cast out of thy brother's eye'* /George Berkeley. 1734. In: *The Works of George Berkeley* (Vol I-IV) /A.C. Fraser (ed.). Oxford, 1901. Vol III.
- [Berlinski 1976] *Systems Analysis. An Essay Concerning the Limitations of some Mathematical Methods in the Social, Political, and Biological Sciences* /David Berlinski. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1976¹; 1978².
- [Bernal 1963] *The Social Function of Science* /J.D. Bernal. Cambridge (Mass), 1963.
- [Beschouwingen 1960] *Beschouwingen over stormvloeden en getijbeweging (Rapport Deltacommissie, Deel 3, Bijdragen II. 1-5. Bijdragen Mathematisch Centrum)* /Deltacommissie. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1960.
- [Betekenis 1940] *De betekenis en de rol der wetenschap in de maatschappij. Zaterdagmiddagvoordrachten in Teyler's Stichting te Haarlem op 18 en 25 November, 2 December 1939* /H.R. Kruyt, A.H. Blaauw, H.W. Julius, J. Tinbergen, J.H. van der Hoop en A.D. Fokker. 's-Gravenhage: Nijhoff, 1940.
- [Beth 1948] 'De wetenschap als cultuurfactor' /E.W. Beth. In: [Functie 1948 pp.7-19].
- [Bibliografie 1967] *Bibliografie van de dissertaties ter verkrijging van de titel doctor in de technische wetenschappen en lijst van promoties honoris causa 1905-1966* /Technische Hogeschool Delft. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1967.
- [Biezeno 1914] *De betekenis der wiskunde als hulpwetenschap der toegepaste mechanica* /C.B. Biezeno (inaug. rede TH). Delft: Waltman, 1914.
- [Biezeno 1947] 'Roeping en plicht. Rede gehouden ter gelegenheid van de Leergang "Reorganisatie Technisch Hoger Onderwijs" op woensdag 29 januari 1947 te Delft' /C.B. Biezeno. In: *Leergang Reorganisatie Technisch Hoger Onderwijs*. Delft: Centrale Commissie Studiebelangen, 1947, pp.79-109.

- [Biezeno 1958] *Afscheidscollege* /C.B. Biezeno e.a.. Delft: Afd. Werktuigbouwkunde, 1958.
- [Biezeno/Burgers 1925] *Proceedings of the first International Congress for Applied Mechanics, Delft 1924* /C.B. Biezeno and J.M. Burgers (eds.). Delft: Waltman, 1925.
- [Biezeno/Grammel 1939] *Technische Dynamik* /C.B. Biezeno und R. Grammel. Berlin: Julius Springer, 1939¹, 1953². Reprint ed. Ann Arbor: Edwards, 1944. Vele vertalingen, o.m. *Engineering Dynamics* (4 Vols.) London/Glasgow: Blackey & Son, 1954.
- [Blackmore 1972] *Ernst Mach. His Work, Life, and Influence* /John T. Blackmore. Berkeley etc.: Un. of California Press, 1972.
- [Blanken 1976] "Force of Order and Methods". *An American View into Dutch Directed Society* /Maurice C. Blanken. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1976.
- [Blay 1986] 'Deux moments de la critique du calcul infinitésimal: Michel Rolle et George Berkeley' /M. Blay. In: *Revue d'Histoire des Sciences* 39 (1986), pp.223-253.
- [Bloemen 1988] *Scientific Management in Nederland 1900-1930* /E.S.A. Bloemen (diss. RUL). Amsterdam: NEHA (NEHA Series III Vol 3), 1988.
- [Blom 1981] 'Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945-1950)' /J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158]. Repr. in: [Blom 1989 pp.184-217].
- [Blom 1982] 'Openbare mening in vele gedaanten. Enkele voorbeelden uit de geschiedenis van Nederland in de 19e en 20e eeuw' /J.C.H. Blom. *Massacommunicatie* 10-6 (december 1982), pp.243-249.
- [Blom 1986] 'Verzet als norm' /J.C.H. Blom (Cleveringalezing 1985). In: *Maatstaf* 1986-6 pp.20-28. Herdruk in [Blom 1989 pp.151-163]
- [Blom 1989] *Crisis, bezetting en herstel. Tien studies over Nederland 1930-1950* /J.C.H. Blom. Den Haag: Nijgh & Van Ditmar, 1989.
- [Blom e.a. 1995] *Academische vrijheid* /J.C.H. Blom, A.J. Kox en T.J. Veen (red.). Amsterdam: Vossiuspers AUP, 1995.
- [Bloomfield 1986] *Modelling the world. The social construction of systems analysis* /Brian p. Bloomfield. Oxford: Basil Blackwell, 1986.
- [Bochove 1986] 'Waarom het leger de oorlog verloor. Het debat tussen Gerrit Mannoury en Otto Neurath over taal en kennis 1937-1940' /Aart van Bochove. (Doctoraalscriptie sociologie, RUG). Groningen: bij de auteur, 1986.
- [Bogaarts 1989] *Onder Liefincks bewind (Parlementaire Geschiedenis van Nederland na 1945, Deel II: De periode van het Kabinet-Beel, 3 juli 1946 - 7 augustus 1948, Band B)* /M.D. Bogaarts (diss. KUN). 's-Gravenhage: Sdu, 1989.
- [Böhl e.a. 1981] *Nederland industrialiseert! Politieke en ideologische strijd rondom het naoorlogse industrialisatiebeleid 1945-1955* /Herman de Liagre Böhl, Jan Nekkers en Laurens Slot (red.). Nijmegen: SUN, 1981.
- [Bok 1958] *Cybernetica (Stuurkunde). Hoe sturen wij ons leven, ons werk en onze machines?* /S.T. Bok. Utrecht/ Antwerpen: Het Spectrum (Aula 4), 1958¹;1962⁴.
- [Bok 1946a] *De gedachtengang van de Statistica* /S.T. Bok. Leiden: Stenfert Kroese, 1946.
- [Bok 1946b] 'Statistica' /S.T. Bok. In *Statistica* I (1946/47), pp.45-46; 102-107; 249-256.
- [Boltzmann 1911] 'Model' /Ludwig Boltzmann. Lemma in: *The Encyclopedia Britannica* 11th edition Vol. XVIII. Cambridge: Univ. Press, 1911; pp.638-640.
- [Boltzmann 1892] 'Über die Methoden der theoretischen Physik' /L. Boltzmann. In: [Dyck 1892 pp.89-98].
- [Bonger 1934] *Problemen der democratie. Een sociologische en psychologische studie* /W.A. Bonger. Groningen: Noordhoff, 1934.
- [Booth 1955] *Numerical Methods* /Andrew D. Booth. London: Butterworth, 1955.
- [Borel 1912a] 'Modèles arithmétiques et analytiques de l'irréversibilité apparente' /Emile Borel. In: *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 154 (1912) pp.1148-1150.

Jaren van berekening

- [Borel 1912b] 'Les théories moléculaires et les Mathématiques' /Emile Borel. (Conférences faites à l'occasion de l'inauguration du Rice Institute, à Houston). In: *Revue générale des Sciences* 23 (1912) pp.842-853. Repr. ed. in: [Borel 1940 pp.316-340] Ook verschenen in het Engels als 'Molecular theories and Mathematics' /Emile Borel. In: *Annual Report of the Smithsonian Institute*. Washington, Smithsonian, 1913. Ook in: *Rice Institute Pamphlet* 1 (1915) pp.163-193.
- [Borel 1940] *Selecta. Jubilé Scientifique de M. Emile Borel*. Paris: Gauthier-Villars, 1940.
- [Bos 1946] *De stad der toekomst; de toekomst der stad. Een stedenbouwkundige en sociaal-culturele studie over de groeiende stadsgemeenschap* /door een studiegroep onder leiding van ir. A. Bos. Rotterdam: Voorhoeve, 1946.
- [Bosman/Wagenaar 1995] *Een geruisloze doorbraak. De geschiedenis van architectuur en stedenbouw tijdens de bezetting en de wederopbouw van Nederland* /Kooos Bosman en Cor Wagenaar (red.). Rotterdam: NAI, 1995.
- [Bottema 1956] 'Rectorale rede (uitgesproken op 17 sept. 1956)' /O. Bottema. Delft: TH, 1956.
- [Boudri 1994] *Het mechanische van de mechanica. Het krachtbegrip tussen mechanica en metafysica van Newton tot Lagrange I*. Christiaan Boudri (diss. UT). Delft: Eburon, 1994.
- [Boumans 1992] *A Case of Limited Physics Transfer. Jan Tinbergen's Resources for Reshaping Economics* /Marcel Boumans. Amsterdam: Thesis Publishers, 1992.
- [Boyer 1939] *The Concepts of Calculus* /C.B. Boyer. s.l.: Hafner, 1949² (1939¹).
- [Briefwechsel 1911] *Briefwechsel Friedrich des Großen mit Voltaire* /R. Koser und H. Droysen (Hrsg.). Leipzig: Publikationen aus den K. preußischen Staatsarchiven 86, 1911.
- [Brink 1990] *Structuur in beweging. Het landbouwstructuurbeleid in Nederland 1945-1985* /A. van den Brink (diss. LUW). Wageningen: Pudoc (*Wageningse Economische Studies*), 1990.
- [Brookman 1979] *The Making of a Science Policy. A Historical Study of the Institutional and Conceptual Background to Dutch Science Policy in a West-European Perspective* /Frits Henry Brookman (diss. VU). Amsterdam: Academische pers, 1979.
- [Brouwer 1907] *Over de grondslagen der wiskunde* /L.E.J. Brouwer (diss. UvA). Amsterdam/Leipzig: Maas en Van Suchtelen, 1907. (Heruitgave: D. van Dalen (red.). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1981).
- [Brouwer 1933] 'Willen, weten, spreken' /L.E.J. Brouwer. In: *Euclides* 9 (1932/33), pp.177-193.
- [Brugmans 1960] *Paardenkracht en Mensenmacht. Sociaal-Economische Geschiedenis van Nederland 1795-1940* /I.J. Brugmans. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1960, 1983¹.
- [Bruijn 1978] 'Commentary' /N.G. de Bruijn [Two Decades 1978 pp.116-124]
- [Burg 1983] *De Vrije Katheder 1945-1950. Een platform van communisten en niet-communisten* /Fenna van den Burg (diss. RUG). Amsterdam: Van Gennep, 1983.
- [Burg 1989] *Zestig jaar Kwaliteitsbeheersing. Een slome geschiedenis* /A.R. van der Burg. Rotterdam: Stichting Kwaliteitsdienst-KDI, 1989.
- [Burg e.a. 1990] *NSS 1940-1990. 50 jaar Marktonderzoek* /A.R. van der Burg e.a. Den Haag: NSS, 1990.
- [Burgers 1939] 'Mathematical Examples Illustrating Relations Occurring in the Theory of Turbulent Fluid Motion' /J.M. Burgers. In: *Verh. KNAW Eerste Sectie* 17 - 2 (1939), pp.1-53.
- [Burgers 1940a] 'Application of a Model System to Illustrate Some Points of the Statistical Theory of Free Turbulence' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* 43 (1940), pp.2-12.
- [Burgers 1940b] 'On the Application of Statistical Mechanics to the Theory of Turbulent Fluid Motion. A Hypothesis Which can Serve as a Basis for a Statistical Treatment of Some Mathematical Model Systems' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* 43 (1940), pp.936-945, pp.1153-1159.
- [Burgers 1941] 'Beschouwingen over de statistische theorie der turbulente strooming' /J.M. Burgers. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden. Ned. Tijdschr. v. Natuurkunde* 8-1,2 (1941), pp.5-18.

- [Burgers 1944] 'Trekken van de moderne westerse wetenschap' /J.M. Burgers. *Mededeelingen van de Nederlandsche Akademie van Wetenschappen, Afdeling Letterkunde Nieuwe Reeks* 7-5 (1944), pp.197-220.
- [Burgers 1948] 'A Mathematical Model Illustrating the Theory of Turbulence' /J.M. Burgers. In: *Advances in Applied Mechanics* 1 (1948), pp.171-199.
- [Burgers 1955a] *Terugblik op de hydrodynamica* /J.M. Burgers (afscheidscollege). Delft: TH Afd.Werkbt., 1955.
- [Burgers 1955b] 'A Model for One-Dimensional Compressible Turbulence with Two Sets of Characteristics' /J.M. Burgers. In: *Proceedings KNAW* B58 (1955), pp.1-18.
- [Burgers 1956] *Ervaring en conceptie* /J.M. Burgers. Arnhem: Van Loghum Slaterus, 1956.
- [Burgers 1965] *Experience and Conceptual Activity. A Philosophical Essay Based Upon the Writings of A.N. Whitehead* /J.M.Burgers. Cambridge (MA): MIT Press, 1965.
- [Burgers 1974] *The Nonlinear Diffusion Equation. Asymptotic Solutions and Statistical Problems* /J.M. Burgers. Dordrecht/Boston: Reidel, 1974.
- [Bush 1931] 'The Differential Analyzer. A New Machine for Solving Differential Equations' /Vannevar Bush. In: *Journal of the Franklin Institute* 212 (1931), pp.447-488.
- [Bush 1945] *Science. The Endless Frontier* /Vannevar Bush. Washington: US Government Printing Office, 1945.
- [Carnap 1942] *Introduction to Semantics* /R. Carnap. Cambridge (Mass.): Harvard UP, 1942.
- [Cauchy 1821] *Cours d'analyse* /A.-L. Cauchy. Paris, 1821.
- [Cauchy 1823] *Résumé des leçons données à l'Ecole Royale Polytechnique* /A.-L. Cauchy. Paris, 1823.
- [Chandler 1977] *The Visible Hand. The Managerial Revolution in American Business* /Alfred D. Chandler. Boston: Harvard UP, 1977
- [Clausius 1857] 'Über die Art der Bewegungen, die wir Wärme nennen' /R. Clausius. In: *Annalen der Physik und Chemie* 100 (1857), p.253.
- [Clausius 1859] 'Über die mittlere Länge der Wege, welche bei der Molekularbewegung gasförmiger Körper von den einzelnen Molekulen zurückgelegt werden; nebst einigen anderen Bemerkungen über die mechanische Wärmetheorie' /R. Clausius. In: *Annalen der Physik und Chemie* 105 (1859), p.239.
- [Cleeff 1939] *Sociaal-economische ordening. Een ideologisch-sociologische beschouwing van religieus standpunt* /Ed. van Cleeff (met een voorwoord van J. Tinbergen). Arnhem: Van Loghum-Slaterus, 1939.
- [Cleeff 1970] 'De voorgeschiedenis van het Centraal Planbureau' /Ed. van Cleeff. In: *25 jaar Centraal Planbureau* (CPB Monografie 12). 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1970.
- [Cobbenhagen 1945] *Over de grondslagen en motieven van het economisch handelen* /M.H.J. Cobbenhagen (rede 18e dies KEH, 21 november 1945). Tilburg: Bergmans, 1945.
- [Cohen 1985] *Revolution in Science* /I.B. Cohen. Cambridge (Mass.): Harvard UP, 1985.
- [Cohen 1990] 'Howard Aiken and the Beginnings of Computer Science' /I.B. Cohen. In: *CWI Quarterly* 4-4 (1990).
- [Cohen 1994] *The Scientific Revolution. A Historiographic Inquiry* /H.F. Cohen. Chicago: Chicago UP, 1994.
- [Collette 1989] 'Bouwen met wiskunde' /P.M.J.L.p.Collette. In: [Alberts e.a. 1989 pp.17-34]
- [Colloquium 1947] 'Colloquium Asymptotische Ontwikkelingen 1947-1950' /S.C. van Veen en J.G. van der Corput (eds.). Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MCAM* 47 TC 4; 48 TC 8; 49 TC 12a t/m 12g; 50 TC 13), 1947-1950.
- [Copijn 1933] *Leiding. De technische leider als leider van mensen in het bedrijf* /ir. H.L. Copijn. Den Haag: Servire, 1933.
- [Corput 1923] *Grepen uit de getallenleer* /J.G. van der Corput (inaug. rede RUG). Groningen: Noordhoff, 1923.

Jaren van berekening

- [Corput 1930] 'De ontwikkeling der wiskunde in Nederland in de laatste 50 jaren' /geen auteursverm. [J.G. van der Corput]. In: [Ontwikkeling/Luik 1930 pp.94-102].
- [Corput 1940] 'De wiskunde' /J.G. van der Corput. In: [Wegen 1940].
- [Corput 1946a] *Het Mathematisch Centrum* /J.G. van der Corput (Inaug. rede UvA). Groningen/Batavia: Noordhoff, 1946.
- [Corput 1946b] 'Het Mathematisch Centrum en het Middelbaar Onderwijs' /J.G. van der Corput (Toespraak 6e Congres Leraren Wis- en Natuurkunde, 1946). In: *Simon Stevin* 1946 pp.21-30.
- [Corput 1948a] 'Wiskunde' /J.G. van der Corput. In: [Geestelijk 1948: DI 2 pp.255-291].
- [Corput 1948b] 'Betekenis der wiskunde heden ten dage voor andere wetenschappen' /J.G. van der Corput. In: *Natuurkundige voordrachten Nieuwe Reeks* no. 25 (voordrachten gehouden in de maatschappij Diligentia te 's-Gravenhage). 's-Gravenhage: Van Stockum, 1948.
- [Corput 1949] 'Enkele universitaire problemen' /J.G. van der Corput. In: [Quaestiones 1949 pp.20-26].
- [Corput 1953] 'Moderne rekenmachines' /J.G. van der Corput (Diesrede Gem. Univ. Amsterdam, 18-10-1952). In: *Simon Stevin* 29 (1953) pp.203-228.
- [Corput 1954] 'Wiskunde' /J.G. van der Corput. In: [Ontwikkeling/Thijm 1954 pp.453-473].
- [Corput 1959] 'Neutrices' /J.G. van der Corput. In: *Journal SIAM* 7-3 (1959) pp.253-279.
- [Corput 1968] 'Omhullende reeksen I' /J.G. van der Corput. Mathematisch Centrum, Rapport MCAM 68 TN-51.
- [Courant 1969] 'Gauss and the Present Situation of the Exact Sciences' /Richard Courant (vertaling van lezing gehouden in Göttingen, 19-2-1955, ter gelegenheid van de honderste sterfdag van Gauss). In: [Saaty/Weyl 1969].
- [Crowther/Whiddington 1948] *Science at War* /J.G. Crowther and R. Whiddington. S.I.: Philosophical Library, 1948.
- [Culmann 1866] *Graphische Statik* /C. Culmann. Zürich, 1866.
- [Damsté/Cocheret 1955 p.30] *Herrezen Nederland 1945-1955. Uitgegeven ter herinnering aan onze nationale bevrijding tien jaar geleden* /R.A. Damsté en Ch.A. Cocheret (red.). 's-Gravenhage: Nationaal 5 Mei Comité, 1955.
- [Dantzig 1927] 'Over de maatschappelijke waarde van onderwijs in wiskunde' /D. van Dantzig. In: *Bijvoegsel van het Nieuw Tijdschrift voor Wiskunde, gewijd aan onderwijs belangen* [later: *Euclides*] 3 (1926/27) pp.186-196.
- [Dantzig 1931] *Studiën over topologische algebra* /David van Dantzig (diss). Amsterdam: H.J. Paris, 1931.
- [Dantzig 1938] *Vragen en schijnvragen over ruimte en tijd. Een toepassing van den wiskundigen denkvorm* /D. van Dantzig (inaug. rede THD). Groningen: Wolters, 1938.
- [Dantzig 1941a] 'Mathematische en empiristische grondslagen der waarschijnlijkheidsrekening' /D. van Dantzig. In: *Waarschijnlijkheidsrekening en statistische methoden. Ned. Tijdschrift voor Natuurkunde* 8 (1941) pp.70-93.
- [Dantzig 1941b] 'Punti di vista' /D. van Dantzig, met reactie van B. de Finetti en dupliek van Van Dantzig. In: *Statistica* (It.) 1941 pp.229-242.
- [Dantzig 1945a] 'Annexatie, een nationaal gevaar' /D. van Dantzig. In: *De Vrije Katheder* 5-22 (1945), pp.7-9.
- [Dantzig 1945b] 'Toespraak tot de Delftsche Studenten (gehouden door Prof.dr. D. van Dantzig bij de hervatting zijner colleges en als inleiding op zijn college Wiskunde, Logica en Ervaringswetenschappen op Woensdag, 3 oktober 1945)' /D. van Dantzig. In: *Het Orakel van Delft* 1- 2 (23-11-1945).
- [Dantzig 1946a] 'Wiskunde, Logica en Ervaringswetenschappen' (syllabus college Logica, TH Delft, 1945/46) /D. van Dantzig. S.I., s.a. [Delft: Studium Generale TH Delft, 1946].

- [Dantzig 1946b] 'Syllabus Waarschijnlijkheidsrekening en Mathematische Statistiek' /D. van Dantzig. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1946/47 [syllabus van kadercursus VVS 1946/47 en college UvA 1947-1950. Gestencild 27+415 pag.].
- [Dantzig 1946c] 'Signifische beschouwingen over de begrippen 'Schuld', 'Straf, e.a. in verband met het annexatievraagstuk'. 'Praeadvies te voorbereiding der vergadering der Vereeniging inzake annexatie van Duitsch grondgebied door Nederland'/D. van Dantzig. In: *Mededeelingen van de Nederlandsche Vereeniging voor Internationaal Recht* 24 (1946), pp.1-38.
- [Dantzig 1947] 'General Procedures of Empirical Science' /D. van Dantzig. In: *Synthese* 5 (1947) pp.441-445.
- [Dantzig 1948a] 'Over de maatschappelijke functie van zuivere en toegepaste wetenschappen' /D. van Dantzig. In: [Functie 1948 pp.20-40].
- [Dantzig 1948b] 'Significs, and its Relations to Semiotics' /D. van Dantzig. In: *Library of the Xth International Congress of Philosophy, Vol II, Philosophical Essays*. Amsterdam, 1948, pp.176-189.
- [Dantzig 1948c] 'Over de mogelijkheid ener wetenschappelijke houding tegenover politieke en ideologische vragen' /D. v. Dantzig. In: *Maatschappij en Wetenschap* 1 (1948).
- [Dantzig 1949] *Blaise Pascal en de betekenis der wiskundige denkwijze voor de studie van de menselijke samenleving* /D. van Dantzig (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949. Ook in: *Euclides* 25 pp.203-232.
- [Dantzig 1953] 'Het wiskundig model in de ervaringswetenschappen' /D. van Dantzig. In: *Euclides* 29 (1953) pp.35-41.
- [Dantzig 1954a] 'De verantwoordelijkheden van de statisticus' /D. van Dantzig. In: *Statistica* 7 (1954) pp.199-208.
- [Dantzig 1954b] 'Wiskundig consultatie in de praktijk' /D. van Dantzig. In: *Euclides* 30 (1954) pp.53-67.
- [Dantzig 1954c] 'Mathematical Problems Raised by the Flood Disaster 1953' /D. van Dantzig. In: *Proceedings International Congress of Mathematicians* (Amsterdam 1954) Vol I pp.218-239.
- [Dantzig 1957a,b] 'Statistical Priesthood I (Savage on Personal Probabilities)'. 'Statistical Priesthood II (Sir Ronald on Scientific Inference)' /D. van Dantzig. In: *Statistica Neerlandica* 11 (1957) pp.1-16; resp.pp.185-200.
- [Dantzig 1957c] 'Van "Rekeningh in Spelen van Geluck" tot Besliskunde' (Diesrede UvA 1957) /D. van Dantzig. In: *Jaarboek II U.v.A.* Amsterdam: UvA, 1957 pp.39-50.
- [Dantzig/Hemelrijk 1954] 'Verdere wiskundige analyse van de uitkomsten van enkele proeven en waarnemingen' /D. van Dantzig en J. Hemelrijk. In: *Appendix verslag van de werkgroep voor landbouwkundig onderzoek inzake het wichelroedeprobleem*. Amsterdam: KNAW, 1955. (Hoofdstuk XI pp.108-116). Ook: Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MC SD 54 SD-18r*), 1954.
- [Dantzig/Kriens 1960] 'Het economisch beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed' /D. van Dantzig en J. Kriens. In [Beschouwingen 1960 pp.57-110].
- [Davis/Hersch 1986] *Descartes' Dream* /Philip J. Davis and Reuben Hersch. Harcourt Brace Jovanovich, 1986. (Ned. vert. Utrecht: Contact, 1987).
- [Descartes 1701] *Regulae ad directionem ingenii* /René Descartes. In: *Oeuvres de Descartes* /Adam et Tannery (eds.) Paris: Cerf, 1908. Tome X pp.359-469. I.h.b. p.378. Oorspr. uitgeg. in: *Opuscula posthuma physica et mathematica*. Amsterdam, 1701.
- [Dehue 1990] *De regels van het vak. Nederlandse psychologen en hun methodologie 1900-1985* /Trudy Dehue. Amsterdam: Van Gennep, 1990.
- [Deltacommissie 1960] *Rapport Deltacommissie. Eindverslag en Interimadviezen van de Deltacommissie*. 's-Gravenhage: Sdu, 1960.

Jaren van berekening

- [Dercksen 1986] *Industrialisatiepolitiek rondom de jaren vijftig. Een sociologisch-economische beleidsstudie* /W.J. Dercksen (diss. RL). Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1986.
- [Destouches 1967] *Qu'est-ce que la physique mathématique?* /Jean-Louis Destouches. Paris: Gauthier-Villars (*Traité de physique théorique et de physique mathématique* XVIII), 1967.
- [Diemer 1968] 'Die Begründung des Wissenschaftscharakters der Wissenschaft im 19. Jahrhundert – die Wissenschaftstheorie zwischen klassischer und moderner Wissenschaftskonzeption' /Alwin Diemer. In: *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert* /A. Diemer (Hrsg.), (*Studien zur Wissenschaftstheorie* Band 1). Meisenheim am Glan: Verlag Anton Hain, 1968, pp.3-62.
- [Dijkhuis/Lauwerier 1994] *Schouten beschouwd* /B. Dijkhuis en H.A. Lauwerier (red.). Amsterdam: CWI, 1994.
- [Dijksterhuis 1924] *Val en worp. Een bijdrage tot de geschiedenis der mechanica van Aristoteles tot Newton* /E.J. Dijksterhuis. Groningen: Noordhoff, 1924.
- [Dijksterhuis 1950] *De mechanisering van het wereldbeeld* /E.J. Dijksterhuis. Amsterdam: Meulenhoff, 1950¹; 1980².
- [Doorn 1981] 'Corporatisme en technocratie. Een verwaarloosde polariteit in de Nederlandse politiek' /J.A.A. van Doorn. In: *Beleid en Maatschappij* (1981) pp.134-149.
- [Doornbos 1989] *Terugblik op een toevalspad* /R. Doornbos (afscheidscollege). Eindhoven: TUE, 1989.
- [Dresden 1987] *H.A. Kramers. Between Tradition and Revolution* /M. Dresden. New York etc.: Springer, 1987.
- [Dulken 1985] 'De cultuurpolitieke opvattingen van prof.dr. G. van der Leeuw (1890 - 1950)' /Hans van Dulken. In: *Kunst en beleid in Nederland 1* pp.81-162 (Amsterdam: Boekmanstichting/Van Gennep, 1985).
- [Duparc/Grootendorst 1978] 'Historical Survey' /H.J.A. Duparc en A.W. Grootendorst. In: [Two Decades 1978 pp.v-xxiv].
- [Dullaart 1984] *Regeling of vrijheid. Nederlands economisch denken tussen de wereldoorlogen* /M.H.J. Dullaart (diss. EUR). Rotterdam: bij de auteur, 1984.
- [Duynstee/Bosmans 1977] *Het kabinet Schermerhorn-Drees. 24 juni 1945-3 juli 1946* /F.J.F.M. Duynstee en J. Bosmans. Assen/Amsterdam: Van Gorcum, 1977. (*Parlementaire geschiedenis van Nederland na 1945* 1).
- [Dyck 1892] *Katalog mathematischer und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente* /Walther Dyck (Hrsg.; im Auftrag der Deutsche Mathematiker-Vereinigung). München: C. Wolf & Sohn, 1892.
- [Dyck 1893a] idem, *Nachtrag*. 1893.
- [Dyck 1893b] *Einleitender Bericht über die Mathematische Ausstellung in München* /Walther Dyck (Vortrag DMV). München: J.G. Cotta, 1893.
- [Economic 'Miracles' 1964] *Economic 'Miracles'. Studies in the Resurgence of the French, German and Italian Economies since the Second World War* /Josseleyn Hennessey, Vera Lutz, Giuseppe Scimone. London: Andre Deutsch, 1964.
- [Edwards 1979] *The Historical Development of the Calculus* /C.H. Edwards. New York: Springer, 1979.
- [Eerste tien 1962] *De eerste tien jaren van het Ministerie van Maatschappelijk Werk 1952-1962*. 's-Gravenhage, 1962.
- [Ehrenfest 1911] 'Begriffliche Grundlagen der statistischen Auffassung in der Mechanik' /p.und T. Ehrenfest. In: [Encyklopädie 1898 IV.32 (IV-4 Heft 6)].
- [Encyclopédie 1751] *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* /D. Diderot (red.). (28 vols) 1751-1765.
- [Encyklopädie 1898] *Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen* /Hrsg. Walther Dyck e.a.. Leipzig/Berlin: Teubner, 1898-1935.

- [Ende 1994] *The Turn of the Tide. Computerization in Dutch Society 1900-1965* /Jan van den Ende (Diss. TUD). Delft: Delft University Press, 1994.
- [Ende/Jong 1989] 'Rekenen aan waterstromen. Getijdenonderzoek in Nederland, 1920-1950' /Jan van den Ende, Frida de Jong. In: *Jaarboek voor de Geschiedenis van Bedrijven Techniek 6* (1989), pp.191-209.
- [Engelfriet 1948] *De anatomie van de actuaris* /J. Engelfriet. (inaug. rede UvA; ook in *Verzeke- ringsarchief 27* (1948), pp.281-301); repr. ed. in *The Written Output of Johannes Engelfriet. Een anthologie van zijn werk uit de periode 1933-1978*, Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1978, pp.1-21.
- [Epistemological 1981] *Epistemological and Social Problems of the Sciences in the Early Nineteenth Century* /H.-N. Jahnke and M. Otte (eds.). Dordrecht etc: Reidel, 1981.
- [Ettinger 1930] 'De statistiek in de onderneming' /J. van Ettinger. *Prae-advies voor de Efficiency-dagen van het Nederlands Instituut voor Efficiency*. 's-Gravenhage, 1930.
- [Ettinger 1939] 'Kwaliteitscontrôle' /J. van Ettinger. *Prae-advies etc.*. 's-Gravenhage, 1939.
- [Ettinger 1946a] 'De statistische analyse in dienst van het herstel' /J. van Ettinger. In: *Statistica* I-1 (1946), pp.3-5.
- [Ettinger 1946b] 'Kwaliteitsbeheersching' /J. van Ettinger. *Prae-advies etc.*. 's-Gravenhage: NIVE, 1946.
- [Ettinger 1974] *Overleven door Kwaliteit* /J. van Ettinger. Amsterdam: De Bezige Bij, 1974.
- [Ettinger/Sittig 1961] *Meer door Kwaliteit* /J. van Ettinger en J. Sittig. Rotterdam: Bouwcentrum (voor de Kwaliteitsdienst voor de Industrie), 1961.
- [Faludi 1989] 'Planning According to the "Scientific Conception of the World". The Work of Otto Neurath' /A. Faludi. In: *Environment and Planning D: Society and Space*, 7 (1989) pp.397-418.
- [Faludi/Valk 1994] *Rule and Order. Dutch Planning Doctrine in the Twentieth Century* /Andreas Faludi and Arnold van der Valk. Dordrecht: Kluwer, 1994.
- [Fischer 1986] *Mathematische Modelle/Mathematical Models. From the Collections of Universities and Museums* (2 Vols.) /Gerd Fischer (ed.). Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 1986.
- [Fleischhacker 1982] *Over de grenzen van de kwantiteit* /L.E. Fleischhacker (diss UvA). Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1982.
- [Fleischhacker 1992] 'Mathematical Abstraction, Idealisation and Intelligibility in Science' /L.E. Fleischhacker. In: *Intelligibility in Science* /Craig Dilworth (ed.). Amsterdam/Atlanta: Rodopi (*Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 26), 1992; pp.243-263.
- [Fleischhacker 1993] 'Het mathematisch ideaal' /L.E. Fleischhacker. In: *De uil van Minerva* 9-3 (1993), pp.165-180.
- [Fleischhacker 1994] *Beyond Structure. The Power and Limitations of Mathematical Thought in Common Sense, Science and Philosophy* /Louk Eduard Fleischhacker. Frankfurt a/M etc: Peter Lang (*European University Studies* XXI/449), 1994.
- [Fokker 1952] 'De natuurkunde voorheen en thans' /A.D. Fokker. In: [Tijd 1952 pp.158-164].
- [Fontenelle 1702] *Histoire du renouvellement de l'académie royale des sciences en M.DC.XCIX [1699] et les éloges historiques de tous les académiciens morts depuis ce Renouveaulement. Avec un discours préliminaire sur l'utilité des Mathématiques et de la Physique* /Bernard de Fontenelle. Paris, 1702/Amsterdam, 1709'.
- [Föppl 1897] *Vorlesungen über technische Mechanik* 6 Bde. /A. Föppl. Leipzig, 1897-1910.
- [Föppl 1899] 'Ziele und Methoden der technischen Mechanik' /A. Föppl. In: *Jahresb. DMV* 6 (1899), pp.99-110.
- [Fortuyn 1980] *Sociaal-economische politiek in Nederland 1945-1949* /Pim Fortuyn (diss. RUG). Alphen aan den Rijn: Samsom, 1980.
- [Freudenthal 1946] 'Rekenmachines winnen den oorlog' /Hans Freudenthal. In: *De Groene Amsterdammer*, 16 maart 1946.

Jaren van berekening

- [Freudenthal 1961] *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences* (Proceedings of the Colloquium Sponsered by the Division of Philosophy of Science of the International Union of History and Philosophy of Sciences organized at Utrecht, January 1960, by) /Hans Freudenthal (ed.). Dordrecht: Reidel (*Synthese Library*), 1961.
- [Freudenthal 1987a] *Schrijfdat op. Hans. Knipsels uit een leven* /Hans Freudenthal. Amsterdam: Meulenhoff Informatief, 1987.
- [Freudenthal 1987b] 'Tegen de gerontocratie' /H. Freudenthal (interview door H.M. Nieland en P.C. Baayen) In: [Zij mogen 1987 pp.115-120].
- [Fry 1928] *Probability and its Engineering Uses* /Thornton C. Fry. New York: Van Nostrand, 1928.
- [Fry 1941] 'Industrial Mathematics' /Thornton C. Fry. In: [Research 1941 pp.268-288].
- [Fry 1963] 'Mathematicians in Industry. The First 75 Years' /Thornton C. Fry. In: *Science* 143 (1963), pp.934-938.
- [Functie 1948] *De functie der wetenschap. Tweede symposium der societeit voor culturele samenwerking te 's-Gravenhage* /E.W. Beth, D. van Dantzig, C.F.p.Stutterheim. 's-Gravenhage: H.p.Leopolds Uitg., 1948.
- [Galbraith 1967] *The New Industrial State* /John Kenneth Galbraith. Hammondsworth (UK): Penguin, 1974 (1st ed. 1967 Hamish Hamilton, 2nd revised edition 1972, André Deutsch Ltd).
- [Galesloot/Schrevel -] *In fatsoen hersteld. Zedelijkheid en Wederopbouw na de oorlog* /Hansje Galesloot en Margreet Schrevel (red.). Amsterdam: SUA, z.j.
- [Gastelaars 1985] *Een geregeld leven. Sociologie en sociale politiek in Nederland 1925-1968* /Marja Gastelaars. Amsterdam: SUA, 1985.
- [Gauss 1801] *Disquisitiones arithmeticae* /C.F. Gauss. 1801.
- [Geestelijk 1948] *Geestelijk Nederland 1920-1940* 2 dln. /K.F. Proost en J. Romein (red.). Amsterdam: Kosmos, 1948.
- [Geesteswetenschappelijk 1948] *Geesteswetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1933-1943 verricht is op het gebied der godgeleerdheid, der rechtswetenschappen, der taal- en letterkunde, der geschiedenis, der filosofie, psychologie en paedagogiek en der sociale wetenschappen* /Werkgemeenschap van wetenschappelijke organisaties in Nederland (red.). Amsterdam: Noord-Hollandsche, 1948.
- [Gericke 1972] *50 Jahre GAMM* /H. Gericke. Berlin etc.: Springer, 1972; *Beiheft zum Ingenieur-Archiv* 41 (1972).
- [Gericke 1984] 'Das Mathematische Forschungsinstitut Oberwolfach' /H. Gericke. In: [Perspectives 1984 p.23-39].
- [Gibbs 1902] *Elementary Principles in Statistical Mechanics. Developed with Especial Reference to the Rational Foundation of Thermodynamics* /J. Willard Gibbs. New York: Charles Scribner's Sons /London: Edward Arnold, 1902. (Yale Bicentennial Publications).
- [Gielen 1947] 'Openingsrede van de Minister van Onderwijs' /J.J. Gielen. In: *Verslag van het congres van het Nederlands Verbond van Directies en leerkrachten bij het N.O., gehouden op 29, 30 en 31 oktober 1947 te Utrecht*.
- [Gilbreth 1949] *Cheaper by the Dozen* /Frank B. Gilbreth jr. and Ernestine Gilbreth Carey. New York, 1949/London: Heinemann, 1949/ Ned. vert. *Voordeliger per dozijn*. Amsterdam: Breughel, 1951.
- [Goldstine 1977] *A History of Numerical Analysis. From the 16th through the 19th Century* /Herman H. Goldstine. New York etc.: Springer, 1977.
- [Goudriaan 1922] *De doelmatigheid van de Amsterdamsche broodvoorziening* /J. Goudriaan (diss. T.H. Delft). Amsterdam: Roossen, 1922.
- [Goudriaan 1924] 'Over organisatie-schema's' /J. Goudriaan. In: *Administratieve arbeid. maandblad voor rationeele werkmethode*. 2-4,5,7 (1924).

- [Goudriaan 1928] 'De ethiek van de bedrijfsleiding' /J. Goudriaan. In: *De Naamlooze Vennootschap* VI (1928) pp.324-327; 356-359.
- [Goudriaan 1933] *Socialisme zonder dogma's* /J. Goudriaan. Haarlem: Tjeenk Willink, 1933.
- [Goudriaan 1961] *Vriend en vijand. Herinneringen aan de Nederlandse Spoorwegen 1938-1948* /J. Goudriaan. Amsterdam: De Bezige Bij, 1961.
- [Grabiner 1981] 'Changing Attitudes Toward Mathematical Rigor. Lagrange and Analysis in the Eighteenth and Nineteenth Century' /Judith V. Grabiner. In: [Epistemological 1981 pp.311-330].
- [Granger 1956] *La mathématique sociale du Marquis de Condorcet* /Gilles-Gaston Granger. Paris: PUF, 1956.
- [Graphic 1975] *Graphic Communication through ISOTYPE* /J.A. Edwards and M. Twyman (eds.). Reading: Univ. of Reading, 1975.
- [Grattan-Guinness 1990a] 'Work for the Hairdressers. The Production of De Prony's Logarithmic and Trigonometric Tables' /Ivor Grattan-Guinness. In: *Annals of the History of Computing* 12 (1990), pp.177-185.
- [Grattan-Guinness 1990b] *Convolution in French Mathematics, 1800-1840* (3 Vols) /I. Grattan-Guinness. Basel: Birkhauser, 1990.
- [Griffiths 1980] 'The Netherlands Central Planning Bureau' /R.T. Griffiths. In: *The Economy and Politics of the Netherlands since 1945* /R.T. Griffiths (ed.). Den Haag: Martinus Nijhoff, 1980, pp.135-161.
- [Griffiths 1987] *The Netherlands and the Gold Standard, 1931-1936. A Study in Policy Formation* /Richard T. Griffiths (ed.). Amsterdam: NEHA, 1987.
- [Groen 1987] *Het wetenschappelijk onderwijs in Nederland van 1815 tot 1980. Een onderwijskundig overzicht* 3 dln. /M. Groen. Eindhoven: bij de auteur, 1987-1989.
- [Groenevelt/Spiegel 1987] 'Wetenschappelijk Rekenen in Delft 1957-1986' /J. Groenevelt en E. Van Spiegel. In: *Feestbundel SHDB. Feestbundel ter gelegenheid van het 12½-jarig bestaan van de Stichting Hogere Beroepsopleidingen Delft* /A.W. Grootendorst e.a. Delft: s.n., 1987, pp.3-7.
- [Grosheide 1965] 'In memoriam J.F.Koksma' /G.H.A.Grosheide Fwzn. In: *Jaarboek VU*. Amsterdam: VU, 1965.
- [Haaften 1923] *Het Wiskundig Genootschap. Zijn oudste geschiedenis, zijn werkzaamheden en zijn beteekenis voor het verzekeringswezen* /M. van Haaften. Groningen: Noordhoff, 1923.
- [Habermas 1968] *Technik und Wissenschaft als 'Ideologie'* /Jürgen Habermas. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1968.
- [Habermas/Luhmann 1971] *Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie – Was leistet die Systemforschung?* /Jürgen Habermas und Niklas Luhmann. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, 1971.
- [Hak 1994] *Stagnatie in de Nederlandse godsdienstwetenschap 1920-1980. De bijdrage van Gerardus van der Leeuw, Fokke Sierksma en Theo p.van Baaren aan de godsdienstwetenschap* /Durk Hak (diss. RUG). Amsterdam: Thesis Publishers, 1994.
- [Hakfoort 1988] 'De fundamentele spanning in Newtons natuurwetenschap' /C. Hakfoort. In: *Wijsgerig perspectief op maatschappij en wetenschap* 29-1 (1988/89), pp.2-7.
- [Hardy 1940] *A Mathematician's Apology* /G.H. Hardy. 1940¹; repr. ed. with a foreword by C.p.Snow: Cambridge: Cambridge University Press, 1967.
- [Hartog 1959] *Democratie en economische planning* /F. Hartog. Leiden: Stenfert Kroese, 1959.
- [Hartree 1949] *Calculating Instruments and Machines* /Douglas R. Hartree. Urbana: Univ. of Illinois Press, 1949.
- [Hartree 1952] *Numerical Analysis* /D.R. Hartree. Oxford: Clarendon Press (Oxford UP), 1952.
- [Heek 1948] 'Sociografie (Amsterdamse richting)' /F. van Heek. In: [Geesteswetenschappelijk 1948 pp.426-432].
- [Hegel 1812] *Wissenschaft der Logik* (2 Tle)/G.W.F. Hegel. Hamburg: Felix Meiner, 1975 (oorspr. Berlin, 1812).

Jaren van berekening

- [Hegel 1817] *Encyklopädie der philosophischen Wissenschaften* (3 Tle)/G.W.F. Hegel. Frankfurt: Suhrkamp 1970 (oorspr. Berlin, 1817).
- [Heijden e.a. 1987] *Felix Meritis 1787-1987* /Chris van der Heijden e.a. Amsterdam: Uniepers, 1987.
- [Heijerman/Schmitz 1991] *Significs, Mathematics and Semiotics* /E. Heijerman and H.W. Schmitz (eds.). Münster: Nodus, 1991.
- [Heijmans 1994] *Wetenschap tussen universiteit en industrie. De experimentele natuurkunde in Utrecht onder W.H. Julius en L.S. Ornstein 1896-1940* /H.G. Heijmans (diss. UU). Rotterdam: Erasmus Publishing, 1994.
- [Heilbron 1990] *Het ontstaan van de sociologie* /Johan Heilbron. Amsterdam: Prometheus, 1990.
- [Heisenberg 1956] 'Die Entwicklung der Deutung der Quantentheorie' /W. Heisenberg. In: *Physikalische Blätter* 12-7 (1956) pp.289-304.
- [Helpen 1951] *Helpen als ambacht* /M. Kamphuis e.a.. Baarn: Bosch & Keuning, 1951¹, 1953².
- [Hemelrijk 1954] 'Statistiek en practijk' /J. Hemelrijk. Rapport MC SD 54 S-153. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1954.
- [Hemelrijk 1959] 'In memoriam Prof. Dr. D. van Dantzig' /J. Hemelrijk. In: *Statistica Neerlandica* 13 (1959) pp.416-432.
- [Hen 1980] *Actieve en re-actieve industriepolitiek in Nederland. De overheid en de ontwikkeling van de Nederlandse industrie in de jaren dertig en tussen 1945 en 1950* /P.E. de Hen (diss. KHT). Amsterdam: De Arbeiderspers, 1980.
- [Hensel 1989] 'Die Auseinandersetzungen um die mathematische Ausbildung der Ingenieure an den Technischen Hochschulen Deutschlands Ende des 19. Jahrhunderts' /Susann Hensel. In: [Hensel e.a. 1989]
- [Hensel e.a. 1989] *Mathematik und Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland. Soziale Auseinandersetzung und philosophische Problematik* /S. Hensel, K-N. Ihmig, M. Otte. Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1989.
- [Herstel 1945] *Herstel en Vernieuwing* /Koningin Wilhelmina en W. Schermerhorn (Radiotoespraken 27 juni 1945). S.l.: Sectie Voorlichting Mil. Gezag, 1945.
- [Hertz 1894] *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt* /Heinrich Hertz. Hrsg. von Ph. Leonard; mit einem Vorworte von H. von Helmholtz. Leipzig: J.A. Barth, 1894 (*Gesammelte Werke von Heinrich Hertz*, Band III).
- [Hesse 1963] *Models and Analogies in Science* /Mary B. Hesse. London: Sheed and Ward, 1963.
- [Hesse 1966] *Models and Analogies in Science* /Mary B. Hesse. Notre Dame: Univ. of Notre Dame Press, 1966 (uitgebreide heruitgave van [Hesse 1963]).
- [Heun 1901] 'Die kinetische Probleme der wissenschaftlichen Technik' /Karl Heun. In: *Jahresbericht DMVIX-2* (1901), pp.1-122.
- [Hofstra 1937] *De sociale aspecten van kennis en wetenschap* /Sj. Hofstra. Amsterdam: Scheltema en Holkema, 1937.
- [Hollander 1948] 'Sociografie en sociologie' /A.N.J. Hollander. In: [Geestelijk 1948: dl 2 pp.119-146].
- [Holst 1946] 'Het opstellen van een plan voor de Technische Hoogeschool' (rede uitgesproken in de vergadering van curatoren met de hoogleraren en de lectoren op woensdag 30 oktober 1946 door den president-curator Prof. Dr. G. Holst). Archief TH te Delft dossier 717. ARA 3.12.08.
- [Homburg 1993] *Van beroep 'Chemiker'. De opkomst van de industriële chemicus en het polytechnische onderwijs in Duitsland (1790-1850)* /Ernst Homburg (diss. KUN). Delft: Delftse Universitaire Pers, 1993.
- [Horkheimer/Adorno 1987] *Dialectiek van de Verlichting. Filosofische fragmenten* /Max Horkheimer en Theodor W. Adorno; uit het Duits vertaald door Michel J. van Nieuwstadt. Nijmegen: Sun, 1987. Oorspr. *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente* Amsterdam: Querido, 1947.

- [Houwaart 1991] *De hygiënisten. Artsen, staat en volksgezondheid in Nederland 1840-1890* /E.S. Houwaart. Groningen, 1991.
- [Houwaart 1993] 'Medische statistiek' /E.S. Houwaart. In: [Lintsen e.a. 1992 II pp.18-45]
- [Huizinga 1935] *In de schaduwen van morgen. Een diagnose van het geestelijk lijden van onzen tijd* /Joh. Huizinga. Haarlem: Tjeenk-Willink, 1935.
- [Husserl 1977] *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* /E. Husserl. Hamburg: Felix Meiner, 1977, 1982² (oorspr. in *Philosophia* I 1936)
- [Huygens 1673] *Horologium Oscillatorium sive De Motu Pendulorum ad Horologia Aptatia. Demonstrationes Geometricae* /Christian Hugenii. Pariis: F. Muguet, 1673; repr.ed. in [Huygens 1888 XVIII] *Œuvres Complètes de Christiaan Huygens* Vol I-XXII, Den Haag: Martinus Nijhoff, 1888-1950; Vol. XVIII (1934).
- [Hymans/Mey 1946] *Mensch en Samenleving* 3 dln. /Ernst Hymans en Abram Mey. Utrecht: De Haan, 1946-48.
- [Idenburg 1953] 'De maatschappelijke positie der intellectuelen' /Ph. J. Idenburg. In: [Prae-adviezen VWO 1953 pp.19-83].
- [Industrialisatie-nota 1949] *[Eerste] Nota in zake de industrialisatie in Nederland (Bijlage IV van de Memorie van Toelichting op het Xde Hoofdstuk (Economische Zaken) van de Rijksbegroting voor het dienstjaar 1950)*. 's-Gravenhage, 1949.
- [Ingenieur 1940] *Ingenieur, studie, praktijk. Leergang georganiseerd door de Centrale Commissie voor Studiebelenen te Delft, in samenwerking met de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs, gehouden 7,8 en 9 Februari 1940*. Delft: Centr. Cie. Studiebelenen, s.a.
- [Janik/Toulmin 1973] *Wittgenstein's Vienna* /Allan Janik and Stephen Toulmin. New York: Simon & Shuster(Touchstone), 1973.
- [Janssen 1989] *Op weg naar Breda. De opleiding van officieren voor het Nederlandse leger tot aan de oprichting van de Koninklijke Militaire Academie in 1828* /J.A.M.M. Janssen (diss. KU Nijmegen). 's-Gravenhage: Sectie Mil. Gesch. Landmachtstaf, 1989.
- [Jonker 1988] *De sociologische verleiding. Sociologie, sociaaldemocratie en welvaartsstaat* /E. Jonker. Groningen: Wolters-Noordhoff/Forsten, 1988.
- [Jourdain 1909] 'The Relevance of Mathematics' /Philip E.B Jourdain. In: *Nature* LXXX (1909) pp.382-384.
- [Jourdain 1912] *The Nature of Mathematics* /Philip E.B. Jourdain. London/Edinburgh: T.C. & E.C. Jack (*The People's Books*); New York: Dodge, s.a. [1912]. repr.ed. in [World 1956 pp.4-72].
- [Jourdain 1914] 'Economy of Thought' /Philip E.B Jourdain. In: *The Monist* 24 (1914) pp.134-145.
- [Kamp 1955] *De Technische Hogeschool te Delft 1905-1955* /A.F. Kamp (red.). 's-Gravenhage: Sdu, 1955.
- [Kamp 1955a] 'De Technische Hogeschool. Start en groei, doel en taak' /A.F. Kamp. In: [Kamp 1955 pp.1-155]
- [Kármán/Levi-Civita 1924] *Vorträge aus dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik* /Th. Von Kármán, T. Levi-Civita (Hrsg.). Berlin: Springer, 1924.
- [Kasteel 1957] 'Ontstaan en groei van TNO' /Th.J. van Kasteel. In: [Kwarteeuw 1957 pp.1-39].
- [Keesing 1947] *De conjuncturele ontwikkeling van Nederland en de evolutie van de economische overheidspolitiek 1918-1939* /F.A.G. Keesing. Utrecht/Antwerpen: Het Spectrum, 1947, 1952². Reprint: Nijmegen: SUN, 1978.
- [Kemeny 1959] *A Philosopher Looks at Science* /John G. Kemeny. New York etc.: Van Nostrand, 1959. Ned. vert. *Een wijsgerige visie op de wetenschap*. Hilversum: De Haan, 1967.
- [Kemeny 1972] *Man and the Computer* /John G. Kemeny. New York: Charles Scribner's Sons, 1972.
- [Kendall 1943] *The Advanced Theory of Statistics* (2 Vols) /M.G. Kendall. London: Charles Griffin & Co., 1943. Vele herdrukken.

Jaren van berekening

- [Kersten 1996] *Een organisatie van en voor onderzoekers. De Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O) 1947-1988* /Albert E. Kersten. Assen: Van Gorcum, 1996.
- [Kleerekoper 1938] *Over het gebruik van de wiskunde in de economie* /S. Kleerekoper (diss. UvA). Groningen: Noordhoff, 1938.
- [Klein 1894] 'On the mathematical character of space-intuition and the relation of pure mathematics to the applied sciences' /F. Klein. In: *The Evanston Colloquium. Lectures on Mathematics* /F. Klein (ed. by A. Ziwet). New York: MacMillan, 1894. Repr.ed. in: [Klein 1921 II pp.225-231].
- [Klein 1902] 'Auszug aus dem Gutachten der Göttinger philosophischen Fakultät betreffend die Beneke-Preisauflage für 1901' /F. Klein. In: *Mathematische Annalen* 55 (1902); Ook in: [Klein 1921 II pp.241-246].
- [Klein 1908] 'Wissenschaft und Technik' /Felix Klein. In: *Physikalische Zeitschrift* 9 (1908), pp.1-4.
- [Klein 1921] *Gesammelte mathematische Abhandlungen* (3Bde) /Felix Klein, herausgegeben von R. Fricke, A. Ostrowski, H. Vermeil und E. Bessel-Hagen (von F. Klein mit ergänzenden Zusätzen versehen). Berlin: Julius Springer, 1921-1923.
- [Klein 1970] *Paul Ehrenfest* /Martin J. Klein. Amsterdam: North Holland, 1970.
- [Klein/Plaat 1981] *Herrijzend Nederland. Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* /P.W. Klein en G.N van der Plaat (red.). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (= *BMGN* 96-2).
- [Kleinman 1985] 'Preface' /Ralph E. Kleinman. In: [Water waves 1985]
- [Klemm 1966] 'Die Rolle der Mathematik in der Technik des 19. Jahrhunderts' /Friedrich Klemm. In: *Technikgeschichte* 33-1 (1966), pp.72-96.
- [Kline 1980] *Mathematics. The Loss of Certainty* /Morris Kline. Oxford etc.: Oxford UP, 1980.
- [Klompmaker/Vries 1957] 'Historiografiek' /H. Klompmaker en Joh. de Vries. In: *W.p.voor het bedrijfsleven*. Amsterdam: Elsevier, 1957, D.I pp.81-95.
- [Kloosterman 1942] 'Wiskunde' /H.D. Kloosterman, rapporteur. In: [Natuurwetenschappelijk 1942 pp.234-255].
- [Knight 1981] *Ordering the World. A History of Classifying Man* /David Knight. London: Burnett Books/Andre Deutsch, 1981.
- [Koch 1953] 'The Laboratory for Applied Mechanics at the Technological University of Delft' /J.J. Koch. In: *Anniversary Volume on Applied Mechanics. Dedicated to C.B. Biezeno* /-. Haarlem: Stam, 1953, pp.209-303.
- [Koch 1958] 'Waarde Biezeno' /J.J. Koch. In: [Biezeno 1958 pp.47-53].
- [Kok 1947] boekbespreking: van 'J.M. Kooy and J.W.H. Uytenbogaart: *Ballistics of the future*' /J.A. Kok. In: *De Ingenieur* 59-19 (1947) pp.L43-44(sectie *Luchtvaarttechniek* 1947.b).
- [Koksma 1959] 'In memoriam David van Dantzig 23 September 1900-22 July 1959' /J.F. Koksma. In: *Synthese* XI-4 (Dec. 1959) pp.329-334.
- [Koksma 1960] 'Het Mathematisch Centrum 1946-1960' /J.F. Koksma. In: *Jaarboek ZWO* 1960.
- [Koksma e.a. 1947] 'Speciale onderwerpen uit de getallenleer. Meetkunde der getallenleer' (serie voordrachten voorjaar 1947) /J.F. Koksma, K. Mahler, L.J. Mordell. Amsterdam: Mathematisch Centrum (*Rapport MC PM 47 2C-1*), 1947.
- [Kossmann 1977] *De Lage Landen 1780-1970 (Winkler Prins Geschiedenis der Nederlanden III)* /E.H. Kossmann, met ass. van W.E. Krul. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1977.
- [Kossmann 1986] *De Lage Landen 1780-1980. Twee eeuwen Nederland en België* (2 dln) /E.H. Kossmann. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1986.
- [Kossmann 1989] 'Nederland in de eerste na-oorlogse jaren' /E.H. Kossmann. In [Alberts e.a. 1989 pp.7-16]

- [Kranakis 1987] 'Navier's Theory of Suspension Bridges' /Eda F. Kranakis. In: *From Ancient Omens to Statistical Mechanics* /J.L. Berggren and B.R. Goldstein (eds.). Copenhagen: University Library, 1987, pp.247-258.
- [Kranakis 1988] 'Early Computers in the Netherlands' /Eda Kranakis. In: *CWI Quarterly* 1-4 (1988), pp.61-84.
- [Kriens e.a. 1956] 'Operations Research' /J. Kriens, G. de Leve, p.de Wolff. *Syllabus MCSD* 56 SC-9. Amsterdam: MC, 1956.
- [Krönig 1856] 'Grundzüge einer Theorie der Gase' /A. Krönig. In: *Annalen der Physik und Chemie* 99 (1856), pp.315-322.
- [Krüger e.a. 1987] *The Probabilistic Revolution*, Vol. I, *Ideas in History* /Lorenz Krüger, Lorraine J. Daston and Michael Heidelberger (eds.). Cambridge (Mass.): MIT Press, 1987.
- [Kuhn 1977] *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* /Thomas S. Kuhn. Chicago: The University of Chicago Press, 1977. Ned. ed. [Kuhn 1979]
- [Kuhn 1979] *De noodzakelijke spanning. Opstellen over traditie en vernieuwing in de wetenschap* /Thomas S. Kuhn. Meppel: Boom, 1979. Vertaling van selectie uit: [Kuhn 1977].
- [Kuhn 1979a] 'Wiskundige versus experimentele tradities in de ontwikkeling van de natuurwetenschap' /Thomas S. Kuhn. In: [Kuhn 1979] pp.49-94
- [Kuipers/Timman 1963] *Handboek der Wiskunde* /L. Kuipers en R. Timman (red.). Amsterdam: Scheltema en Holkema, 1963¹, 1966² (deel II 1970¹, deel III 1972¹).
- [Kwarteeuw 1957] *Een kwarteeuw TNO, 1932-1957. Gedenkboek bij de voltooiing van de eerste 25 jaar werkzaamheid van de organisatie TNO op 1 mei 1957* /geen auteursvermelding. Den Haag: Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek, 1957.
- [Lagrange 1772] 'Sur une nouvelle espèce du calcul relatif à la différentiation et l'intégration des quantités variables' /J.L. Lagrange. In: *Nouv. Mem. Berlin* 1772. p.185-221 (repr. ed. *Oeuvres de Lagrange* Tome III, p.439-476).
- [Lagrange 1788] *Mécanique analytique* /J.L. Lagrange. 1788 (repr.ed. *Oeuvres de Lagrange* Vol XI).
- [Lagrange 1797] *Théorie des fonctions analytiques* /J.L. Lagrange. Paris, 1797 (repr. ed. *Oeuvres de Lagrange* Tome IX).
- [Lakatos 1976] *Proofs and Refutations. The Logic of Mathematical Discovery* /Imre Lakatos (ed. by John Worrall and Elie Zahar). Cambridge etc: Cambridge U.P., 1976.
- [Lakatos 1978] *Mathematics, Science and Epistemology. Philosophical Papers Vol. 2* /Imre Lakatos (ed. by John Worrall and Gregory Currie). Cambridge etc.: Cambridge U.P., 1978.
- [Laplace 1792] *Traité de mécanique céleste* /P.S. Laplace. Paris, 1792-1805 [suppl. 1823].
- [Laplace 1812] *Théorie analytique des probabilités* /Pierre Simon Laplace. Paris, 1812.
- [Laplace 1814] *Essai philosophique sur les probabilités* /Pierre Simon Laplace. Paris, 1814¹; 1825²; Paris: Gauthier-Villars, 1921.
- [Launay 1934] *Monge, Fondateur de l'Ecole Polytechnique* /L. de Launay. Paris, 1934.
- [Leeuw A. 1954] 'De universiteiten en hogescholen' /A.J. van der Leeuw. In: [Onderdrukking 1954 III pp.301-337]
- [Leeuw 1940] *Balans van het Christendom* /G. van der Leeuw. Amsterdam: 1940.
- [Leeuw 1945] *Balans van Nederland* /G. van der Leeuw. Amsterdam: H.J. Paris, 1945.
- [Leeuw 1946] 'Actieve cultuurpolitiek' /G. van der Leeuw. In: *Socialisme en Democratie* 3-11 (nov.1946) pp.322-326.
- [Böhl e.a. 1981] *Nederland industrialiseert! Politieke en ideologische strijd rondom het naoorlogse industrialisatiebeleid 1945-1955* /Herman de Liagre Böhl, Jan Nekkens en Laurens Slot (ed.). Nijmegen: SUN, 1981.
- [Lieberman 1977] *The Growth of European Mixed Economies 1945-1970. A Concise Study of the Economic Evolution of Six Countries* /Sima Lieberman. New York etc.: Wiley, 1977.
- [Lijphart 1968] *Verzuiling, pacificatie en kentering in de Nederlandse politiek* /A. Lijphart. Amsterdam: De Bussy, 1968.

Jaren van berekening

- [Lintsen 1980] *Ingenieurs in Nederland in de Negentiende Eeuw. Een streven naar Erkenning en Macht* /Harry Lintsen. 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1980.
- [Lintsen e.a. 1992] *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van de moderne samenleving 1800-1890* (6 Dln) /H.W. Lintsen e.a. (red.). Zutphen: Walburg Pers/Eindhoven: Stichting Historie der Techniek, 1992-1995.
- [Lorentz 1905] 'De wegen der theoretische natuurkunde' /H.A. Lorentz (rede voor de Vereniging 'Secties voor Wetenschappelijke Arbeid' te Amsterdam op 20 januari 1905). In: [Lorentz 1935 IX p.53].
- [Lorentz 1935] *H.A. Lorentz Collected Papers* Vol.I-IX. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1935-1939.
- [M.C. Publications 1971] *M.C. Publications 1946-1971* (2 Vols.) Amsterdam: Mathematical Centre, 1971.
- [Maanen 1987] *Facets of Seventeenth Century Mathematics in the Netherlands* /J.A. van Maanen (diss. RU Utrecht). S.l.: bij de auteur, 1987.
- [Mancosu 1989] 'The Metaphysics of the Calculus: A Foundational Debate in the Paris Academy of Sciences, 1700-1706' /Paolo Mancosu. In: *Historia Mathematica* 16 (1989), pp.224-248.
- [Mannheim 1935] *Mensch und Gesellschaft im Zeitalter des Umbaus* /Karl Mannheim. Leiden: Sijthoff, 1935.
- [Mannheim 1940] *Man and Society in the Age of Reconstruction* /Karl Mannheim. London: Kegan Paul, 1940. Vertaling van [Mannheim 1935]
- [Mannoury 1917] *De sociale beteekenis van de wiskundige denkvorm* /G. Mannoury (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1917.
- [Mannoury 1925] *Mathesis en mystiek. Een signifieste studie van kommunisties standpunt* /G. Mannoury. Amsterdam: Wereldbibliotheek, 1925. Heruitgave: Utrecht: Bohn, Scheltema en Holkema, 1978.
- [Mannoury 1947] *Handboek der Analytische Significa* (2 dln: I. *Geschiedenis der begripskritiek*. II. *Hoofdbegrippen en methoden. Ontogenese en Fylogense van het verstandhoudingsapparaat*). /G. Mannoury. Bussum: Kroonder, 1947-1948.
- [Mannoury 1949] *Significa, een inleiding* /G. Mannoury. Den Haag: Servire, 1949.
- [Mauersberger 1988] 'Technik im Umfeld der Naturerkenntnis von Galilei bis Newton' /Klaus Mauersberger. In: *Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte* 7 (1988) (= *Naturwissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert* Berlin, 1988) pp.179-212.
- [Mauersberger 1989] 'Descartes' Einfluß auf das technische Denken und die Herausbildung der Technikwissenschaften' /K. Mauersberger. In: *Descartes und das Problem der wissenschaftlichen Methode* /H.-M. Gerlach und R. Meyer (Hrsg.). Halle (Saale): Martin Luther Universität Halle-Wittenberg (*Wissenschaftliche Beiträge* 7 (1989) A112), 1989 pp.137-144.
- [Mauersberger 1992] 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technik im 17./18. Jahrhundert' /K. Mauersberger. (voordracht GAMM-Tagung, Leipzig, 25. März 1992, ongepubliceerd).
- [Maynard/Stegemerten 1939] *Operation Analysis* /H.B. Maynard, G.J. Stegemerten. New York: McGraw-Hill, 1939.
- [Mehrtens 1986] 'Angewandte Mathematik und Anwendungen der Mathematik im nationalsozialistischen Deutschland' /Herbert Mehrten. In: *Geschichte und Gesellschaft* 12 (1986), pp.317-347.
- [Messing 1981] *De Nederlandse Economie 1945-1980. Herstel Groei Stagnatie* / Frans Messing Bussum: Unieboek, 1981.
- [Mettrop 1986] 'Socratische dialogen in de statistische consultatie' /M.W. Mettrop. Afschrift UvA, 1986.
- [Mettrop 1987] 'Consultaties aan de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum' /Mettrop. In: [Zij mogen 1987 pp.198-213].

- [Micheels 1977] '15 mei 1941. De oprichting van de Rijksdienst voor het Nationale Plan' /Sabine Micheels. *Verkenningen in planning theorie en onderwijs* 19, THDelft, Afdeling Bouwkunde. Delft: VSSD, 1977.
- [Mijnhardt 1987] *Tot nut van 't menschdom. Culturele genootschappen in Nederland, 1750-1815* /W.W. Mijnhardt. Amsterdam: Rodopi, 1987.
- [Mijnhardt/Wichers 1984] *Om het algemeen volksgeluk. Twee eeuwen particulier initiatief, 1784-1984* /W.W. Mijnhardt & A.J. Wichers [Gedenkboek van de Maatschappij tot Nut van 't Algemeen]. Edam: Maatschappij tot Nut van 't Algemeen, 1984.
- [Mises 1921] ('Zur Einführung') 'Über die Aufgaben und Ziele der angewandten Mathematik' /R. von Mises. In: *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* 1-1 (1921), pp. I-15.
- [Mises 1928] *Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit* /Richard von Mises. Wien: Julius Springer (*Schriften zur wissenschaftlichen Weltanschauung* Bd 3), 1928.
- [Mittag-Leffler 1912] 'Zur Biographie von Weierstraß' /G. Mittag-Leffler. In: *Acta Mathematica* 35 (1912). pp.29-65.
- [Mok 1956] *Stormen en Stilten* /Maurits Mok. Amsterdam: Meulenhoff, 1956.
- [Molenaar 1994] 'Wij kunnen het niet langer aan de politici overlaten'. *De geschiedenis van het Verbond van Wetenschappelijke Onderzoekers 1946-1980* /Leo Molenaar (Diss. UvA). Rijswijk: Elmar, 1994.
- [Monge 1811] *Géometrie Descriptive* /G. Monge. Paris: Klosterman, nouvelle édition 1811.
- [Monhemius 1989] *Nogmaals de Wiskunde als ondersteunende wetenschap voor de bedrijfskunde* /W. Monhemius (afscheidsrede). Eindhoven: TUE, 1989.
- [Moor 1980] 'Hoger onderwijsbeleid' /R.A. de Moor. In: [Nederland 1980 pp.250-266].
- [Morse/Kimball 1951] *Methods of Operations Research* /P.M. Morse and G.E. Kimball. New York: Wiley, 1951 (orig. Report to National Defense Research Committee, Washington D.C., 1946).
- [Mourik 1926] 'Amerikanisme' /M.C. van Mourik Broekman. In: *De Smidse. Maandblad voor moderne religie en humanistische cultuur* I-1 (1926), pp.17-22.
- [Mulder 1990] 'Pure, Mixed and Applied Mathematics. The Changing Perception of Mathematics Through History' /H.M. Mulder. In: *Nieuw Archief voor Wiskunde* (4) 8-1 (maart 1990), pp.27-41.
- [Naamlijst 1972] *Naamlijst van ingenieurs en van baccalaurei 1972 (gediplomeerd aan de Polytechnische School Delft -1905; Technische Hogeschool Delft -1971; Technische Hogeschool Bandoeng -1949; Technische Hogeschool Eindhoven -1971; Technische Hogeschool Twente -1971)* /-.'s-Gravenhage: KIVI, 1972.
- [Natuurwetenschappelijk 1942] *Natuurwetenschappelijk onderzoek in Nederland. Een overzicht van hetgeen in Nederland in de jaren van omstreeks 1937-1942 is verricht op het gebied der natuurwetenschappen, der medische en technische wetenschappen* /Werkgemeinschaft van Wetenschappelijke Organisaties in Nederland. Amsterdam: Noord-Hollandische Uitg., 1942.
- [Navier 1823] *Rapport à Monsieur Becquey, conseiller d'état, directeur général des ponts et chaussées et des mines; et Mémoire sur les ponts suspendus* /C.L.M.H. Navier. Paris: Imprimerie Royale, 1823; Paris: Carilian-Goeury, 1830².
- [Nederland industrialiseert 1981] = [Böhl e.a. 1981]
- [Nederland 1980] *Nederland na 1945. Beschouwingen over ontwikkeling en beleid* /H.B.G. Casimir e.a. (bundel opstellen aangeboden aan E.W. Hofstee; samengesteld door G.A. Kooy, J.H. de Ru en H.J. Scheffer). Deventer: Van Loghum Slaterus, 1980.
- [Nemeth 1981] *Otto Neurath und der Wiener Kreis. Revolutionäre wissenschaftlichkeit als politischer Anspruch* /Elisabeth Nemeth. Frankfurt/New York: Campus (Forschung 229), 1981.
- [Neurath 1940] *De moderne Mensch Ontstaat. Een reportage van vreugde en vrees* /Otto Neurath. Amsterdam: Noordhollandische Uitg. Mij., 1940 (*Modern Man in the Making*. New York: Knopf /London: Secker and Warburg, 1939).

Jaren van berekening

- [Rümke/Eeden 1961] *Statistiek voor medici - korte inleiding* /Chr.L.Rümke en Constance van Eeden. Leiden: Stafleu, 1961.
- [Rüter 1946] 'De Nederlandse trekken der Nederlandse arbeidersbeweging' /A.J.C. Rüter. In: *Nederland tussen de Natiën (2 dln)* /J.S. Bartstra en W. Banning (red.). Amsterdam: Ploegsma, 1946-48. Dl. I pp.184-212.
- [Saaty/Weyl 1969] *The Spirit and the Uses of the Mathematical Sciences* /Thomas L. Saaty and F. Joachim Weyl (eds.). New York: McGraw-Hill, 1969.
- [Scharlau 1981] 'The Origins of Pure Mathematics' /Winfried Scharlau. In: [Epistemological 1981 pp.331-347].
- [Schermerhorn 1945] 'Radiotoespraak' /W. Schermerhorn. In [Herstel 1945 pp.5-22]
- [Schmitz 1990] *De Hollandse Significa. Een reconstructie van de geschiedenis van 1892 tot 1926* /H. Walter Schmitz. Assen/Maastricht: Van Gorcum, 1990.
- [Schneider 1975] 'Rudolph Clausius' Beitrag zur Einführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden in die Physik der Gase nach 1856' /Ivo Schneider. In: *Archive for the History of Exact Sciences* 14-3 (1975) pp.237-261.
- [Schneider 1987] 'Laplace and Thereafter. The Status of Probability Calculus in the Nineteenth Century' /Ivo Schneider. In: [Krüger e.a. 1987 pp.191-214]
- [Schneider 1988] *Die Entwicklung der Wahrscheinlichkeitstheorie von den Anfängen bis 1933. Einführungen und Texte* /Ivo Schneider (Hrsg.). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1988.
- [Schneiders 1982] *De bibliotheek- en documentatiebeweging 1880-1914. Bibliografische ondernemingen rond 1900* /Paul Schneiders (dissertatie UvA). Hilversum: bij de auteur, 1982.
- [Scholten 1980] 'Computers ontwerpen toen' /C.S. Scholten. In: *Informatie* 22-4 (april 1980) pp.337-341. Herdruk in: [Zij mogen 1987 pp.240-250].
- [Scholz 1989] *Symmetrie Gruppe Dualität. Zur Beziehung zwischen theoretischer Mathematik und Anwendungen in Kristallographie und Baustatik des 19. Jahrhunderts* /Erhard Scholz. Basel etc.: Birkhäuser, 1989.
- [Schouten 1939] *Meetkunde en ervaringsstructuur* (rectorale rede TH Delft, 1939) /J.A. Schouten. S.l., s.a. Herdrukt in [Dijkhuis/Lauwerier 1994]
- [Schouten 1940] 'De beteekenis van de exacte vakken in de vooropleiding van den ingenieur' /J.A. Schouten. In: [Ingenieur 1940 pp.61-83].
- [Schouten 1949] *Over de wisselwerking tussen wiskunde en physica in de laatste 40 jaren* /J.A. Schouten (inaug. rede UvA). Groningen: Noordhoff, 1949. Herdruk in [Dijkhuis/Lauwerier 1994 pp.171-191].
- [Schröder-Gudehus 1966] *Deutsche Wissenschaft und internationale Zusammenarbeit 1914-1928. Ein Beitrag zum Studium kultureller Beziehungen in politischen Krisenzeiten* /Brigitte Schröder-Gudehus. Genève: Imp.Dumaret & Golay (Un. de Genève, Inst. des hautes études internationales. Thèse No. 172), 1966.
- [Schubring 1981] 'The Conception of Pure Mathematics as an Instrument in the Professionalization of Mathematics' /Gert Schubring. In: [Social 1981 pp.111-134].
- [Schubring 1991a] *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs im 19. Jahrhundert* /G. Schubring, Weinheim: Deutscher Studienverlag, 1991².
- [Schubring 1991b] *"Einsamkeit und Freiheit" neu besichtigt. Universitätsreform und Disziplinenbildung im Preußen als Modell für die Wissenschaftspolitik im Europa des 19. Jahrhunderts* /G. Schubring (Hrsg.), Stuttgart: Steiner, 1991.
- [Schubring 1991c] 'Spezialschulmodell versus Universitätsmodell. Die Institutionalisierung von Forschung' /G. Schubring in [Schubring 1991b pp.276-326].
- [Schütte 1958] *De ruimtevaart is begonnen. van de eerste aardsatteliet tot de reis naar de maan* /Karl Schütte (voorwoord J.M.J. Kooy). Tiel: Lannoo, 1958; oorspr. *Die Weltraumfahrt hat begonnen* (Freiburg: Herder, 1958).

- [Science 1933] *Science at the Cross Roads. Papers presented at the International Congress of the History of Science and Technology, held in London 1931, by the Delegates of the U.S.S.R.* /B. Hessen e.a.. London: Kniga, 1933¹; repr. ed. London: Frank Cass, 1972².
- [Shea 1983] *Nature Mathematized. Historical and Philosophical Case Studies in Classical Modern Natural Philosophy (Papers Deriving from the Third International Conference on the History and Philosophy of Science, Montreal Canada, Volume I)* /William R. Shea (ed.). Dordrecht etc.: Reidel (*The University of Western Ontario Series in the Philosophy of Science* 20), 1983.
- [Sittig 1987] 'De Wereldveranderaars' /J. Sittig (interview door W. Mettrop). In: [Zij mogen 1987 pp.214-221].
- [Sittig/Freudenthal 1951] *De Juiste Maat. Lichaamsafmetingen van Nederlandse vrouwen als basis van een nieuw maatsysteem voor damesconfectiekleding* /J. Sittig en H. Freudenthal. Leiden: Stafleu (voor De Bijenkorf NV), 1951.
- [Sizoo 1987] 'Organisation and management of research' /G.J. Sizoo (interview door G. Alberts). In: [Zij mogen 1987 pp.98-103].
- [Smiers 1977] *Cultuur in Nederland 1945-1955. Mening en beleid* /Joost Smiers (diss. UvA). Nijmegen: SUN, 1977.
- [Smit 1987] 'Rekenwerk als mensenwerk (interview met rekenaarsters)' /Eefje Smit. In [Zij mogen 1987 pp.251-260]
- [Smith 1776] *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* /Adam Smith, London: Strahan and Cadell, 1776 (Repr. in 2 vols. edited by R.H. Campbell, A.S. Skinner, W.B. Todd. Oxford: Clarendon Press, 1976).
- [Snelders 1983] 'Het Departement Natuurkunde van de Maatschappij van Verdiensten Felix Meritis in het eerste kwart van zijn bestaan' /H.A.M. Snelders. In: *Documentatieblad Werkgroep Achttiende Eeuw XV* (1983), pp.197-214.
- [Social 1981] *Social History of Nineteenth Century Mathematics* /Herbert Mehrtens, Henk Bos and Ivo Schneider (eds.). Boston etc: Birkhäuser, 1981.
- [Sorgdrager 1981] *Een experiment in het bos. De eerste jaren van de Technische Hogeschool Twente 1961-1972* /Winnie Sorgdrager. Alphen aan den Rijn: Samsom, 1981.
- [Spengler 1920] *Untergang des Abendlandes. Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte* (2Bde) /Oswald Spengler. München: Beck, 1920-22.
- [Stadler 1982] *Arbeiterbildung in der Zwischenkriegszeit. Otto Neurath - Gerd Arntz* /Friedrich Stadler (Hrsg.). Wien/München: Löcker Verlag, 1982.
- [Stamhuis 1989] 'Cijfers en Aequaties' en 'Kenniss der Staatskrachten'. *Statistiek in Nederland in de negentiende eeuw* /Ida H. Stamhuis (diss VUA). Amsterdam: Rodopi, 1989.
- [Stevin 1634] *Van de molens* /Simon Stevin. Repr.ed. in [Stevin 1955 V pp.335-412] *The principle works of Simon Stevin* (5 Vols.) /E. Crone, E.J. Dijksterhuis, R.J. Forbes, M.G. Minnaert, A. Pannekoek (eds.). Amsterdam: Swets & Zeitlinger, 1955-1966.
- [Stokvis 1984] *De doorbraak van de moderne kunst in Nederland* /Willemijn Stokvis (red.). Amsterdam: Meulenhoff, 1984.
- [Stokvis 1990] *Cobra. Geschiedenis, voorspel en betekenis van een beweging in de kunst van na de tweede wereldoorlog* /Willemijn Stokvis. Amsterdam: De Bezige Bij, 1990⁴ (1974¹)
- [Struik 1935] 'Five Papers on the Theory of Probability' /D.J. Struik. In: *Journal of Mathematics and Physics* XIV-1 (1935) pp.1-3.
- 'Struik 1948] *A Concise History of Mathematics* /D.J. Struik. New York: Dover Publ., 1948.
- [Struik 1958] *Het land van Stevin en Huygens* /D.J. Struik. Amsterdam: Pegasus, 1958⁵; Nijmegen: SUN, 1979³.
- (1971) 'Levensbericht van Jan Arnoldus Schouten (28 augustus 1883 - 20 januari 1971)' [Liebel, Struik. In: *Jaarboek Ned. Akad. Wetenschappen* 1971 pp.94-100.
- [Struik 1990] *Geschiedenis van de wiskunde* /D.J. Struik. Utrecht-Antwerpen: Het Spectrum [Lijphart], 1990 (herziening en uitbreiding van ed. 1965¹); oorspr. [Struik 1948].
- Amst

Jaren van berekening

- [Stumpers 1953] *A Bibliography of Information Theory (Communication Theory - Cybernetics)* /F.L. Stumpers. Cambridge (Mass.): Massachusetts Institute of Technology, Research Lab. of Electronics, 1953. (supplementen bij Philips Nat. Lab.).
- [Süss 1967] *Entstehung des Mathematischen Forschungsinstituts Oberwolfach im Lorenzenhof* /Irmgard Süß. S.I. (Oberwolfach) s.n., 1967.
- [Swaab 1956] *Heden en toekomst van de automatische administratie* / S. Swaab. Alphen aan de Rijn: Samsom, 1956.
- [Tarski 1936] *O logice matematycznej i metodzie dedukcyjnej* /Alfred Tarski. Lwów/Warszawa: Atlas, 1936. Duitse vertaling in 1937. Engelse uitgebreide bewerking *Introduction to Logic – and to the Methodology of Deductive Sciences* in 1941¹; 1946². Nederlandse vertaling door E.W. Beth *Inleiding tot de logica – en tot de methodenleer der deductieve wetenschappen* (Amsterdam: Noord-Hollandsche Uitg. Mij., 1953).
- [Tarski 1954] 'Contributions to the theory of models' I, II, III /A. Tarski. *Indagationes Mathematicae* 16 (1954) pp.572-588, 17 (1955) pp.56-64.
- [Taton 1951] *l'Oeuvre scientifique de Monge* /R. Taton. Paris, 1951.
- [Taylor 1956] 'An Applied Mathematician's Apology' /G.I. Taylor (address of reply after receiving the De Morgan Medal from the London Mathematical Society); repr.ed. in *The Life and Legacy of G.I. Taylor* /George Batchelor. Cambridge: Cambridge UP, 1996; pp.260-263.
- [Theunissen/Lunteren 1994] *Zuivere wetenschap en praktisch nut. Visies op de maatschappelijke betekenis van wetenschappelijk onderzoek rond 1900* /B. Theunissen en F. van Lunteren (red.). Rotterdam: Erasmus Publishing (= Gewina 17-4), 1994.
- [Tijd 1952] *De tijd waarin wij leven* (Speciaal nummer van *De Gids* 1952-II pp.57-292).
- [Timman 1952] *De betekenis van de Wiskunde voor het Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek* /R. Timman (inaug. rede TH Delft). Delft: Waltman, 1952.
- [Timman 1955] 'Het erfdeel van Gaspard Monge' /R. Timman. In: [Kamp 1955 pp.180-192].
- [Tinbergen 1929] *Minimumproblemen in de natuurkunde en in de ekonomie* /Jan Tinbergen. Amsterdam: Paris, 1929.
- [Tinbergen 1933] *De Konjunctuur* /J. Tinbergen. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1933.
- [Tinbergen 1936] 'Prae-advies van Prof.dr. J. Tinbergen' /J. Tinbergen. In: [Prae-adviezen 1936 pp.62-108].
- [Tinbergen 1938] 'Vertraginggolven en levensduurgolven' /J. Tinbergen. In: *Strijdkracht door Wetensmacht. Opstellen aangeboden aan S. de Wolff ter gelegenheid van zijn 60e verjaardag* /J. v.d. Wijk e.a.(red.). Amsterdam: Arbeiderspers, 1938, pp.143-150.
- [Tobies 1987] 'Zu Veränderungen im deutschen mathematischen Zeitschriftenwesen um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert (Teil II)' /Renate Tobies. In: *NTM-Schriften. Gesch.Naturwiss., Technik,Med.* 24 (1987), pp.31-49.
- [Tobies 1988] 'Felix Klein und die Anwendungen der Mathematik' /Renate Tobies. In: *Wissensch. Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Univ. Jena, Naturw. Reihe* 37 (1988), pp.259-270.
- [Tukey 1954] 'The Mathematical Consultant and the Mathematical Engineer' /J.W. Tukey. In: [Proceedings 1954 pp.72-74].
- [Tukey 1955] 'Mathematical Consultants, Computational Mathematics and Mathematical Engineering' /J.W. Tukey. In: *American Mathematical Monthly* LXII-8 (1955), pp.565-571.
- [Tweel 1959] 'W.F.S.W. held symposium over "Planning of Science"' /L.H. van der Tweel. In: *Wetenschap en Samenleving* 13-10 (okt. 1959), pp.103-106.
- [Two Decades 1978] *Two Decades of Mathematics in The Netherlands. 1920-1940. A Retrospection on the Occasion of the Bicentennial of the Wiskundig Genootschap* 2 Vols./E.M.J. Bertin, H.J.M. Bos, A.W. Grootendorst (eds.). Amsterdam: Mathematical Centre, 1978.
- [USA 1951] *U.S.A. the Permanent Revolution* / The editors of *FORTUNE* and Russell W. Davenport. New York: Prentice Hall, 1951.
- [Uven 1935] *Mathematical Treatment of the Results of Agricultural and other Experiments* /M.J. van Uven. Groningen: Noordhoff, 1935.

- [Valk 1990] *Het levenswerk van Th.K. van Lohuizen 1890-1956. De eenheid van het stedenbouwkundige werk* /Arnold van der Valk. Delft: Delftse Universitaire Pers, 1990.
- [Varangot 1946] 'Enkele statistische aspecten van het opinie-onderzoek' /V. Varangot. In: *Statistica* I(1946/47) pp.119-123.
- [Veen 1948] *Dredge, Drain, Reclaim. The Art of a Nation* /Joh. van Veen. Den Haag: Martinus Nijhoff, 1948¹; 1962².
- [Velkamp 1961] *De wiskundig ingenieur* /G.W. Velkamp (inaug. rede). TH Eindhoven, 26 mei 1961.
- [Veraart 1918] *Vraagstukken der economische bedrijfsorganisatie* /J.A. Veraart. 's Hertogenbosch: Teulings, 1918.
- [Veraart 1955] 'Recht en economie' /J.A. Veraart. In: [Kamp 1955 pp.168-179]
- [Vernieuwing 1945] *De Vernieuwing der Universiteit* /J.H. Brouwer, J.G. van der Corput, M.N.J. Dirksen, G. van der Leeuw, C.W. van der Pot, M.J. Sirks. Groningen-Batavia: J.B. Wolters, 1945.
- [Vissering 1877] 'De statistiek aan de hoogeschool' /Simon Vissering. In: *De Gids* 1877-II, pp.1-15.
- [Volmer 1934] *Van boekhouden tot bedrijfsleer. Een bundel opstellen ter gelegenheid van zijn vijftienvintigjarig hoogleeraarschap door oud-studenten aangeboden aan Prof. Dr. J. G. Ch. Volmer* /M.J.H. Cobbenhagen, J. Goudriaan, N.J. Polak (red.). Wassenaar: Delwel, s.a. [1934].
- [Vries 1979] 'Het economisch leven in Nederland 1918-1940' /Joh. de Vries. In: *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* (15 dln.) /D.P. Blok e.a. (red.) Haarlem: Fibula-Van Dishoek, 1977-1982, D1 14 (1979) pp.102-145.
- [Waerden 1916] *Het Taylorstelsel - met een inleiding over Stukloon en moderne loonsystemen* /Th. van der Waerden. Amsterdam: N.V. Boekh. en Uitg.mij. 'Ontwikkeling', 1916 (eerder verschenen in: *De Socialistische Gids* 1916).
- [Waerden 1927] 'Beweis einer Baudet'schen Vermutung' /B.L. van der Waerden, In: *Nieuw Archief voor Wiskunde* II-15 (1927), pp.212-216. Repr. ed. [Two Decades 1978 pp.110-115].
- [Waerden 1930] *Moderne Algebra* (2 dln.) /B.L. van der Waerden. Berlin: Springer, 1930-1931.
- [Waerden 1957] *Mathematische Statistik* /B.L. van der Waerden. Berlin etc.: Springer, 1957.
- [Wagenaar 1992] *Welvaartsstad in wording. De wederopbouw van Rotterdam 1940-1952* /Cor Wagenaar (diss. RUG). Rotterdam: NAI, 1992.
- [Water waves 1985] *Water waves and ship hydrodynamics. An introduction* /R. Timman, A.J. Hermans and G.C. Hsiao. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Delft UP, 1985.
- [Weg 1951] *De weg naar de vrijheid. Een socialistisch perspectief* /Rapport van de Plancommissie van de Partij van de Arbeid. Amsterdam: De Arbeiderspers, 1951.
- [Wegen 1940] *Wegen der Wetenschap. Uitgangspunt, richting en doel* /W.J. Aalders, J.G. van der Corput e.a. (derde interfacultaire leergang). Groningen-Batavia: J.B. Wolters, 1940.
- [Weijers 1991] *Terug naar het behouden huis. Romanschrijvers en wetenschappers in de jaren vijftig* /Ido Weijers. Amsterdam: SUA, 1991.
- [Welvaartsplan 1952] *Welvaartsplan van het Nederlands Verbond van Vakverenigingen*. Amsterdam: NVV, 1952.
- [Weyl 1954] 'The NRC-AMS Conference on Training in Applied Mathematics' /F. Joachim Weyl. In: *Bulletin of the American Mathematical Society* 60 (1954), pp.38-44.
- [Whitehead 1926] *Science and the Modern World* /A.N. Whitehead. Cambridge: Cambridge UP, 1926.
- [Whitehead 1929] *Process and Reality. An Essay in Cosmology* /A.N. Whitehead. Cambridge: Cambridge UP, 1929.(New York: The Free Press, 1978)
- [Wibaut 1919] *De economische bedrijfsorganisatie* /F.M. Wibaut. Amsterdam: Arbeiderspers, 1919¹; 1949².

Jaren van berekening

- [Wigner 1960] 'The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences' /Eugene p.Wigner. In: *Comm. Pure and Applied Math.* 13 (1960) pp.1-14.
- [Wijngaarden 1987] 'Ingenieur van taal' /A. van Wijngaarden; interview door G. Alberts en P.C. Baayen. In: [Zij mogen 1987 pp.276-288].
- [Wijngaarden 1964] 'Rekenenen [sic] in Nederland' /A. van Wijngaarden. In: [NRMG 1964 pp.5-23].
- [Winter 1988] *Hoger beroepsonderwijs avant-la-lettre. Bemoeiingen met de vorming van landmeters en ingenieurs bij de Nederlandse universiteiten van de 17e en 18e eeuw* /P.J. van Winter. Amsterdam etc.: Noord-Hollandsche Uitg. Mij. (*Verh. KNAW Afd. Lett., Nieuwe Reeks* 137), 1988.
- [Wittgenstein 1921] 'Logisch-philosophische Abhandlung' /Ludwig Wittgenstein. In: *Annalen der Naturphilosophie* 14 (1921), pp.185-262; Afz. gepubl. als *Tractatus logico-philosophicus* New York, 1922; Frankfurt aM: Suhrkamp Verlag, 1963.
- [Wolff 1989] 'Het Delta-plan en de wiskunde' /p.de Wolff. In: [Alberts e.a. 1989 pp.35-49].
- [World 1956] *The World of Mathematics* (4 Vols)/James R. Newman (ed. & comments). New York: Simon and Schuster, 1956¹; 1989².
- [Ydo 1947] *Plezier in het werk. Een statistisch vergelijkend onderzoek naar de mate van plezier in het werk bij het personeel van enige middelgrote, particuliere, industriële bedrijven in ons land* /M.G. Ydo (diss. TH Delft). Leiden: Stenfert Kroese, 1947 (*Verh. Inst. Praeventieve Geneeskunde* X).
- [Yntema 1952] *Mathematical Models of Demographic Analysis* /L. Yntema (diss. UvA). Leiden: Groen, 1952.
- [Zahn 1971] *Meningsvorming en maatschappelijke orde* /Ernest Zahn. Amsterdam: De Bussy, 1971.
- [Zanden/Griffith 1989] *Economische geschiedenis van Nederland in de 20e eeuw* / J.L. van Zanden en R.T. Griffith. Utrecht: Het Spectrum (*Aula*), 1989.
- [Zij mogen 1987] *Zij mogen uiteraard daarbij de zuivere wiskunde niet verwaarloozen* /G. Alberts, F. van der Blij, J. Nuis (red.). Amsterdam: CWI, 1987.
- [Zwager 1980] *Nederland en de Verlichting* /H.H. Zwager. Haarlem: Fibula-Van Dishoek, 1980².
- [Zwan 1991] *Goudriaan in botsing met de NS. Koopman in dienst van de gemeenschap* /Arie van der Zwan. Schiedam: Scriptum, 1991
- [ZWO 1950] *Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek. Voorbereiding en werkzaamheden in de oprichtingsperiode 1945-1949. I(eerste 'Jaarboek ZWO').* 's-Gravenhage: ZWO, 1950.
- [ZWO 25 1975] *Redes gehouden tijdens de feestelijke viering van het zilveren jubileum der Nederlandse Organisatie voor Zuiver-wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.), in het Nederlands Congresgebouw te 's-Gravenhage op 31 mei 1975.* S.l., s.a..
- [2000 Delftse 1992] *2000 Delftse dissertaties. Een bibliografie. 2000 Theses from Delft University of Technology. A Bibliography. 1905-1992* /-. Delft: Bibliotheek Technische Universiteit Delft, 1992.

Register

Cursief gezette paginanummers verwijzen naar afbeeldingen.

- Abel, N. 69n, 78
Ackoff, R.L. 390n, 394
Actuariaat, commissie ingesteld door het verzekeringswezen tot bestudering der eventuele universitaire opleiding tot actuaris 176n
Aiken, H. 241, 363
Alblas, J.B. 391
Alembert, J. le Rond d' 73, 79
Arntz, G. 102n, 181, 267-269
Assepoester 168-170, 414, 422
Atoom 57, 140n, 251
ATS, Adviesbureau voor Toegepaste Statistiek 229, 270, 272, 276
Baarda, W. 133, 263, 264, 282, 384n, 432
Bacon, F. 29, 134
Bähler, W.Th. 348, 354, 362, 353
Bakker Schut, F. 37
Bannier, J.H. 143n, 151, 152, 245, 246
Banning, W. 56, 58, 150n, 250, 253, 436
Baron, F. 392-394, 396
Baudet, P.J.H. 346, 350, 351n
Baumhauer, A.G. von 322
Beel, L.J.M. 151
Bell-Labs (Bell Telephone Laboratories) 296, 414, 422
Benda, J. 41
Benders, J.F. 281, 394-397, 430, 432, 395
Berenschot, B.W. 228, 229n, 263, 270, 272, 348
Berghuis, J. 236n, 332, 333, 347
Berghuys, J.J.W. 67n, 75n, 107n
Berkeley, G. 74-76
Bernal, J.D. 68, 73
Bernstein, E. 253
Biezeno, C.B. 31, 96, 99, 122, 160, 200, 205, 209, 216, 233, 306-367, 372, 387, 391, 397, 408, 414, 421, 428, 315, 321, 373;
onderwereld van... 321ff.
De Bijenkorf 224n, 260, 271, 271
Blaauw, G.A. 241
Blij, F. van der 211, 223n, 369n, 370, 388,
Bloemena, A.R. 246
Blom J.C.H. 16n, 36n, 146, 148, 149
Liagre Böhl, H. de 290
Bohr, N. 115, 116, 334
Bok, S.T. 273, 288, 423, 432
Bolkestein, G. 200
Boltzmann, L. 93, 94, 107-114, 118, 120, 305, 117
Bolyai, J. 65
Bolzano, B. 77, 78, 135
Booth, A.D. 100, 241
Borel, E. 112, 113, 122, 135, 316, 421, 109
Bos, A. 37
Bosboom, P.H. 51
Bosch Kemper, M.J. de 254, 445, 255
Bottema, O. 157, 158n, 320n, 346, 354, 355, 357-360, 360n, 364, 365, 372, 376, 425, 355, 376

Jaren van berekening

- Bouw* 49, 276
Bouwcentrum 49, 53, 54, 191, 226, 229n, 296, 270, 276, 291, 446, 447
Bouwkamp, C.J. 339, 388-391, 393, 408, 412n, 421;
Bowkemp 391
BPM/Shell, Bataafsche Petroleum Maatschappij/ Koninklijke/Shell 200, 201, 206, 208, 211, 216, 281, 328, 390, 392, 394, 405, 408, 422
Brandsma, W.F. 348, 350
Braun, G.K. 388
Bremekamp, H. 157, 328, 346, 351, 352, 357-363, 367, 346, 361
eerste commissie-Bremekamp/commissie voor de reorganisatie van het wiskunde-onderwijs (Delft) 157, 359, 360
tweede commissie-Bremekamp/Commissie betreffende Mathematisch Afstudeerwerk en Diploma Mathematisch Ingenieur 360, 362, 363, 367
Brink, J.van den 39, 49, 53
Brouwer, L.E.J. 22, 27, 129, 130, 154, 156, 157, 160n, 162-164, 166, 174, 178, 84, 185, 187, 196, 206n, 405, 410, 414, 165, 183
Brugmans, I.J. 43, 46
Bruijn, N.G. de 210, 346, 357, 358, 360, 363-365, 369n, 372, 390n, 408, 348
Burg, A.R. van der 229, 270, 272, 273, 276, 432, 275
Burgers, J.M. 13, 14, 31, 56, 57, 96, 99, 120-123, 128, 131-133, 202, 216, 217, 233, 238, 306-325, 328, 329, 335, 348, 408, 421, 428, 432, 440, 121, 317
Burgers, W.G. 359
Bush, V. 115, 153
Butler, S. 439
Cals, J. 372, 376
Campagne, C. 202, 206, 282n, 412n
Campbell, N.R. 65, 110
Cardinaal, J. 346, 350
Carnap, R. 110n, 119,
Carnot, L.N.M. 73
Cartan, E. 174, 409, 410
Cauchy, A.-L. 67, 77, 79, 80, 85, 88, 90, 91, 95, 97, 134
CBS, Centraal Bureau voor de Statistiek 103, 180, 201, 202, 269, 270, 273, 405, 419, 452
CPB, Centraal Planbureau 44-47, 191, 226, 249, 251, 256-258, 276, 279, 405, 442, 446, 447, 452, 453
Chandler, A.D. 258
Clausius, R. 92, 94, 111, 119
Clay, J. 57n, 156, 187n, 199, 200, 206n
Cleeff, E. van 40
Cobbenhagen, N.J.H. 45, 46, 257n
Cobra 435, 436
Cohen, J.W. 286, 347, 384, 386, 390, 412n, 321
Comrie, L.J. 233
Comte, A. 79, 83, 268
Condorcet, M.J.A.N. Caritat, Marquis de 30, 65, 66, 73, 126, 64
COP, stichting Contactgroep Opvoering Productiviteit 51-54, 290
Corput, J.G. van der 30, 31, 92, 144, 146n, 148, 149, 153-172, 175, 176, 185, 187, 189, 190, 193, 198, 199, 205-218, 232, 233, 243, 336, 354n, 357-359, 407, 409, 410, 412, 414, 416, 417, 422, 436, 438-440, 454, 169, 215
Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland/Commissie-Van der Corput 152-167, 189-192, 196, 199, 209, 357-359
COSOR, commissie Stochastiek en Operations Research (THE) 394
Coster, D. 161
Courant, R. 63, 208
Cournot, A.-A. 126, 127, 258
Crowther, J.G. 326
Culmann, C. 101, 302
Dalmulder, J.J.J. 223, 405
Dantzig, D. van 22, 29-31, 93, 129-133, 153-199, 205, 207-211, 216-233, 243, 246, 257, 262-264, 266, 268, 273, 282, 283n, 288, 316-318, 320, 329n, 339, 346, 349, 351, 352, 354, 357, 360, 364, 372, 380, 396, 397, 405, 409, 412n, 419, 429, 432, 438, 440-443, 454, 455, 131, 177
Dantzig, G.B. 128
Debreu, G. 258
Deltaplanning/dienstwerken 54, 276, 280-284, 437, 442, 443, 448
Deltacommissie 54, 55, 195, 217, 218, 228, 246, 284, 443

- Dercksen, W.J. 46, 290
 Descartes, R. 21-27, 29, 71-74, 77, 78, 83, 86
 Destouches, J.-L. 89, 90n
DHF, Delfisch Hoogeschoolfonds/Delfts Hogeschoolfonds 153, 233, 319, 320, 325, 326, 358, 363n
 Diderot, D. 66, 73, 79
 Diemer, A. 82
 Dijkstra, W.J.D. 200, 201, 206, 245, 347, 203
 Dijksterhuis, E.J. 23-25, 28, 208,
 Dijkstra, E.W. 242, 243
 Doorn, J.A.A. van 447
 Dorgelo, H.B. 347, 351, 352
 Dronkers, J.J. 202, 282, 283, 332, 405, 408, 420, 422, 203
 Dulken, H. van 148
 Duparc, H.J.A. 174, 347
 Eckhaus, W. 388
 Eeden, C. van 227, 223
 Ehrenfest, P. 118-120, 122, 124, 127, 128, 153, 173, 179, 180, 308n, 316, 320n, 410, 428, 117
 Ehrenfest, T. 119
 Einstein, A. 179, 410
Electrologica 241, 246, 282n, 431, 243
 Elias, G.J. 348, 353, 353
 Engelfriet, J. 133, 204n, 206, 241, 282, 412n, 413n, 420, 432, 242
Enka 280, 281
 Enters, J.H. 272, 276, 275
 Erdős, P. 211, 213
 Erlee, Th.J.D. 202, 205
ETI, Economisch-Technologisch Instituut 52
 Ettinger, J. van 53, 226, 229, 230, 260, 266-276, 423, 432, 271, 275
Euclides, tijdschrift 167n, 209, 406, 417
 (niet-)euclidische meetkunde 65, 72, 78, 86, 87
 Euler, L. 71, 74-76n, 95, 293, 307n
 Euler-Cauchy-Lipschitz procedure 97
Felix Meritis 81
 Finetti, B. de 179n, 219
 Fisher, R. 105
Fijenoord scheepswerf 238, 262, 266, 285
 Fleischhacker, L.E. 19, 26, 27
Fokker vliegtuigfabrieken 238-241, 246, 280, 284, 285, 312n, 314, 328, 329, 405, 408, 422, 437
FOM, Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie 151-153, 320n, 408
 Fontenelle, B. de 21, 22, 72, 73, 298, 429, 452, 455
 Föppl, A. 298, 302
 Fortuyn, P. 290
 Fourier, J.B.J. 79, 88, 90-92, 95, 302
 Fox, L. 233
 Frederik de Grote, 70, 71, 74
 Freudenthal, H. 37n, 157, 162, 164, 166, 167, 206n, 209, 210, 224n, 246, 273, 369, 370, 386, 388, 417, 419, 433, 165
 Fry, T.C. 180n, 337, 338, 414-416, 418-422, 424, 427
 Galilei, G. 20, 22, 25, 29, 30, 66, 79, 83, 111, 134
 Gallup, G.H. 270
GAMM/ZAMM, Gesellschaft/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik 99n, 113, 122, 305, 306, 312-318, 327, 336, 407, 414
 Gauss, C.F. 65n, 67-69, 78n, 79, 85, 87, 104, 108n, 305n
 Geer, D.J. de 44
 Geiss, W. 264, 276
 Gelder, J. de 299
 Gerretsen, J.C.H. 160, 161, 369n, 161
 Geurst, J.A. 374
 Gibbs, W. 118, 119
 Gielen, J.J. 38, 149, 151, 152
 Gilbreth, F. 51, 266
 Gogh, V.W. 264, 266
 Goldstine, H.H. 97, 100n, 233
 Goodwin, E.T. 233
 Goudriaan, J. 28, 262-266, 269, 273, 347, 358, 363, 364, 384n, 405, 420, 423, 265
 Grammel, R. 313, 314, 421, 315
 Greidanus, J.H. 182n, 201, 202, 204, 205n, 217, 238, 239, 241, 285, 323, 324, 327-329, 331, 332, 334, 335, 411, 422, 426, 203, 285, 324
 Griffiths, R.T. 46, 256, 314
 Groot, A.D. de 133, 359
 Groot, A.M. 51
 Groot, J. de 208, 346, 357, 365, 348
 Grootendorst, A.W. 174,
 Grosheide Fwzn., G.H.A. 154, 179n, 189n, 212, 369n, 407
 Haantjes, J. 154, 157, 164, 174, 198n, 212, 409

Jaren van berekening

- Haas, W.J. de 347, 352
Haastrecht, J.F. van, 226n
Habermas 186n, 442
Hahn, O. 119
Hakfoort, C. 24, 25
Hallo, H.S. 348, 353, 353
Hamaker, H.C. 226, 273, 276
Hardy, G.H. 168n, 354n, 403
Hartree, D.R. 115, 199, 233, 235n
Heaviside, O. 298
Van der Heem, fa. 276
Heemskerk, Th. van 308
Hegel, G.W.F. 66n, 83
Hegener, F.C.M. 51
Heidegger, M. 27
Heisenberg, W. 95, 427, 428
Helmholtz, H. von 114n, 116, 118, 120
Hemelrijk, J. 192, 220, 223n, 224-229, 246, 263, 264, 273, 348, 384, 397, 412n, 432, 223, 229
Hencky, H. 314
Hertz, H. 93-95, 107-110, 114-116, 118, 120, 122, 127, 130, 137, 262, 314, 316, 334, 432, 117
Heun, K. 95, 97, 304-307, 311
Heyting, A. 157, 164, 166, 208, 212, 405
Hijmans, E. 264, 266
Hilbert, D. 208
Hofstra, S. 56
Holbach, P.T. d' 73
Holst, G. 160, 278, 279, 281, 325, 340-342, 348, 356, 357, 360, 361
staatscommissie "Te kort aan ingenieurs", Commissie-Holst 279, 340
Homburg, E. 81
Huizinga, J. 41, 148, 172, 439
Humboldt, W. von 85
Hurewicz, W. 166
Husserl, E. 19, 20, 24-28
Huygens, Chr. 301
Idenburgh, Ph., 162n
ISONEVO, Instituut voor Sociaal Onderzoek van het Nederlandse Volk 38n, 45, 59, 140n, 142
Iterson, F.K.Th. van 308-310, 322, 348, 309
Iterson, G. van 278
Jager, J. de 186, 222n, 223n, 405
Jong, A.H. de 176
Josephus Jitta, A.C. 158n, 347
Joukowski, N.E. 314
Jourdain, P.E.B.. 107-114, 135, 109
Kalker, J.J. 368, 369
Kamp, A.F. 277, 325n
Kármán, T. von 99, 312, 314
KDI, Stichting Kwaliteitsdienst voor de Industrie 276, 290, 275
Keesing, F.A.G. 43
Kemeny, J.G. 452
Kemperman, J.H.B. 213
Kendall, M.G. 105
Kersseboom, W. 71
Keynes, J.M. 44
Kimball, G.E. 393
Klee, P. 403
Klein, F. 91, 92n, 99, 170n, 303-306, 312n, 338
Kloosterman, H.D. 155-157, 164, 167, 182n, 209, 211, 212, 369n
Klopper, J. 278
Kluyver, A.J. 341
Koiter, W.T. 321n, 323, 335n, 348, 391, 407, 321
Kok, J.A. 435
Koksma, J.F. 30, 153-157, 164, 189, 190, 193, 198, 199, 208-213, 232, 369, 410n, 191
Kolmogoroff, A.N. 180, 219
Kooy, J.M.J. 437
Korevaar, J. 168n, 211, 213, 223n, 347, 357
Kossmann, E.H. 16, 149, 251, 291, 444
Kosten, L. 286, 335n, 347, 375, 384-386, 394, 412n, 426, 430
Kramers, H.A. 56, 120n, 153, 155, 199, 319, 320, 347, 351
Kriens, J. 226n, 229, 388
Kronig, R. de Laer 31, 232, 233, 320, 347, 354, 367, 372, 376, 361
Krönig, A. 92, 119
Kruyt, H.R. 56, 57n, 143, 200, 202, 205
Kuhn, T.S. 62
Kuipers, L. 347
Kutta, W. 95, 97, 98, 238, 305, 311
Laan, E. van der 202, 205
Lagrange, J.L. 67, 73-79, 86, 108n, 116, 134, 297, 301, 304, 310
Lametric, J.O. de 73
Landberg, P. 348, 349, 351, 364
Laplace, P.S. 66, 73, 79, 80, 83, 102, 104, 134, 135, 138, 375, 384
Lauwerier, H.A. 206n, 211, 217

- Leeuw, A.J. van der 146
 Leeuw, G. van der 46, 58, 139, 140,
 143n-155, 158, 159, 162, 166, 172,
 185n, 190, 192, 250, 278, 291, 325n,
 414, 436, 438, 145, 147
 Leibniz, G.W. 25, 74n, 83, 301
 Leonardo da Vinci, 25, 301
 Leupold, J. 25, 301n
 Leve, G. de 180n, 223n, 226n, 227, 229,
 388, 397
Levensverzekeringsmaatschappij
De Arnhem 201
Nillmij 241
 Levi-Civita, T. 173, 174, 312, 314, 410
 Liagre Böhl, H. de 290
 Liefstinck, P. 150
 Limperg, Th. 420
 Linnaeus, C. 102
 Lintsen, H.W. 81
 Lobachevsky, N. 65
 Lodewijk Napoleon Bonaparte, 299
 Lombaers, H.J.M. 348
 Loonstra, F. 346, 368, 369n, 376, 377, 348;
 commissie-L 389
 Lorentz, H.A. 116, 119, 127, 153, 172, 278,
 282, 283n, 308, 312, 320, 410
 Commissie-Lorentz 419
 Lossow, P. von 311
Luchvaartlaboratorium
RSL, Rijksstudiedienst voor de Luchtvaart
 306, 312n, 314, 322, 323
NLL, Nationaal Luchvaartlaboratorium
 96, 97, 182n, 202-207, 216, 217,
 233-236, 238, 246, 284, 285, 306, 322,
 323, 329-335, 366, 385, 389, 408, 411,
 419-422
 Maas, H.J. van der 284, 323, 325, 348, 321
Maatschappij en Wetenschap 57, 140n, 251
 Mach, E. 93, 106-111, 118, 119, 268, 427n,
 432
 Mahler, K. 211-213n
 Malthus, T.R. 79
 Mannheim, K. 40-42
 Mannoury, G. 129, 130, 132, 166n, 176,
 178, 181, 183-185, 193n, 267n, 268,
 327, 336n, 380, 414, 183
 Mansholt, S. 48
MARIN, Marine Research Instituut 329
Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation
 284
 Marshall, G. 43, 51
 Marshallhulp/plan 39, 51, 54, 213, 41
 Mauersberger, K. 25
 Maxwell, J.C. 93, 111, 118
 Methorst, H.W. 2731
 Meulenbeld, B. 347
St. Michielsgestel 150n, 262
 Minnaert, M.G.J. 153, 162, 199
 Mises, L. von 259
 Mises, R. von 99, 110, 113, 122, 123, 130,
 180, 219n, 294, 295, 305, 306, 312n,
 314, 316, 322, 336, 338, 366, 380, 415
 Monge, G. 84, 100, 101, 294-298, 303,
 338, 350, 351
 Monhemius, W. 103n, 395
 Mooy Czn, A. de 202, 205
 Mordell, L.J. 211-213n
 Morgenstern, O. 128
 Morse, P.M. 390n, 393
 Nass, C.A.G. 273
 Navier, C.L.M.H. 88, 91, 95, 118, 302
 Neher, L. 50, 54
 Neumann, J. von 128, 233
 Neurath, O. 102n, 119, 181, 250, 255,
 266-269
 Neut, A. van der 323, 332, 348, 321, 373
 Newton, I. 23, 30, 74, 76, 83, 86, 111, 116,
 301, 310
 Neymann, J. 105
 Niftrik, G.C. van 148
 Nijenhuis, A. 213
NIPO, Nederlands Instituut voor de Publieke
Opinie 16, 48, 270
NIVE, Nederlands Instituut voor Efficiency 40,
 268, 276
 Nolen, H.G. 348, 353, 354
NRMG, Nederlands Rekenmachine Genoot-
schap 241n, 363n
 Oranje 155
 Oresme, N. 29
 Ortega y Gasset, J. 41, 147, 148
 Os, C.H. van 347, 352, 357, 347
 Oseen, C.W. 312
Osram 264
 Pannekoek, A. 153
 Pascal, B. 187
 Pater, A.D. de 332, 384n, 321
 Peremans, W. 223n
Philips 35, 160n, 200, 201, 216, 226, 262,
 264, 266, 273, 276, 278, 286, 288, 320n,

Jaren van berekening

- 325, 340, 343, 347, 348, 389, 391, 405, 408, 414, 421, 287
- Planck, M. 107
- Plantema, F.J. 323, 332
- Plato 21, 171
- Poel, W.L. van der 281n, 347, 358, 363
- Poelje, G.A. van 278
- Poincaré, H. 111, 112, 331, 427n
- Pol, B. van der 200-202, 210, 286, 288, 319, 320, 325n, 347, 408, 203
- Polak, F.L. 172, 288, 436, 439
- Polhem, Chr. 25, 301n
- Poncelet, J.V. 101, 297, 302
- Popken, J. 410n, 417
- Prandtl, L. 305, 312, 314, 328
- Proust, M. 27
- PTI, Philips Telecommunicatie Industrie/NSF, Nederlandsche Seintoestellenfabriek* 286, 287
- PTT* 281n, 286, 377n
- PvdA, Partij van de Arbeid* 249, 254, 255, 438
- Q-Bulletin* 276
- Quetelet, A. 30, 79, 126, 219n
- Redtenbacher, F. 303
- Reichenbach, H. 119, 180, 219
- Reinink, H.J. 143, 144n, 149-153, 145
- Commissie-Reinink I 143, 150, 157
- Commissie-Reinink II/Commissie-Van der Leeuw/Staatscommissie voor de Reorganisatie van het Hoger Onderwijs 143, 157, 160n, 278n, 340n
- Sectie N, Technische Wetenschappen (Biezeno) van Reinink II 160n, 325, 340, 341, 358, 360, 362, 370-372
- Rényi 213
- Reuleaux, F. 301n
- Ricci, M. 410
- Riemann, G.B. 65n, 85
- Rijkswaterstaat* 54, 202, 204, 207, 216, 236, 282, 283, 331, 332, 405, 408, 414, 420
- Romanovski, V.I. 128
- Roos, A. de 154, 162, 200
- Rosenblueth, A. 123
- Rougemont, D. de 41, 147
- RPD, Rijksplanologische Dienst/Rijksdienst voor het Nationaal Plan* 48, 49
- Rümke, C.L. 225
- Runge, C. 95-100, 106, 238, 305, 311, 312n
- Rüter, A.J.C. 35
- Rutgers, J.G. 346, 352, 354, 358n, 346
- Rutten, F.J.Th. 151, 152, 237
- Sacchieri, G. 65
- Say, J.B. 79
- Schaake, G. 160, 410n
- Scheen, W.L. 236n, 238
- Scholten, C.S. 241n, 234
- Schouten, J.A. 30, 31, 113, 130, 153, 156, 166-168, 172-181, 192, 198-200, 212n, 217, 218, 310, 312n, 314, 320, 339, 345-357, 360, 369, 372, 405, 409-411, 421, 422, 173, 196, 347
- Schuh, F. 346, 351n, 352, 346
- Schütte, K. 437
- Seidel, J.J. 296n, 389-394, 397, 426, 391
- Shannon, C.L. 128, 286
- Sigma* 49, 276
- Sirtig, J. 133, 224n, 229, 230, 260, 270-276, 432, 441, 448, 261, 275
- Sizoo, G.J. 199, 200, 249, 286
- Willem Smit transformatorenfabriek* 201
- Smith, A. 65, 258
- Soest, J. van 288
- Southwell, R.V. 99, 233, 314, 326
- Spengler, O. 41, 147
- Spiegel, E. van 347, 381, 384n, 386
- Starreveld, R.W. 420
- Statistica* 49, 269-274, 364, 406, 411, 432
- Stevin, S. 25, 101, 293, 294, 301
- Stieltjes, dispuut Thomas* 209
- Struik, D.J. 67n, 68, 120, 174, 180, 409
- Struyck, N. 71, 70
- Stumpers, F.L. 288
- Szegö, G. 213
- Tarski, A. 130
- Taylor, G.I. 312, 314, 413n
- Terpstra, T.J. 227, 223
- Theil, H. 224, 258
- Thijssse, J.Th. 200, 205, 207, 228, 245, 282, 283n, 408, 419
- Tienstra, J.M. 359
- Timman, R. 29, 99, 175, 202-205, 217, 218, 238, 281, 289, 293-296, 323-340, 345, 347, 358, 365-387, 391-397, 405-412, 422-425, 432, 452, 456, 324, 330, 373
- Commissie-Timman, Commissie ter voorbereiding van het instellen van een Studierichting in de Toegepaste Wiskunde aan de Technische Hogeschool* 367, 370, 372

- Tinbergen, J. 22, 28, 40-46, 56, 57, 103, 116, 120, 124-135, 137, 140, 180, 226, 253-258, 262, 263, 266, 316, 317, 405, 421, 423, 428, 429, 432, 442, 453, 125, 255
- TNO, *Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek* 56, 139, 143, 151, 200-207, 216, 278, 325, 420, 441, 447
- TNO-ABW, *Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten* 191, 202-205, 227, 236, 331, 377n
- RVO-TNO, *Rijksverdedigingsorganisatie TNO*, 200, 286-288
- TPD TNO-TH, *Technisch Fysische Dienst* 283
- Tukey, J.W. 295, 296n, 337, 390n
- Turing, A.M. 233
- UNESCO 168, 198
- Unilever 276
- Uven, M.J. van 105, 166, 180, 273
- Veblen, Th. 40
- Veen, H.J. van 346, 351, 352, 354, 348
- Veen, H.N. ter 142n
- Veen, J. van 282, 283, 332, 408
- Veen, S.C. van 164, 167, 169n, 211, 212, 217, 263, 346, 357, 360, 363, 367, 412, 422
- Veld, J. in 't 48, 50
- Veltkamp, G.W. 296n, 390-394, 411, 426, 391
- Vening Meinesz, F.A. 141, 143, 153, 154, 163, 164, 168, 190, 201, 202
- Veraart, J.A. 256n, 257n, 263n, 348
- Verolme scheepswerf* 285
- Verrijn Stuart, G.M. 200
- Versluys, W.A. 346, 360n
- Volbeda, H.K. 348, 275
- Volmer, J.C.G. 263, 264, 269, 347
- Voltaire, F.M.A. de 71, 73
- Vooren, A.I. van de 323, 332, 334, 335n, 348, 389, 412n, 422, 324, 388
- Vooyo, I.P. de 263, 264, 278
- Vos, H. 143, 150, 254, 256
- Vries, O. de 202, 205
- Vuijsje, D. 288
- VVS, *Vereniging voor Statistiek* 132n, 208, 228, 269, 272-276, 364, 405
- VWO, *Vereniging van Wetenschappelijk Onderzoekers* 140n, 185n, 440
- Waerden, B.L. van der 156, 163n, 164, 166, 178, 180, 199, 201, 202, 206-210, 216-218, 281, 408, 412n
- Waerden, Th. van der 103n
- Wal, G. van der 260
- Wald, A. 129
- Walras, L. 126, 127
- The Way Ahead*, 49, 272n, 276, 277, 287
- Weaver, W. 128, 286
- Weierstraß, K.T.W. 77, 98, 305n
- Werkgemeenschap voor Wetenschappelijke Organisaties* 57, 58
- Wetenschap en Samenleving* 57, 140n, 251
- Weyl, J. 63, 402
- Whitehead, A.N. 318, 440
- Wiener, N. 116, 123, 128, 129, 286
- Wiener Kreis 93, 110, 118, 119, 181, 184, 226, 266, 268, 327,
- Wiersma, E.C. 347, 351
- Wijngaarden, A. van 13-16, 29, 31, 97, 98, 204-206, 210, 211, 217, 232-244, 282n, 295, 316, 320n, 322-326, 329-332, 339, 363n, 369n, 385, 452, 15, 240, 321
- Wilkes, M.V. 233
- Wilkinson, J.H. 233
- Willemze, F.G. 276
- Wiskundig Genootschap* 81, 179n, 190, 206n, 306n, 387, 406, 407, 83
- Wittgenstein, L. von 94, 95, 115n, 262
- Wolbers, D.H. 347, 384
- Wolff, E.B. 312, 314, 322
- Wolff, P. de 202, 204n, 228n, 229n, 405, 423, 432, 255
- Woude, W. van der 155, 160n
- Yano, K. 409
- Ydo, M.G. 266
- Zaanen, A.C. 347, 357
- Zandbergen, P.J. 397
- Zernike, F. 160, 408
- ZEBRA 377n, 379
- Zonneveld, J.A. 236n, 239, 332
- Zoutendijk, G. 397
- Zwikker, C. 347, 351, 352
- ZWO, *Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (ook ZWO-i.o.)* 56, 58, 139-144, 149-152, 157, 198n, 201, 205, 213, 241, 245-247, 325, 408, 430, 431, 437, 439

Het is niet de gewoonte onder wiskundigen om te rekenen. Dat ze zich rond het midden van deze eeuw veel rekenwerk op de hals haalden, had te maken met de gebrekkige aansluiting tussen hun discipline en de samenleving. Wakker geschud door de crisis van de jaren dertig gordden de wiskundigen zich in 1945 aan om hun vak dienstbaar te maken aan de samenleving: 'Als de tekenen niet bedriegen, zal Cinderella in de komende tientallen jaren weer afdalen in de keuken.'

Geleerden als Jan Tinbergen, Jan Burgers en David van Dantzig ontwikkelden daartoe een nieuw concept: het wiskundig modelleren. Wiskundig modelleren maakt een impliciete rol van het wiskundig denken in onze cultuur expliciet. Het resultaat is een procedure die zelf allang weer tot een vanzelfsprekendheid is geworden. In de jaren veertig en vijftig werd de rol van het wiskundig denken even zichtbaar bij de overgang van de ene vanzelfsprekendheid naar de andere. Die passage biedt zicht op een diepliggende karakteristiek van onze cultuur.

In *Jaren van berekening* laat Gerard Alberts zien hoe het wiskundig modelleren na 1945 een doorbraak beleefde en uitkristalliseerde in opleidings- en researchinstituten. De naoorlogse vernieuwers waren niet altijd gerust op de krachten die zij losmaakten. Zij riepen zelf om compensatie voor de 'eenzijdigheid van rationalisatie' en 'vertechnisering' die zij hielpen bewerkstelligen: prometheïsche huiver.

Gerard Alberts is verbonden aan de Katholieke Universiteit Nijmegen als coördinator voor Wetenschap en Samenleving en bestudeert de geschiedenis van kwantificatie in de twintigste eeuw.

ISBN 90-5356-317-2



9 789053 563175



AMSTERDAM UNIVERSITY PRESS

Jaren van berekening

Jaren van berekening

Toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse
wiskunde-beoefening 1945-1960

Academisch proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Universiteit van Amsterdam,
op gezag van de Rector Magnificus
prof.dr. J.J.M. Franse

ten overstaan van een door het college voor de promoties ingestelde
commissie in het openbaar te verdedigen in de Aula der Universiteit

op donderdag 17 september 1998 te 13:00 uur

door Gerhard Alberts

geboren te Bant (Noordoostpolder)

Promotores

Prof.dr. J.C.H. Blom
Prof.dr. P.C. Baayen

co-promotor

Dr. L.E. Fleischhacker

leden van de promotiecommissie

Prof.dr. M.C. Brands
Prof.dr. P. van Emde Boas
Prof.dr. A. Faludi
Prof.dr. M.L.J. Karskens

Inhoud

Woord vooraf	9
Perspectief	13
Over berekening en over het gezichtspunt van mathematisering	
Rekenwerk en mentaliteit	16
Mathematisering	18
<i>Mathematisering 1: dat wat onder het toepassen ligt (20)</i>	
<i>Mathematisering 2: de opdracht (21)</i>	
<i>Mathematisering 3: geest van wiskunde (22)</i>	
<i>Mathematisering 4: systematisch (25)</i>	
<i>Mathematisering 5: expliciet gemaakt tot wiskundig modelleren (29)</i>	
Geschiedschrijving op zoek naar mathematisering	30
<i>Passage (31)</i>	
<i>De structuur van het boek (33)</i>	
Een Van politiek naar beleid	35
<i>Cijfers en zorg (35)</i>	
<i>Wiskundig denken (37)</i>	
1.1 Planmatigheid: pessimisme en techniek	40
<i>Afscheid van het 'laissez-faire' (42)</i>	
<i>Techniek en consensus (44)</i>	
<i>Beleid (46)</i>	
1.2 Industrialisatie, Marshall en rationalisatie	51
1.3 De positie van wetenschap en techniek	56
<i>Doorbraak (58)</i>	
Twée Anderhalve eeuw toegepaste wiskunde	61
2.1 Emancipatie van de wiskunde	65
2.1.a Zuivere wiskunde en toegepaste wiskunde	67
<i>Wiskunde in het verlichtingsdenken: voorbij Bernals paradox (68)</i>	
2.1.b Doorwerking van de Verlichting in de wiskunde-beoefening: Lagrange	73
<i>Scheidslijn (77)</i>	
2.1.c Onderzoek	81
<i>Wiskundig onderzoek (84)</i>	
<i>Wiskunde in het onderzoek (86)</i>	
2.2 Toegepaste wiskunde en de relativeringen	88
2.2.a Benadering: klassieke toegepaste wiskunde	89
2.2.b Metaforen	92
2.2.c Rekenen	95
2.2.d Teken	100
2.2.e Tellen	101
<i>Verzamelen en opsommen (101)</i>	
<i>Schatten (104)</i>	
<i>Grenzen van het benaderen (105)</i>	

Jaren van berekening

2.3 Mathematiseren en wiskundig modelleren	107
<i>Blokkade, mysterie, model (111)</i>	
2.3.a Noties van model in het klassieke toepassen	113
<i>Mechanische modellen (114)</i>	
<i>Hertz' Bild (115)</i>	
2.3.b Buiten de klassieke toegepaste wiskunde	123
<i>Van Dantzig's 'General procedure' (129)</i>	
2.3.c Expliciete mathematisering als techniek: wiskundig modelleren	134
<i>Karakteristiek van wiskundig modelleren (136)</i>	
<i>Uitbeelding voor (136)</i>	
<i>Pragmatisme (137)</i>	
Drie Achtergronden van het Mathematisch Centrum	139
3.1 Geloof in welvaart door wetenschap	143
3.1.a De Groningse Connectie	144
3.1.b ZWO	149
3.1.c De Commissie tot Coördinatie	152
<i>Machtsgreep (155)</i>	
<i>Delft (158)</i>	
<i>Groningen (160)</i>	
<i>Utrecht en Amsterdam (162)</i>	
3.2 Wiskunde gezien als cultuurfactor en als productiefactor	166
3.2.a Van der Corput en Assepoester	168
3.2.b Schoutens teamwork	172
3.2.c Het productiefactormotief bij Van Dantzig	175
<i>Graduering (177)</i>	
<i>Overgang naar mathematische statistiek (179)</i>	
<i>Sprong van doel op middel (182)</i>	
3.3 Maatschappelijke dienstbaarheid	189
Vier Mathematisch Centrum: beginjaren	195
4.1 Het instituut	198
4.1.a Contacten met research en bedrijfsleven	199
4.1.b Zij mogen uiteraard...	207
4.1.c De Afdeling Zuivere Wiskunde	211
4.1.d De Afdeling Toegepaste Wiskunde	216
4.2 De Statistische Afdeling	219
4.2.a Parametervrije toetsen	219
4.2.b Bloei van de consultatie	222
4.2.c De Afdeling als baken	228
4.3 De Rekenafdeling	232
4.3.a Rekenen	234
4.3.b Programmeren	241
4.4. Het MC en de toepassingen	245
<i>Consolidatie (245)</i>	
<i>Gevolgen van de consolidatie (246)</i>	

Vijf	Tot het verbouwen der samenleving	249
5.1	Planmatigheid	253
	Doorbraak	
5.2.	Industrialisatie	260
5.2.a.	Goudriaan en de efficiënte bedrijfsorganisatie	262
5.2.b	Van Ettingsers kwaliteit en de evolutie van de statistiek	266
	NSS	
	VVS	
	Kwaliteit	
5.2.c	Ingenieursdichtheid	276
5.3	Hogere techniek	280
	Delfstof	
5.4	Wetenschappelijkheid en wiskunde	289
Zes	Wiskundig Ingenieur: achtergronden	293
6.1	Wiskunde tegenover ervaring	297
6.1.a	Wiskunde in de technische wetenschappen: drie mechanica's	300
	<i>Analytische versus technische mechanica (300)</i>	
6.1.b	Approximation	303
6.2	De onderwereld van Biezeno	308
6.2.a	Toegepaste Mechanica	310
6.2.b	Subcultuur in Delft	318
6.2.c	Vliegtuigen, flutter en onderzoek	323
6.3	Timmans toepassingsgerichtheid	327
6.3.a	Reinier Timman	327
6.3.b	Numeriek analytische consultatie	331
6.3.c	Model en tweetaligheid	333
Zeven	De wiskundig ingenieursopleiding	339
7.1	Wiskunde in Delft	344
7.1.a	'Zoo moet de wiskunde dus als technisch vak behandeld worden'	349
7.1.b	Instructeurs en Mathematisch Instituut: nieuw elan	355
7.1.c	Mathematisch Ingenieur	359
7.2	Het Instituut voor Toegepaste Wiskunde	366
7.2.a	De eigen studierichting	367
7.2.b	De Onderwijsraad en de hulpwetenschap	368
7.2.c	Timman	372
7.2.d	De structuur van het ITW als typering van wiskundig ingenieurswerk	377
7.3	Numerieke, operationele en andere analyse	383
7.3.a	Delft en de weerklink	384
	<i>Mathematisch-organisatorisch (386)</i>	
	<i>Weerklink (387)</i>	
7.3.b	'Do you know Bowkemp?'	389
7.3.c	Benders' 'praktijk'	394
Acht	Omslag in de wiskunde-beoefening	401
8.1	Wijzigende beroepspraktijk	405
8.1.a	Organisatie	407
8.1.b	Stijl	409

Jaren van berekening

8.1.c Onderwerpkeuze	411
8.2 Vormen van dienstbaarheid	414
8.2.a Het uitdragen van wiskunde	416
8.2.b Bruikbare wiskunde, afnemende vanzelfsprekendheid	418
<i>Tel- en rekenwerk (419)</i>	
<i>Gereedschap (420)</i>	
<i>Taal (422)</i>	
8.3 Wiskundig modelleren	425
8.3.a Wiskunde als wereldbeeld	426
8.3.b Expliciet geworden mathematisering	428
8.3.c Instituties	430
Negen ‘Door geen pessimist meer te stuiten’	435
9.1 Prometheïsche huiver	438
9.2 Consensus en welvaartsstaat in het licht van ‘de wetenschappelijke methode’ en de opkomst van de deskundige	444
<i>Maatschappelijke structuren (444)</i>	
<i>Consensus (446)</i>	
9.3 Berekening als mentaliteit	451
Bronnen	457
Archieven	457
Interviews	458
Illustratieverantwoording	459
Literatuur	463
Register	487

Woord vooraf

Wat een opluchting dat de grote verhalen geen opgeld meer doen. We hebben het modernisme met zijn eenzinnig vooruitgangsgeloof achter ons gelaten. Niet alleen is daarmee een belangrijk deel van het vertelde gerelativeerd, ook is ons vertellers een zware last van de schouders genomen. Want stel je voor, we moesten onverzacht de cultuurhistorie van Nederland of ‘Trekken van de moderne westerse wetenschap’ doorschouwen en weergeven. De cultuurhistorie van het wiskundig denken, toch hét verhaal bij uitstek van de moderne tijd, zou ronduit onhanteerbaar zijn.

Stel je voor, ik moest zonder de verzachting van ironie het verhaal doen van de culturele betekenis van het wiskundig denken in het midden van de twintigste eeuw. In dat geval moest ik vandaag nog de last torsen waarmee ik de overstap maakte van de middelbare school naar de studie wiskunde. Geen discipline staat immers zo centraal in de moderne westerse cultuur, geen denkwijze is zo bepalend voor de blik op de wereld als de wiskundige. Wie in dat perspectief een cultuurgeschiedenis van het wiskundig denken onderneemt, draagt een loden last met zich mee, die gaat zwoegend door het leven. Nu ruil ik mijn last niet in voor los zand, ik weiger met andere woorden mee te gaan in de loutere uitwendigheid van de sociaal-constructivistische beschouwingen, maar het is niet alles grijs en zwaarwichtig wat hier in dit boek volgt. De retoriek van Van der Corput, de neurotische ernst van Van Dantzig, het doorschijnend heldere rationalisme van Tinbergen, de bevlogen slordigheid en strengheid van Timman, tred binnen lezer, hier zijn mensen aan het werk! Deze mensen hebben onze samenleving mede vormgegeven en tegelijk is de ernst waarmee zij zich aangordden om de samenleving te verbouwen aandoenlijk. Zij huiverden bij de gedachte aan de gevolgen van hun ingrepen – als dat geen hoogmoed is ...

Mij fascineert hun bittere ernst. Hoe konden zij zichzelf zo serieus nemen; hoe is hun houding te begrijpen anders dan uit een vertrouwen op de doorzichtigheid die de wiskundige denkwijze aan de wereld zou verschaffen? Ik zou niet weten hoe anders; en uit dit tekort mijnerzijds is dit boek ontstaan.

Ik was en ben ervan overtuigd dat het wiskundig denken een centrale plaats inneemt in de dominante vorm van westerse rationaliteit. Vele relativeringen later houdt deze overtuiging nog stand; de waardering van deze toedracht is inmiddels gevat in een veelheid van betrekkingen die met name door de geschiedenis zijn aangereikt.

Nu kan men wel een motief hebben voor geschiedbeoefening, het wordt pas echt wat als de historische interesse zelf de ruimte krijgt. Er zijn enkele mensen die mij bijzonder hebben geholpen die ruimte te scheppen. Cor Baayen bood mij werk om mij aan de geschiedenis te wijden. E.H. Kossman en Hans Blom deden met hun belangstelling voor mijn vraagstelling als het ware de historische interesse voor. Ik ben dankbaar dat ik aan geesten als deze drie mijn verstand heb mogen scherpen. Hans Blom verschafte mij een plek in de aio-opleiding negentiende- en twintigste-eeuwse geschiedenis en bezorgde mij daarmee collega's. Wat is het geweldig om collega's te hebben; Tity de Vries, H  l  ne Vossen, Remieg Aerts, Henk te Velde, Barbara Henkes, Annemiek Galema, Frits Roovers, Jan van Miert en anderen, dank je wel dat we een tijdlang lotgenoten en sparringpartners konden zijn. Ik geloof dat je uiteindelijk slechts onder historici historicus wordt.

In het nadenken over wiskundig denken waren Maarten Coolen en Louk Fleischhacker mijn eerste leermeesters. Via hen werden mij niet alleen klassieken op papier, maar ook levende meesters als Jan Hollak en Theo de Boer toegankelijk. Specifiek de historische reflectie op het wiskundig denken werd mij een begaanbaar terrein mede door de inzichten van Michael Mahoney, William Aspray, David Rowe en Erhard Scholz. Buitengewoon inspirerend zijn voor mij de jaarlijkse Novembertagungen zur Geschichte der modernen Mathematik. Susann Hensel, Ulf Hashagen, Thomas Hochkirchen, Eisso Atzema, Skuli Sigurdsson, Moritz Epple, Sybilla Nikolow, Tilman Sauer en anderen waren de actieve getuigen van de eerste gedachtenvorming over honderdvijftig jaar toegepaste wiskunde; hoofdstuk 2 is hiervan de uitkomst. Helmut Neunzert, Walter Purkert, Klaus Mauersberger, David Rowe, Steve Russ en Erwin Neuenschwander boden mij de gelegenheid nieuwe reacties op de geschiedenis van wiskundig modelleren te verwerven. Aan de Universiteit Twente mocht ik het college 'Wiskunde en praktijk in historisch perspectief' geven. Mede dankzij de toegewijde steun van Jan Schut was dit een plezierige ervaring. De British Society for the History of Mathematics ben ik dankbaar voor de eervolle uitno-

diging om in oktober 1996 de conferentie 'Mathematics in the Real World' over de geschiedenis van de toegepaste wiskunde te organiseren.

Geschiedbeoefening is ook het genoegen van het doorvorsen van oude papieren. Martijn Bakker is er schuld aan mij te hebben blootgesteld aan de verlokkingen van het bestaan als archiefkrat. Ik zal hem dat tot in lengte van dagen met respect nadragen. De antiquaren van Amsterdam en omstreken hebben veel bronnenmateriaal betreffende het kwantificeren en rationaliseren in Nederland in de jaren vijftig voor een habbekrats te koop aangeboden. Ik hoop in de volgende bladzijden te tonen hoe kostelijk al deze lectuur is. Uit dankbaarheid en plaatsgebrek zal ik op mijn beurt hun nu het materiaal weer aanbieden.

Een deel van het onderzoek waarvan in dit boek verslag wordt gedaan is verricht in het kader van het project 'Wiskundige van beroep' aan de Technische Universiteit Eindhoven, 1983-1987, onder leiding van Jac Benders, Harry Lintsen en Andries Sarlemijn. De resultaten zijn verwerkt in hoofdstuk 3 en 4. Het leeuwendeel van het onderzoek is uitgevoerd in dienst van het Centrum voor Wiskunde en Informatica, 1988-1990, onder leiding van Cor Baayen. De publicatie van dit boek is mede mogelijk gemaakt door de financiële steun van NWO.

Natuurlijk behoeft een onderzoek met een looptijd als dit ook immateriële steun. Ik dank Peter van Emde Boas, Jac Benders, wijlen Stan Ackermans, Jan Bakker Sr., Helmut Neunzert, J.W. Cohen, Dirk Struik, Klaas Bouwer en Machiel Karskens voor hun nimmer aflatende morele ondersteuning. In beide laatstgenoemden dank ik tevens de werkgroep Wetenschap en Samenleving en de leerstoelgroep Beleidsgerichte en Sociaalwetenschappelijke Milieukunde van de Katholieke Universiteit Nijmegen voor de plezierige en intellectueel stimulerende werkomgeving die zij mij sinds 1992 bereiden. Jan van den Ende en Ellen van Oost ben ik dankbaar dat zij, op een moment dat wij allen ons proefschrift nog af te ronden hadden, de courage oprachten om met mij alweer een nieuw project, de geschiedenis van de informatietechnologie in Nederland, te entameren.

Een groot aantal mensen heeft het onderzoek mede mogelijk gemaakt door eenvoudigweg hun functie te vervullen. Het gaat niet aan hen hier te vermelden. De uitzondering maak ik voor Jan Schipper, de drukker van het CWI, die aan ieder rapport of boek op historisch gebied door zijn bijzondere aandacht iets toevoegde.

In Hans de Jager, de eerste medewerker van het Mathematisch Centrum, dank ik al degenen die mij een interview toestonden; de volledige lijst is opgenomen onder de bronnen. In Ank Voets, faculteit ITS, TU Delft, dank ik al diegenen die bij ontstentenis van bibliothecaris of archivaris die extra inspanning deden om mij toegang tot de bronnen te verschaffen. In Yolande Timman dank ik alle mensen die mij belangeloos illustratiemateriaal ter beschikking stelden voor dit boek.



Perspectief

Over berekening en over het gezichtspunt van mathematisering

Op zijn koude zolderkamer zat de veelbelovende ingenieur door te draaien. Hij was al jaren doende met berekeningen en hier was het althans minder koud dan op het laboratorium. Het draaien gebeurde aan mechanische rekenmachines, voor ieder van de optellingen, waaruit de vermenigvuldigingen samengesteld zijn, een slag aan de 'koffiemolen'. Ir. Adriaan van Wijngaarden was reeds in het bevoorrechte bezit van een elektromechanische machine. Hij werkte een goed deel van de oorlogsjaren voor prof. dr. J.M. Burgers aan een vraagstuk uit de stromingsleer, grenslaagvergelijkingen.

'Ik heb mijn best gedaan bepaalde berekeningen uit te voeren; het waren berekeningen waar je tegenwoordig zonder computer niemand meer voor zou krijgen. Het was doordraaien, doordraaien, doordraaien tot je weer een stap verder was. Na een aantal weken had ik dan weer een vergelijking opgelost en dan kwam de volgende, want het waren partiële vergelijkingen, niet-lineaire (derde orde) partiële differentiaalvergelijkingen. Dag in, dag uit zat ik thuis achter mijn Marchant, elektrische rekenmachine, dat bespaarde me de tijd van op en neer gaan naar het lab. 's Morgens vroeg op, de hele dag rekenen en 's avonds laat naar bed.'

De resultaten van zijn gedreven arbeid zou hij echter terzijde leggen, ze konden hem niet bekoren.

'Ik vond het niet mooi. Het leverde niet de mate van inzicht die ik wilde.'

Aan deze Delftse gebeurtenissen tussen 1939 en 1945, de periode dat Van Wijngaarden assistent was aan de Technische Hoogeschool, laten zich de belangrijkste thema's in de naoorlogse wiskunde-beoefening reeds aflezen. Aller-

eerst was er die lichte gekte, de gedrevenheid die zowel in het vak als in de maatschappelijke omstandigheden zijn aanzet vond.

Het was ook niet toevallig dat het gebeurde in Delft. Daar immers bevond zich de voorhoede van de technisch-wetenschappelijke research. Wiskunde speelde een cruciale rol in de voortgang van de technische wetenschappen en omgekeerd nam juist in dit domein het toepassen van wiskunde een nieuwe wending. De wiskundigen speelden aanvankelijk een bescheiden rol; het waren ingenieurs en natuurkundigen die het meest bedreven waren in het nieuwe gebruik van wiskunde. In tweede instantie zouden – het zal in de volgende hoofdstukken naar voren komen – de wiskundigen het voortouw nemen. Er was in de wetenschap een algemene tendens tot maatschappelijke bewustwording. De wiskundigen zetten deze om in een streven naar dienstbaarheid. Zij heroverden het initiatief door de reflectie op en institutionalisering van het ‘toepassen’.

In dat toepassen liep het traditionele zoeken naar waarheid spaak op een overmaat aan rekenwerk. Het achterliggende motief, het streven naar inzicht en schoonheid, werd evenwel niet zomaar losgelaten. Dit motief bleek, voor Van Wijngaarden bijvoorbeeld, zelfs sterk genoeg om verkregen resultaten af te wijzen. De twee te verwachten consequenties van deze impasse werden in de wiskunde-beoefening inderdaad getrokken. Enerzijds brak een pragmatischer stijl van toepassen van wiskunde door, anderzijds zocht men telkens houvast in de schoonheid en het waarheidbrengende karakter van het wiskundig denken. De ambivalentie van nut en schoonheid, die een wezenstrek is van de wiskunde-beoefening, kwam in de naoorlogse jaren in volle scherppte naar voren. Ze toonde zich in de praktijk, ze was zichtbaar in de visies op de wiskunde en haar maatschappelijke rol en hoorbaar in de begeleidende retoriek.

Nut en schoonheid waren geen losstaande elementen in de waardering van het wiskundig denken. Ze waren op elkaar betrokken en wel in het bijzonder in die moderne pragmatische handelwijze, het wiskundig modelleren.

Het modelleren gaf gestalte aan de maatschappelijke dienstbaarheid van de wiskunde. Doch de meest geprezen diensten van de wiskunde waren nu net schoonheid, elegantie en beknoptheid. Burgers, Van Wijngaardens leermeester, was een van degenen die het wiskundig modelbegrip introduceerden. Hij zocht dit begrip om zijn streven naar waarheid en wezensinzicht te onderscheiden van de in zijn ogen al te pragmatische kennisverwerving van de ingenieurs. Die zouden er echter mee heen gaan. Het woord modelleren vond ingang juist als aanduiding van die pragmatische ingenieurspraktijk. Zo riep iedere poging om de wiskunde terug te brengen tot een van beide aspecten telkens met evenzoveel kracht het andere aspect naar voren.

Daar, waar het streven naar maatschappelijke dienstbaarheid de vorm aannam van nieuwe instellingen, waren het oogmerk van nut en dat van schoonheid al even onlosmakelijk verbonden. Het was de combinatie van beide aspecten die in Amsterdam het in 1946 opgerichte Mathematisch Centrum tot een levensvatba-



Aad van Wijngaarden in 1954 in een ongebruikelijke pose, achter de rekenmachine tijdens het International Congress of Mathematicians in Amsterdam.

re instelling maakte. In Delft was het de wisselwerking van beide aspecten, waardoor in 1956 de Wiskundig Ingenieursopleiding, primair nuttig toch, tot stand kon komen. Dankzij erkenning van het nut van de toepassingen herleefde er de schoonheidsgerichte wiskunde en de resulterende opbloei verschaft de speelruimte om ook de toepassingsgerichtheid werkelijk gestalte te geven.

Noch inhoudelijk, noch institutioneel konden Mathematisch Centrum en Wiskundig Ingenieursopleiding zonder het schoonheidsmotief. De geschiedschrijving kan hier evenmin eenzijdig zijn. Het thema van dit boek is de toepassingsgerichtheid; daarbinnen komen uitdrukkelijk beide motieven en hun wisselwerking aan bod. De toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse wiskunde-beoefening worden in de volgende hoofdstukken belicht aan de hand van het Centrum en de Opleiding: de achterliggende motieven, de vestiging en de ontplooiing als instituut. Het verhaal speelt op drie niveaus: dat van de wiskunde en wiskunde-beoefening, dat van de veranderende maatschappelijke positie van het vak, de visies daarop en de institutionalisering, en dat van de samenleving waarin het wiskundig denken zo'n positie inneemt.

Rekenwerk en mentaliteit

Het maken van berekeningen is niet de gewoonte onder wiskundigen. Het had dan ook een bijzondere betekenis dat het in de naoorlogse jaren wel gebeurde, en dan speciaal binnen het Mathematisch Centrum en de Wiskundig Ingenieursopleiding. De jaren van berekening waren natuurlijk niet de jaren van Van Wijngaarden. Niet het rekenwerk kenschetste de naoorlogse jaren, maar de berekenende mentaliteit die zo'n vruchtbare context voor het werk van de wiskundigen bood, de mentaliteit die vroeg om 'het wiskundig bekijken van de wereld'. De wiskundigen op hun beurt waren op de samenleving gericht. In de overgang naar een nieuwe maatschappelijke functie hadden ze met oude manieren aan nieuwe verwachtingen te voldoen en dat bezorgde hen rekenwerk.

De jaren van berekening waren die waarin geïnterviewden 'naar behoren' somber antwoordden op NIPO-enquêtes, de jaren waarin überhaupt voor het eerst dergelijke statistische onderzoeken naar de publieke opinie werden gehouden. Het waren de jaren waarin de 'disciplinerende arbeidsmoraal en de restrictieve moraal in ruimere zin'¹ niet alleen door de overheid en de verzuilde organisaties werden aangereikt, maar ook door de bevolking aangenomen. Het waren de jaren van *aangenomen* 'tucht en ascese', van *ascetisme*. Met berekenende mentaliteit is hier in eerste instantie bedoeld wat Kossmann heeft gekenschetst als 'opgewekte energie'².

1 [Blom 1981] 'Jaren van tucht en ascese. Enige beschouwingen over de stemming in Herrijzend Nederland (1945-1950)' /J.C.H. Blom. In: [Klein/Plaat 1981 pp.125-158] *Herrijzend Nederland; Opstellen over Nederland in de periode 1945-1950* /P.W. Klein en G.N van der Plaat (red.). 's-Gravenhage: Martinus Nijhoff, 1981 (= *BMGN* 96-2). Repr. in: [Blom 1989 pp.184-217].

De uitdrukking 'tucht en ascese' ontleent Blom aan Kossmann [Kossmann 1977 p.298] *De Lage Landen 1780-1970 (Winkler Prins Geschiedenis der Nederlanden III)* /E.H. Kossmann, met ass. van W.E. Krul. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1977.

'Ascetisme' en 'tucht' in: [Kossmann 1986 II, p.231] *De Lage Landen 1780-1980. Twee eeuwen Nederland en België* (2 dln.) /E.H. Kossmann. Amsterdam/Brussel: Elsevier, 1986.

Over de restrictieve moraal zie onder meer [Galesloot/Schrevel -] *In fatsoen hersteld. Zedelijkheid en wederopbouw na de oorlog* /Hansje Galesloot en Margreet Schrevel (red.): Amsterdam: SUA, z.j.

De dubbele bodem, dat de restrictieve moraal ook aangenomen werd (en dat de oorlogs-ervaring verdrongen werd) en dat er een besef was van de zelfbeperking die men zich oplegde, omdat dat 'toch het beste was', krijgt in de literatuur niet de aandacht die hij verdient.

2 [Kossmann 1989 p.15] 'Nederland in de eerste na-oorlogse jaren' /E.H. Kossmann. In: [Alberts e.a. 1989 pp.7-16] *Om de wiskunde. Stimulansen voor toepassingsgerichte wiskunde rond 1946* /G. Alberts, H.J.M. Bos en J. Nuis (red.). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1989.

In deze jaren groeide op de voedingsbodem van opgetogen soberheid het scala van kwantificerende benaderingen dat in hoofdstuk 5 de revue zal passeren.

Ik wil laten zien dat de initiatieven van de wiskundigen een verstrekkende maatschappelijke betekenis hadden, dat er een dwingende verbinding is tussen rekenwerk en berekenende mentaliteit. Op conceptueel niveau wordt die verbinding naar voren gehaald met behulp van het begrip mathematisering. De onderstaande paragraaf biedt een uiteenzetting van dit begrip. De rest van het boek is gewijd aan het historisch verhaal en daarin wordt de verbinding pas goed zichtbaar, wanneer men kijkt naar de inhoud van het werk van de wiskundigen.

Het werk van de wiskundigen *weerspiegelde* de algemene tendens van de naoorlogse maatschappelijke ontwikkeling. Het *week* daar in zekere zin ook weer van *af*, mede doordat het er een bijzondere rol in speelde. Maar het buitengewone was dat dit werk iets naar voren bracht dat de cultuur, waarin het ingebed was, diepgaand *beïnvloedde*. Er was, en dat gold niet specifiek voor de jaren veertig, een betrekkelijk diffuus streven naar rationalisering op velerlei terrein. In de wederopbouwtijd kristalliseerde dit streven zich op een aantal terreinen uit tot een zoeken naar concrete vormen van rationalisering. De gerichtheid op het concrete was een voorbeeld van 'opgewekte energie' waarmee men 'aan de arbeid' ging, begeleid door de nodige retoriek. Op dergelijke terreinen zocht en vond men steun bij de wiskunde, technische, methodische en morele steun. Precies aan deze vraag om steun konden de wiskundigen invulling geven met de tot procedure geworden methode van het wiskundig modelleren. Hun werk bracht een cruciaal element van de naoorlogse cultuur tot uitdrukking en dat gegeven verleende er een betekenis aan die uitging boven de strevingen van de direct betrokkenen.

De *weerspiegeling* bestond erin dat een groep wiskundigen plannen maakte voor een vernieuwing van de wiskunde-beoefening, na de bevrijding. Deze groep wilde op eigen terrein de afgewendheid van de wereld doorbreken. Er was een structurele overeenkomst met het streven naar een doorbraak in de Nederlandse politiek. De verwantschap was in dit geval zeer concreet. De wiskundigen achter het Mathematisch Centrum hadden zelf politiek over het algemeen een voorkeur voor doorbraak en vernieuwing en, meer dan dat, zij hadden goede contacten met de politieke doorbraakfiguren. Doet dat gegeven ertoe, anders dan dat het op sommige punten de gemakkelijke toegang tot de overheid verklaart?

Men hoeft natuurlijk niet politiek progressief te zijn om binnen de wiskunde-beoefening vernieuwingsgezind te zijn. Ook is de gerichtheid op toepassingen niet bepaald voorbehouden aan sociaal-democraten. Hier evenwel hield het toepassingsgerichte initiatief een streven in naar maatschappelijke dienstbaarheid door directe inzet van de wiskunde. In die concrete vorm was op dat moment de gedachte aan dienstbaarheid verwant aan het plandenken, dat men eerder ter linker- dan ter rechterzijde van het politieke spectrum kon aantreffen. Er was dus, meer dan een structurele overeenkomst, een zekere afspie-

geling van de algemeen maatschappelijke beweging in het domein van de wiskunde-beoefening.

De *afwijking* van het algemene patroon bestond in het contrast met de falende doorbraak in de politiek. Op meerdere maatschappelijke deelgebieden voltrok zich, net als in de wiskunde, een omslag, die in een later stadium wel degelijk effect had op samenleving en politiek.

‘Wanneer [...] wij [...] neerzitten om ons te bezinnen op de wijdere betekenis van dit alles, komt als vanzelf in de herinnering terug de tijd toen men van planning ene nieuwe maatschappij verwachtte. Inderdaad is er veel nieuws gekomen, doch op een heel andere manier dan toen gehoopt of verwacht werd.’³

De geslaagde doorbraken op deelgebieden⁴ brachten buiten de politiek om alsnog vernieuwingen tot stand in de vorm van modernisering of rationalisering.

De *beïnvloeding* kwam voort uit het bijzondere van de wiskunde, uit datgene wat specifiek was dan die algemene relaties van weerspiegeling of afwijking. De bijzonderheid van het verband met de samenleving als geheel berustte op de inhoud van de vernieuwing in de wiskunde-beoefening. De inhoud van de doorbraak in dit vak was een nieuwe wijze van bruikbaar maken van het wiskundig denken. Nieuwe bruikbaarheid kwam naar voren in het wiskundig modelleren en het was nu net dit modelleren dat het streven naar modernisering en rationalisering zijn voor de jaren vijftig typerende concrete vorm gaf.

Mathematisering

De samenhang tussen het rekenwerk en de berekenende mentaliteit kan zichtbaar gemaakt worden door het begrip mathematisering. Mathematisering duidt een bepaalde werkelijkheidsbenadering aan. Enerzijds is het een werkelijkheidsopvatting, inhoudelijk geïnspireerd door het wiskundig denken en in die zin bepaald. Het is de benadering die voor de wiskundige denkwijze de weg bereidt en zo verband houdt met het toepassen en het rekenen. Anderzijds staat ze als werkelijkheidsbenadering voor een zekere mentaliteit.

Het begrip mathematisering is vogelvrij, toch zijn er verschillende omgevingen waarin er iets mee bedoeld wordt. Vooropgesteld, mathematisering speelt zich af buiten de wiskunde. Er wordt iets ‘wiskundiger’ gemaakt of doortrokken van wiskunde: dat moet dan wel iets buiten de wiskunde zijn. Vier stappen leiden in deze paragraaf tot een inhoudelijke bepaling van het begrip

3 [Hartog 1959 p.133] *Democratie en economische planning* /F. Hartog. Leiden: Stenfert Kroese, 1959.

4 Enkele voorbeelden: [Stokvis 1984] *De doorbraak van de moderne kunst in Nederland* /Willemijn Stokvis (red.). Amsterdam: Meulenhoff, 1984.
[Ruijter 1975] ‘De Rijksplanologische Dienst. Instelling en ontwikkeling’ Peter de Ruijter. *Verkenningen in planning theorie en onderwijs* 5, TH Delft, Afdeling Bouwkunde. Delft: VSSD, 1975.

mathematisering. De aandacht voor de betekenis van het gebruiken van het begrip mathematisering zelf, in de vijfde stap, wijst vooruit naar hoofdstuk 2.

(1) Mathematisering is om te beginnen niet hetzelfde als toepassen. (2) Het woord wordt juist gebruikt om te verwijzen naar die invloed van de wiskunde die belangrijker geacht wordt dan de resulterende formule, namelijk haar werkwijze en denkwijze. (3) Filosofen en historici bieden door hun gebruik van de term aanknopingspunten voor een meer inhoudelijke bepaling, die ten slotte (4) aan de hand van Husserl en Fleischhacker wordt gegeven. (5) Het begrip mathematisering kwam 'natuurlijk' ook in de geschiedenis van deze eeuw voor. Het mathematiseren speelde een prominente rol in de expliciet gemaakte vorm van het wiskundig modelleren.

Mathematisering valt, evenmin als met toepassen, samen met mathematische abstractie. Een wiskundig idee ontleen aan een objectgebied is een beweging omgekeerd aan het beïnvloeden van zo'n domein. De mathematische abstractie voltrekt een denkbeeldige voltooiing van op zichzelf beschouwde structuren of structurele aspecten van een object. Mathematische abstractie ontleent aan de verbinding tussen twee punten een lijn zo mooi als in de werkelijkheid niet voorstelbaar is, niet zomaar dun maar volkomen zonder dikte, niet zomaar recht maar volmaakt zonder afwijking. Dat is de rechte waar de wiskundige mee werkt en hij hoeft er niet karig mee te zijn, er zijn er zoveel van als men zich maar zou wensen. De geschiedenis van de meetkunde laat zien dat de voltooiing niet per se eenduidig is. Er zijn verschillende, vanuit mathematisch standpunt gelijkwaardige, meetkundes denkbaar. De volmaakte gelijkwaardigheid in deze en dergelijke situaties toont een willekeur, die aan de wiskunde eigen is.⁵

Het object van de wiskunde zou het uitgebreide zijn of het kwantitatieve, of orde en maat, aantal en figuur, domeinen met relaties daarop; ik neem hier *structuur* als meest algemene aanduiding van het object van al zulke disciplines als rekenkunde, meetkunde, algebra, analyse, topologie, mathematische logica, mathematische fysica en mathematische statistiek. Mathematische structuur is structuur die, in vergelijking met structuur als aspect van een andersoortig gegeven, geheel op zichzelf gesteld is. Tot de wiskundige structuur behoort wel het gegeven dat structuur inhoud heeft. Naar die inhoud kan men in de wiskunde ook vragen, maar het antwoord is altijd weer in termen van structuur gegeven. Er is geen laatste inhoud en dat is wellicht de inhoud van het wiskundig denken; anders gezegd: het is een kwestie van blikrichting of men een wiskundig object aanziet voor een deel (element van, relatie op) in een geheel of voor een geheel (structuur) opgebouwd uit delen. Een wiskundig object is ook niets

5 De mathematische willekeur is het vrij kunnen stellen. Reeds in de allereerste abstractiestap toont de wiskunde zijn constructief karakter en het aanknopingspunt voor de constructivistische opvatting van de wiskunde. Zowel het relatieve gelijk als de eenzijdigheid van het constructivisme laat zich uit dit gegeven aflezen.

anders dan dat: zijn plaats in een geheel of zijn opbouw uit delen. Men kan telkens vragen naar de inhoud van een wiskundig ding, en dat is wat wiskundigen voortdurend doen, het antwoord betreft telkens de opbouw van het ding, voorzover daaromtrent iets afgeleid kan worden uit de plaats in een geheel, of de plaats in een geheel voorzover daarover iets te bepalen valt aan de hand van de opbouw. Wiskundig denken betreft dus structuren van structuren van structuren... enzovoorts.

Mathematiseren is nu de op dit denken geïnspireerde benadering van de werkelijkheid. Ik zal, om een meer systematische bepaling mogelijk te maken, dit begrip eerst nader aanduiden aan de hand van de betekenis die er in verschillende omgevingen aan wordt gegeven.

Mathematisering 1: dat wat onder het toepassen ligt

Mathematisering is niet hetzelfde als toepassen van wiskunde. Toepassen is de applicatie van een wiskundige passage, een reken- of redeneerstap, een functieverband, kortom een in de wiskunde ingeziene samenhang, op een daarvoor geschikt gemaakt domein. Het stukje wiskunde moet dus passen en het terrein moet geschikt zijn. *Het geschikt maken van het terrein voor applicatie van wiskunde is de eerste notie van mathematiseren.*

Slechts wie hier een probleem ziet, zal de behoefte voelen om van mathematisering te spreken. De platonist en de cartesiaan zien, om verschillende redenen, de werkelijkheid klaarliggen voor wiskundige beschrijving en zullen niet aarzelen op nieuwe domeinen toepassingen te ontwikkelen of zulke domeinen op te nemen in de *mathesis universalis*. Wiskundigen met dergelijke opvattingen hebben geen behoefte aan het begrip mathematisering. Hier keert de wal het schip: in de praktijk blijkt de reikwijdte van het toepassen, blijkt tot welk punt de aannames hierbij stilzwijgend kunnen blijven.

‘Voor het platonisme beantwoordde het reële meer of minder volkomen aan het ideële. Dat verschafte de antieke meetkunde de mogelijkheid van een primitieve toepassing op de werkelijkheid. In de mathematisering van de natuur volgens Galilei wordt nu de natuur zelf onder aanvoering van de nieuwe wiskunde geïdealiseerd, de natuur wordt – modern uitgedrukt – zelf een mathematische variëteit.’⁶

Het domein van toepassen is dus in principe de hele wereld en de uitleg daarbij is niet, dat deze of gene aanname wordt gemaakt ‘opdat’ (bijvoorbeeld opdat men technisch grip krijgt op het domein), maar dat de werkelijkheid zo *is* dat ze zich bij uitstek leent voor de applicatie. Er wordt een ontologische uitleg gegeven, zonder verwijzing naar mathematisering.

6 [Husserl 1977 p.22] *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie* /E. Husserl. Hamburg: Felix Meiner, 1977, 1982² (oorspr. in *Philosophia* I 1936).

Die ontologische uitleg echter is uiteraard een veronderstelling: aangenomen is dat het terrein zo is dat de wiskundige passage zich erop laat plakken, dat wil zeggen zo niet identiek met (Descartes), dan toch inwisselbaar voor (Plato) het wiskundig objectgebied. Welnu, het maken van die aanname is het mathematiseren. Het mathematiseren is het onderliggende: het gaat logisch noodzakelijk vooraf aan het toepassen. Het ontwikkelen van toepassingen volgt in de geschiedenis vaak op de stap van mathematisering, maar dat hoeft niet zo te zijn. De bedrijfskunde bijvoorbeeld is een gemathematiseerde wetenschap, maar toepassingen van wiskunde zijn er zeldzaam, komen bijna uitsluitend voor in de zogenaamde kwantitatieve bedrijfskunde. Dit is alles evenwel expliciet gemaakt, hedendaags taalgebruik. Historisch kwam de term mathematiseren niet voor, zolang er ongerefleeteerd toepassingen werden ontwikkeld en, omgekeerd, het verschijnen van de term mathematiseren was een teken dat men bezig was zich te ontworstelen aan de naïeve kijk op het toepassen.

Mathematisering 2: de opdracht

Mathematisering is een typisch vroeg-twintigste-eeuwse woordvorming, zoals rationalisering, mechanisering en dergelijke⁷. De wiskundigen waren zelf de eersten die het woord gebruikten, zonder precieze inhoudelijke bepaling, maar met een duidelijke teneur: in de eerste plaats om aan te geven dat er bij het toepassen iets belangrijkers speelde dan het in formules zichtbare resultaat; in de tweede plaats om een naam te geven aan de zelf gestelde opgave een nieuw terrein voor de applicatie van wiskunde te ontginnen.

‘De geest van de geometrie’, schreef Bernard De Fontenelle in 1700, ‘zit niet zo vast aan de meetkunde, dat hij er niet van zou kunnen worden losgemaakt en overgebracht naar andere kengebieden. Een boek over ethiek, politiek of over filologie, misschien zelfs een boek over welsprekendheid, wordt er onder gelijke omstandigheden mooier op, wanneer het van de hand van een wiskundige is.’⁸

Het ging dus om het doordringen van het wiskundig denken op ander gebied. Dit was voor de wiskundigen primair een positieve opgave, ook voor de Nederlandse wiskundigen in de twintigste eeuw.

7 De woordvorming is analoog aan het bekendere ‘rationalisering’. In de literatuur uit dezelfde tijd vindt men het evenzeer germanistisch aandoende mechanisering, (ver)technisering, standaardisering en dergelijke; de ‘-satie’- en ‘-ficatie’-woorden, naar Angelsaksisch of Frans model, raakten veeleer in de jaren vijftig en zestig in zwang. Het woord ‘rationalisatie’ echter vindt men al in de jaren twintig, naar de Amerikaanse betekenis van stroomlijning van het productieproces.

8 [Fontenelle 1702 p.14] *Histoire du renouvellement de l’académie royale des sciences en M.DC.XCIX (1699) et les éloges historiques de tous les académiciens morts depuis ce Renouveau. Avec un discours préliminaire sur l’utilité des Mathématiques et de la Physique* /B. de Fontenelle. Paris, 1702/Amsterdam, 1709).

De verwachtingen ten aanzien van de maatschappelijke functie van de wiskunde waren in sterke mate de verwachtingen van de wiskundigen zelf. De taak die zij zichzelf daarbij stelden, noemden ze ‘mathematisering’. D. van Dantzig hield in 1927 een pleidooi voor het mathematiseren van waarde-oordelen. J. Tinbergen stelde zich in 1929 de taak van een mathematisering van de economische wetenschap. De term mathematisering had een uitdrukkelijk programmatische strekking. Het argument was dat de beoogde gebieden helderheid, beknoptheid en precisie deelachtig zouden worden. ‘Mathematisering’ gebruikten deze auteurs zonder nadruk of uitleg. Het was klaarblijkelijk de gangbare term voor de werking die men van het wiskundig denken verwachtte. Toch verscheen op die plaats en in die context het woord voor het eerst in de literatuur.

Anders dan bij het verwante begrip rationalisering ontbrak de negatieve cultuurhistorische lading nagenoeg. Alleen L.E.J. Brouwer gaf een pessimistische interpretatie. Hij sprak, zonder overigens het woord mathematisering te bezigen, van het algemeen vermogen van de mensen tot het ‘wiskundig bekijken van hun leven’⁹ en koppelde dit aan doelrationeel handelen, ‘sprong van doel op middel’. Die veelgeciteerde ‘sprong’ stond bij Brouwer onder negatief cultuurhistorisch voortekenen, bij degenen die hem citeerden niet meer. Het curieuze resultaat was dat Brouwer een bijdrage leverde aan het begrippenkader voor een vernieuwing in de wiskunde-beoefening waarmee hij weinig op had.

Mathematisering, zo leert de context van de zelfgestelde opgave, gebeurt buiten de wiskunde. De geest, het denken, de denkwijze, de denkvorm of de wijze van bekijken die de wiskunde eigen is, wordt overgedragen op een probleemformulering of op een heel domein van menselijke activiteit. En kennelijk twijfelde men nauwelijks aan die mogelijkheid: bij De Fontenelle ging het door een wiskundige ergens aan te zetten (zo wist hij vrij zeker een wiskundige geest gevangen te hebben), bij Van Dantzig en Tinbergen door op een bepaalde wijze te werk te gaan.

Mathematisering 3: geest van wiskunde

Van De Fontenelles geest van wiskunde bleef slechts een spook over. Men sprak er niet meer in die termen over. Voor het tegenwoordige gebruik zou ‘wiskundig denken’ een adequate vertaling zijn. Daarnaast biedt de literatuur ‘wiskundige denkwijze’ en zelfs ‘wiskundige denkvorm’ als verwijzingen naar de algemenere, niet aan de stand en het zelfbegrip van de vakwetenschap van dat moment opgehangen, noemer.

De meer theoretische beschouwingen over mathematisering hebben zonder uitzondering een historiserend karakter. Galilei, Descartes en soms ook New-

9 [Brouwer 1907 p.81] *Over de grondslagen der wiskunde* /L.E.J. Brouwer (diss. UvA). Amsterdam/Leipzig: Maas en Van Suchtelen, 1907 (heruitgave: D. van Dalen (red). Amsterdam: Stichting Mathematisch Centrum, 1981).

ton worden hoofdpersoon gemaakt in de omslag van middeleeuwse natuurbe-
 schouwing naar de nieuwe natuurwetenschap. En deze omslag, de galileïsche¹⁰,
 zou gekarakteriseerd worden door een mathematisering van de studie der na-
 tuur, c.q. van de mechanica, van de natuurfilosofie of van de wetenschap in het
 algemeen. Gevraagd naar de strekking van mathematisering is zo een antwoord
 mogelijk aan de hand van details uit de handelingen der hoofdpersonen. Be-
 gripsmatig komt men langs deze weg niet veel verder. Het enigszins teleurstel-
 lende resultaat is dat mathematisering voor dergelijke historiserende auteurs
 toch enige vorm van gelijkstelling van het object van de natuurstudie aan het
 object van de wiskunde blijkt in te houden. Omgekeerd laat zich hieruit on-
 middellijk het moderne natuurbegrip aflezen: (levenloze) natuur is datgene wat
 mathematisch gevat kan worden, of: de natuur is voor de mens juist zover be-
 grijpelijk als hij haar werking in zijn mathematisch denken kan volgen¹¹. Meest-
 al volgt daarop dan een cultuurkritiek inzake de natuuropvatting. Het is merk-
 waardig hoe dan wel steeds de gereduceerde natuuropvatting bekritiseerd
 wordt, terwijl de omslag in opvatting van tijd, ruimte en oorzakelijkheid buiten
 schot blijft.

De klassieke vindplaats van 'mathematisering' in de historische literatuur is
 de slotzin uit Dijksterhuis' *De mechanisering van het wereldbeeld*.

'De mechanisering, die het wereldbeeld bij den overgang van antieke naar klassieke
 natuurwetenschap heeft ondergaan, heeft bestaan in de invoering van een natuur-
 beschrijving met behulp van de mathematische begrippen der klassieke mechanica;
 zij beduidt het begin van de mathematisering der natuurwetenschap die in de physica
 der twintigste eeuw haar voltooiing krijgt.'¹²

Dijksterhuis nam het begrip op naar zijn programmatische strekking. Descar-
 tes' aspiraties noemde hij een programma van mathematisering. Dijksterhuis
 lijkt echter te bedoelen dat Descartes overal wiskunde van maakte, in het bij-
 zonder van de fysica. Mathematisering betekent dan een identificatie van het
 wiskundig en het natuurkundig object, met een lelijk woord 'mathematifica-

10 In de Angelsaksische literatuur is het gebruikelijk te spreken van Copernicaanse revolutie.
 Dat legt iets meer nadruk op de kosmologie, wereldbeeld in letterlijke zin, maar de bood-
 schap is in wezen dezelfde. [Cohen 1985] *Revolution in Science* /I.B. Cohen. Cambridge
 (Mass.): Harvard UP, 1985. [Cohen 1994] *The Scientific Revolution. A Historiographic
 Inquiry* /H.F. Cohen. Chicago: Chicago UP, 1994.

11 [Dijksterhuis 1950 p.550] *De mechanisering van het wereldbeeld* /E.J. Dijksterhuis. Amster-
 dam: Meulenhof, 1950 (1989).
 [Horkheimer/Adorno 1987 p.39] *Dialectiek van de verlichting. Filosofische fragmenten*
 /Max Horkheimer en Theodor W. Adorno; uit het Duits vertaald door Michel J. van
 Nieuwstadt. Nijmegen: SUN, 1987. Oorspr. *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Frag-
 mente* Amsterdam: Querido, 1947.
 [Husserl 1977 p.22ff]

12 [Dijksterhuis 1950 p.550]

tie'. Inderdaad, dat begin van mathematisering van de natuurwetenschap, de klassieke mechanica, is in Dijksterhuis' ogen:

'[...] niet slechts mathematisch in dien zin dat zij zich van de hulpmiddelen der wiskunde bedient om redeneringen die zich desnoods ook in de gewone omgangstaal zouden kunnen laten uitdrukken korter en overzichtelijker weer te geven, maar in dezen veel stringenteren, dat haar fundamentele begrippen mathematische begrippen zijn, dat zij zelf een wiskunde is.'¹³

Dijksterhuis' invulling van mathematisering is massief – en teleurstellend want nog steeds is niet gezegd wat mathematische begrippen onderscheidt van andere. De wetenschapshistoricus Hakfoort maakt onderscheid naar mathematisering onder drie verschillende aspecten¹⁴. Ook hij bespreekt Descartes en wijst op een driedelige mathematisering van de natuurfilosofie, namelijk een ontologische en een methodologische mathematisering en het opstellen van wiskundige wetten. Methodologische mathematisering is het 'more geometrico', het voorstellen van een theorie als stelsel van logische deducties uit een stel evidente axioma's. Het wiskundig formuleren van wetmatigheden is het eerder door Dijksterhuis gegeven kenmerk. Met ontologische mathematisering bedoelt Hakfoort dat het object van de natuurfilosofie op puur wiskundige wijze bepaald wordt, namelijk als *res extensa*, uitgebreidheid. Ook bij Hakfoort lijkt het te gaan om identificatie, 'mathematisch' noemt hij Descartes' ontologie en methodologie. Ondanks het verhelderende onderscheid in drie kenmerken is de uitkomst nog niet geheel bevredigend. Immers, als het om identificatie zou gaan, dan was er helemaal geen geest losgemaakt van de wiskunde; dan was eenvoudigweg de wiskunde zelf uitgebreid. Het toegevoegde woord mathematisering zou bovendien volstrekt overbodig zijn. Bij nader inzien is het 'more geometrico' als manier van doen herkenbaar die ook buiten de wiskunde voorkomt. De mathematische formulering is veeleer resultaat van de wiskundige behandeling dan deze behandeling zelf.

De cruciale identificatie ligt zowel volgens Dijksterhuis als volgens Hakfoort op ontologisch vlak. Hier ligt ook de mogelijkheid tot nuancering. *Res extensa*, uitgebreidheid, is immers een aspect van de werkelijkheid en dus hooguit grondstof voor wiskundige beschouwingen, niet het mathematisch object zelf. Het onderscheid tussen werkelijkheidsaspect en wiskundig object, waar immers de mathematische abstractie tussen zit, komt hieronder systematisch aan de orde naar aanleiding van de visie van Husserl. Het historisch materiaal dat met het begrip mathematisering geïnterpreteerd is, is natuurlijk met Dijkster-

13 [Dijksterhuis 1950 p.548] Over Descartes, pp. 444 ff.; op p. 548 schrijft hij 'Weldra dringt het streven naar mathematisering ook op dynamisch gebied door: Descartes overdrijft het waar hij physica en geometrie eenvoudig wil identificeren, maar [...]'

14 [Hakfoort 1988 p.4] 'De fundamentele spanning in Newtons natuurwetenschap' /C. Hakfoort. In: *Wijsgerig perspectief op maatschappij en wetenschap* 29-1 (1988/89), pp.2-7.

huis en Hakfoort bepaald niet uitgeput. Een verrassende aanvulling biedt het werk van de techniekhistoricus Mauersberger.

Mauersberger bespreekt schijnbaar oppervlakkig aan mathematisering herinnerende facetten van de relatie tussen wiskunde en techniek in de zestiende en zeventiende eeuw. Hij komt tot een vijftal kenmerken die niet primair verwijzen naar zichtbare wiskundige inbreng, maar juist naar die manier van voorstellen van het object: * elementarisering van technische bouwsels en processen; * het denken in plaatjes als typische ingenieersvorm van synthese, waarin de wiskunde non-verbaal en non-calculatief doorwerkt; * opkomst van de praktische mechanica (werktuigkunde) en praktische geometrie (landmeten, perspectief e.d.) op basis van uiterst elementaire meetkundige inzichten; * het technisch tekenen als taal van de ingenieur; * structurering van de technische kennis door steeds beknopter, en uiteindelijk symbolische, uitbeelding, en door het aanbrengen van systeem en classificatie in technische uitdrukkingen¹⁵. Het aardige van deze kenmerken is, dat ze de mechanisch-technische overzichtsboeken van Leonardo en van Leupold en het mechanisch alfabet van Polhem in beeld brengen. Deze hebben intuïtief alles te maken met mathematisering, maar in de discussie erover ontbreken ze dikwijls. Stevin verschijnt nu ineens naast Descartes; Leibniz is met zijn bijdrage aan de natuurkunde én aan het classificeren zeer prominent aanwezig. Mathematisering volgens Mauersberger verwijst dus naar een structureren (uiteenleggen en samenbrengen) van het kengebied én van de kennis.

Mathematisering 4: systematisch

Husserl, die de natuur zelf bij Galilei tot een mathematische variëteit gemaakt ziet worden, is de enige die zich systematisch heeft gebogen over de inhoud van het begrip mathematisering. Hij signaleert dat er iets aan de hand is, namelijk dat kwaliteiten zich niet zomaar laten mathematiseren. De mathematisering is in dat geval indirect; de kwaliteiten rijden als het ware mee met de mathematisering van het wel onmiddellijk mathematiseerbare: mee-mathematisering. Zo kan men toch zinvol spreken over, zeg, gradaties van roodheid en daarvoor een maat ontwikkelen.

15 [Mauersberger 1988] 'Technik im Umfeld der Naturerkenntnis von Galilei bis Newton' /Klaus Mauersberger. In: *Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte* 7 (1988) (= *Naturwissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert* Berlin, 1988) pp. 179-212.

[Mauersberger 1989] 'Descartes' Einfluss auf das technische Denken und die Herausbildung der Technikwissenschaften' /K. Mauersberger. In: *Descartes und das Problem der wissenschaftlichen Methode* /H.-M. Gerlach und R. Meyer (Hrsg.). Halle (Saale): Martin Luther Universität Halle-Wittenberg (*Wissenschaftliche Beiträge* 7 (1989) A112), 1989 pp. 137-144.

[Mauersberger 1992] 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technik im 17./18. Jahrhundert' /K. Mauersberger (voordracht GAMM-Tagung, Leipzig, 25. März 1992, ongepubliceerd).

Waarom indirecte mathematisering? Wat is het en waarom onderscheidt hij het van directe? Over het resultaat van mathematisering is Husserl althans duidelijk: het objectgebied wordt opgevat als een variëteit, dat wil zeggen een mathematische ruimte met een maat daarop gedefinieerd. Men treft nu een dergelijke structuur aan in, of legt die op aan, het objectgebied. Het eerste geval zou dan volgens Husserl overeenstemmen met zuivere wiskunde, het tweede met toegepaste. 'De natuur opgevat als mathematisch universum', moet men bij Husserl dan ook heel letterlijk nemen.

Volgens Husserl is nu het tijdruimtelijke en het causale in de werkelijkheid zo gegeven dat een idealisering mogelijk is, die het objectgebied overvoert in een wiskundig domein. Men schudt eenvoudig wat vaagheid en imperfectie af. Onder welk gezichtspunt geïdealiseerd wordt, vertelt hij er pas bij wanneer het gaat om *indirecte* mathematisering: geïdealiseerd naar verbinding met uiterlijkheid (*Gestalt*, vorm, uiterlijke gedaante). *Gestalt* is bij Husserl het tegendeel van *Fülle* (innerlijkheid, volheid). *Fülle* laat zich mee-mathematiseren voorzover het verbonden, aangetrouwd, kan worden aan *Gestalt*, uiterlijkheid. *Gestalt* speelt hier de rol van Descartes' *res extensa*, uitgebreidheid. Tijd, ruimte en causaliteit zijn dus bij Husserl geprivilegieerde aspecten van de werkelijkheid die geen bijzondere abstractie behoeven, maar rechtstreeks geïdealiseerd kunnen worden tot wiskunde¹⁶.

Maar dan zou mathematische abstractie in het geheel geen eigen karakter hebben, slechts een eigen object! Op dit punt is mijn interpretatie anders dan die van Husserl: er zijn geen voor de wiskundige abstractie geprivilegieerde objecten. De eisen die Husserl stelt aan indirecte mathematisering moeten aan mathematisering steeds gesteld worden. In het bijzonder de drie genoemde werkelijkheidsaspecten, tijd, ruimte en oorzakelijkheid, zijn niet op voorhand 'met de wiskunde getrouwd' of 'aangelegd op het wiskundig denken'. Ook daar moet een mathematisering voltrokken worden. Mijn bepaling van mathematisering, ten slotte, leid ik af uit de visie van Fleischhacker op mathematische abstractie. Mathematische abstractie is in diens werk¹⁷ zowel onderscheiden van Husserls idealisering, als van formele abstractie.

16 [Husserl 1977 p.32;36]

17 [Fleischhacker 1982] *Over de grenzen van de kwantiteit* /L.E. Fleischhacker (diss UvA). Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1982.

[Fleischhacker 1992] 'Mathematical Abstraction, Idealisation and Intelligibility in Science' L.E. Fleischhacker. In: *Intelligibility in Science* /Craig Dilworth (ed.). Amsterdam/Atlanta: Rodopi (*Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities* 26), 1992; pp.243-263.

[Fleischhacker 1993] 'Het mathematisch ideaal' /L.E. Fleischhacker. In: *De uil van Minerva* 9-3 (1993), pp.165-180.

[Fleischhacker 1994] *Beyond Structure. The Power and Limitations of Mathematical Thought in Common Sense, Science and Philosophy* /Louk Eduard Fleischhacker. Frankfurt a/M etc: Peter Lang (European University Studies XXI/449), 1994.

In de ogen van Husserl zouden tijd, ruimte en oorzakelijk verband niets dan uiterlijkheid zijn. Het zouden slechts structurele aspecten van de werkelijkheid zijn, die de menselijke beleving slechts indelen en niet tot de inhoud ervan behoren. De wijsbegeerte en de literatuur van deze eeuw bieden, en boden ook voor Husserl, voldoende aanwijzingen voor het tegendeel. Tijd is niet slechts indeling van ons leven. We beleven de tijd ook, kunnen ons bijvoorbeeld vervelen. Proust en Heidegger laten ieder op hun eigen wijze zien dat tijd meer is dan een facet van de buitenkant. Oorzakelijkheid verloor reeds bij Brouwer de mogelijk bijzondere positie ten opzichte van de wiskunde¹⁸. Waar het Brouwer om te doen was in het 'wiskundig bekijken' van het leven was precies het terugvoeren van causaliteit op de tijdsintuïtie, zodat hij nog maar één geprivilegieerd aspect van de werkelijkheid zou overhouden: de tijd. Wat ruimte betreft, laat de niet-eenduidigheid van de geometrie van de geleefde wereld duidelijk zien dat de geleefde ruimte niet zonder meer overgaat in de mathematische. Hoewel Husserl inderdaad precies deze meerduidigheid weet te ondervangen met de notie van mathematische variëteit – een begrip dat zelfs zijn bestaan dankt aan reflectie op de alternatieve meetkundes –, is er geen grond meer om het ruimtelijke een onmiddellijk mathematisch karakter toe te kennen.

Er was alle aanleiding om van die bevoorrechte werkelijkheidsaspecten af te stappen. Descartes had de hele wereld buiten het zingevend subject tot *res extensa* verklaard en Husserl perkte het bereik van deze *res* aanzienlijk in, maar liet de constructie intact: de werkelijkheid als leverancier van wiskundige objecten. Immers, niet alleen is de uitgebreidheid of de *Gestalt* maar een aspect van de werkelijkheid, de weg van dit aspect naar de wiskunde vraagt een specifiek wiskundige abstractie en niet een algemene idealisering. Vanaf Descartes' positie is het dus niet één maar twee stappen terug naar een houdbare positie, Husserl zette er daarvan maar één.

De filosoof Fleischhacker karakteriseert het object van de wiskunde als structuur: een gebied met objecten waartussen zekere betrekkingen zijn gedefinieerd. Niet anders dan Husserl in diens tijd met variëteit geeft Fleischhacker hier de meest algemene duiding van het object van wiskunde die voorhanden is. Op dit punt is men tot op zekere hoogte afhankelijk van de stand van de wiskunde. Anders dan Husserl stelt hij niet dat er een object van wiskunde in de werkelijkheid is, maar dat de werkelijkheid een aanknopingspunt biedt voor mathematische abstractie. Mathematische abstractie neemt een object naar zijn uitwendige structureerbaarheid. Structureerbaar wil zeggen dat men er een onderverdeling en verband in kan herkennen. Met uitwendig structureerbaar is bedoeld dat structuur telkens zo wordt opgevat, dat de betrekkingen op het gebied niet als immanente relaties verschijnen (dit is de *Gestalt*- of *res exten-*

18 [Brouwer 1907 pp.81,83]

sa-kant). Deze bepaalde abstractie vat de potentieel aanwezige structuur in het oog en voltooit die denkbeeldig (hier keert iets van Husserls idealiseren terug). Uitwendige structureerbaarheid lijkt tegenstrijdig: structureerbaar is een object volgens een verband dat eigen is aan het object zelf (ook wanneer men het eraan oplegt, moet men volhouden dat het object ontvankelijk is voor die verdeling of dat verband); uitwendig structureerbaar wil juist zeggen dat men afziet van iedere immanentie, afziet van het mogelijke feit dat die structuur op de een of andere wijze eigen is aan het object. In de praktijk is de paradox nog veel sterker. Het motief om een object zo te bekijken is immers steeds, dat men meent een wezenlijk, dus per se immanent, facet ervan te pakken te hebben. Om iets van een object weer te geven wat men er wezenlijk aan acht, bijvoorbeeld aangrijpingspunten om het te sturen, beschrijft men het volgens een structuur alsof deze geheel losstond van het object.

Mathematiseren is nu, naar mijn begrip, het verabsoluteren van het gezichtspunt van waaruit mathematische abstractie vertrekt, het gezichtspunt van uitwendige structureerbaarheid. Men neemt, nog zonder de mathematische abstractie te voltrekken, de positie in dat de overige aspecten van het betreffende object niet ter zake doen. Met name de vraag of in de verkregen beschrijving van het object een wezenlijk of een bijkomstig verband is weergegeven, kan niet meer gesteld worden. Concreet: we maken schema's waarvan we wel aannemen dat ze een aspect van de werkelijkheid goed weergeven (de zaak was werkelijk structureerbaar), maar de redenen waarom de verbanden zus liggen en niet zo, kunnen in het schema niet tot uitdrukking komen. Het grote voordeel hiervan is de denkbaarheid: niets, althans niets dan de herinnering aan de herkomst, let ons om in het eenmaal gevonden schema een pijl andersom te tekenen of anderszins binnen het structurele te variëren. Niet de beperkte voorraad aan wetenschappelijke structuren weerhoudt de fysici ervan nieuwe theorieën, zoals eertijds de quantummechanica of de relativiteitstheorie, te ontwikkelen, maar het idee dat de bestaande theorieën een wezensinzicht in de natuur bieden, en dat nieuwe theorieën dat ook zullen moeten doen. Dit *begeleidende idee* kan niet in de mathematische fysica vastgelegd worden.

Ten opzichte van Dijksterhuis en de anderen kies ik voor een nuancering van het begrip mathematisering. Niet het opvatten van de natuur als mathematisch universum, niet de gelijkstelling van een objectgebied aan het mathematisch object is het kenmerk van mathematisering, maar het beschouwen van een objectgebied slechts in de vorm waarin het zich zou lenen voor mathematische abstractie, slechts als drager van mogelijke daarvan los te maken structuur.

Concreter – de voorbeelden komen in hoofdstuk vijf terug: Goudriaan bestudeerde in de jaren twintig van deze eeuw de bedrijfsorganisatie, maakte plaatjes van de goederenstromen in een bedrijf en kon daarin zowel direct verbeteringen aanwijzen als algemene patronen van logistiek. Pas later kwamen de operations research en de bedrijfskunde. Tinbergen zocht in de late jaren twin-

tig een theorie van de conjunctuurgolven, liet zich overzichten van statistische gegevens van prijs en volume van productie in de scheepsbouwsector aanreiken en herkende daarin, doordat het materiaal adequaat voorgesteld, gemathematiseerd, was, algemene patronen van vertraginggolven. Pas uit de uitwerking van deze manier van doen kwam een begin van econometrie voort, de mathematisering ging vooraf. Van Wijngaarden stelde in de jaren veertig rekenschema's op, aanvankelijk in de vorm van rekenbladen. In tweede instantie werden zulke schema's zelf onderwerp van studie. Het ging, in tweede instantie, over de structuren van die schema's onafhankelijk van de berekeningen die erdoor beschreven (en onder het regime ervan uitgevoerd) werden. Die mathematiseringsstap was het begin van de kunst van het programmeren. Bij Nicola Oresme ving de mathematisering van de mechanica aan en Galilei's prestatie was niet het vinden van een formule, hij vond de correcte valwetten immers nog niet, maar het rigoreus doorzetten van deze werkelijkheidsbenadering. De natuur werd gemathematiseerd, zegt men¹⁹, maar het ligt een stap ingewikkelder: het natuurbegrip van de moderne tijd was het resultaat van de galileïsche werkelijkheidsbenadering. Wat betreft mathematisering was er naar mijn mening geen enkele tegenstelling tussen Bacon en Descartes. De spanning tussen hun beider accentuering²⁰ is een touwtrekken geweest binnen de sfeer van de gemathematiseerde werkelijkheidsbeschouwing.

De relatie tussen het wetenschappelijk gekende en de werkelijkheid werd op zeker moment zelf weer gemathematiseerd, werd 'benadering' genoemd. Zo kon het idee van approximatie ontstaan, met als wiskundige uitwerkingen het numeriek rekenwerk enerzijds en de mathematisch-statistische foutenrekening anderzijds. De beide laatste voorbeelden komen in dit boek nog uitgebreid aan bod als cruciale domeinen waarop de conceptuele stappen van mathematisering en van wiskundig modelleren werden gezet, door Van Wijngaarden en Timman in het numerieke, door Van Dantzig in het mathematisch-statistische domein.

Mathematisering 5: expliciet gemaakt tot wiskundig modelleren

Dat mathematisering het kenmerk zou zijn van de moderne westerse wetenschap sinds Galilei of Oresme, is de twintigste-eeuwse interpretatie door de

- 19 [Shea 1983] *Nature Mathematized. Historical and Philosophical Case Studies in Classical Modern Natural Philosophy (Papers deriving from the third international conference on the history and philosophy of science, Montreal Canada, Volume I)* /William R. Shea (ed.). Dordrecht etc.: Reidel (*The University of Western Ontario Series in the Philosophy of Science* 20), 1983.
- 20 [Kuhn 1977] *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* /Thomas S. Kuhn. Chicago: The University of Chicago Press, 1977. Nederlandse editie [Kuhn 1979] *De noodzakelijke spanning. Opstellen over traditie en vernieuwing in de wetenschap* /Thomas S. Kuhn. Meppel: Boom, 1979. (vert. Ilonka de Lange; selectie uit [Kuhn 1977]). Zie in het bijzonder 'Wiskundige versus experimentele tradities in de ontwikkeling van de natuurwetenschap', pp.49-94.

hierboven genoemde historici. Het is waar dat Galilei en zijn voorgangers zich afvroegen of het mogelijk en geoorloofd was de natuur in mathematische termen te beschrijven. Het is nog iets anders om het doorzetten van die handelwijze te benoemen met het begrip mathematisering. Dat is een, overigens adequaat, begrijpen achteraf en dat begrip voegt iets toe aan de handelwijze.

De wiskundigen die zich de opdracht stelden te mathematiseren naar het voorbeeld van Newtons handelwijze in de mechanica, verging het precies eender. Ook zij voegden de interpretatie en het begrip toe en deden daarmee juist niet meer wat er telkens al gedaan was. Zij waren niet meer in de positie van Condorcet of Quetelet, die respectievelijk in de achttiende en negentiende eeuw naar direct voorbeeld van Newton een *mathématique sociale* en een *physique sociale* ontwierpen. De twintigste-eeuwers voegden er om te beginnen de reflexieve gedachte aan toe dat de crux van het voorbeeld lag in dat gebruik van wiskunde, dat mathematisering genoemd werd. Ze gingen nog een stap verder en noemden deze manier van doen de algemene werkwijze van moderne wetenschap. Deze algemene werkwijze ten slotte, noemden deze wiskundigen wiskundig modelleren. Zij meenden niets anders te doen dan het vanzelfsprekende. Dat was ook zo, maar zij voegden aan wat sinds Galilei gebruikelijk was de articulatie toe en eenmaal uitgesproken sprak het niet meer vanzelf. Het mathematiseren werd expliciet gemaakt. Wiskundig modelleren is tot procedure geworden mathematisering.

Deze manier van doen was min of meer vanzelfsprekend geweest en werd nu expliciet gemaakt. Naar het nieuwe begrip was gezocht en toen het er was, werd het verrassend snel geaccepteerd. Het wiskundig modelleren werd op zijn beurt een vanzelfsprekendheid in onze cultuur. In de jaren veertig en vijftig kan men de kwestie van mathematisering als het ware even boven de oppervlakte zien verschijnen, voordat zij weer wegzakt naar het niveau van de vanzelfsprekendheden. De geschiedenis van de wiskunde-beoefening rond 1950 biedt zo een unieke blik op de maatschappelijke functie van het vak.

Geschiedschrijving op zoek naar mathematisering

De oprichters van het Mathematisch Centrum in Amsterdam waren vervuld van vernieuwing. Het initiatief van Van der Corput, Koksma, Van Dantzig en Schouten was er een in de stortvloed van plannen en appels die bij de bevrijding hun weg vonden van de zolderkamers naar de drukkerijen. Het was in die zin een typisch oorlogsproduct. Het hunne was enigszins uitzonderlijk, doordat het zich inhoudelijk beperkte tot Nederland en tot het eigen vak. Zoals de meeste vernieuwingsinitiatieven verwees het naar de economische en culturele crisis van de jaren dertig. Dit gegeven en het lange-termijnkarakter van het hoofdthema mathematisering maken dat in dit boek de continuïteit meer nadruk krijgt dan een breuk of een nieuw begin van 1945.

De bewustwording, de breuk met vanzelfsprekendheden, is eerder in de late jaren dertig terug te vinden dan na de oorlog. Van der Corput werkte mee aan zomercursussen en hield zijn pleidooi voor erkenning van de waarde van het toepassen in 1939 in Groningen. Van Dantzig doceerde nog in Delft toen hij in 1940 voor het eerst zijn gedachten liet horen over het inrichten van een rekenzaal met rekenmachines en het opzetten van statistisch advieswerk. Vooral aan het laatste zou hij zelf zijn energie wijden.

Hoe klaar de visies ook waren, de uitwerking was moeizaam. Voor het Mathematisch Centrum was van meet af aan een Rekenafdeling voorzien. Dat het rekenwerk belangrijk was, beseftte men. Wat het eigenlijk zou moeten inhouden, was minder duidelijk. Zo kostte het Van Dantzig en Van der Corput in 1946 aanvankelijk moeite om iemand als Van Wijngaarden te vinden. Onbekendheid met Delft was de reden niet. Schouten en Van Dantzig hadden er gedoceerd en kenden Burgers en Biezeno goed. Biezeno, Van Wijngaardens promotor, was bestuurslid van het Mathematisch Centrum. De dieper liggende reden was dat Van Wijngaarden en anderen uit de omgeving van Biezeno zich nauwelijks bewust waren van het bijzondere van hun vaardigheid. De rekenvaardigheid sprak vanzelf voor wie dergelijk geavanceerd onderzoek deed. De wiskundigen wisten niet precies wat ze zochten, Van Wijngaarden wist niet hoe gezocht hij was. Een en ander moest nog expliciet gemaakt worden. Een relatieve buitenstaander, de Delftse natuurkunde-hoogleraar Kronig, die een persoonlijke vriend van Van der Corput was, bracht hen samen.

Dat de wiskundigen vernieuwingsgezind waren, zoals een belangrijk deel van de omringende samenleving, verbond hen met de samenleving. Ze waren vernieuwingsgezind in hun vak en ten aanzien van de positie van hun vak in de samenleving. Tot op dit aspect waren de verbindingen tussen de wiskundebeoefening en de maatschappij rond 1950 niet ongewoon. De vernieuwing van de positie van de wiskunde in de samenleving leverde evenwel iets wezenlijk nieuws op. De heroriëntatie leverde een nieuwe manier van gebruiken van wiskunde op. De uitkomst was enerzijds een nieuwe stijl van wiskundebeoefening, één die gemakkelijker doordrong in de cultuur, anderzijds een onder invloed daarvan veranderende cultuur. Dit cultuurhistorisch fenomeen is in beeld te brengen door speciaal te letten op verschijningsvormen van mathematisering als het schematiseren, het structureren en het 'more geometrico'. De wiskundigen speelden in op een maatschappelijke ontwikkeling. Ze namen toepassingsgerichte initiatieven en haalden daarmee iets in huis dat zich normaal gesproken buiten de wiskunde afspeelt. Ze pakten het mathematiseren op en kneedden er een algemene procedure uit.

Passage

Het wiskundig modelleren werd een vanzelfsprekendheid in de naoorlogse jaren, zowel de term als de ermee aangeduide handelwijze. Dat een begrip ge-

meengood wordt en afzinkt in het domein van vanzelfsprekende verworvenheden van een cultuur is niets bijzonders. Het wonderlijke in dit geval was dat in het wiskundig modelleren een manier van doen expliciet was gemaakt, die voorheen nu juist als vanzelfsprekend was aanvaard. In de jaren veertig en vijftig kunnen we iets dat overigens zo gewoon was in onze cultuur, dat er geen woorden aan gegeven werden, als het ware even betrappen. Er is ons een blik gegund in de keuken van deze beschaving. Het maakt beschouwing mogelijk van binnenuit.

Dit boek kan gelezen worden als het verhaal van een passage, van de overgang van de ene vanzelfsprekendheid naar de andere. Naar hun inhoud, het inzetten van de wiskundige denkwijze als iets heel gewoons, stemden beide vanzelfsprekendheden overeen. Toch verschilden ze radicaal van karakter, de ongerefleeteerde gewoonte tegenover het verworven gemeengood.

Een geschiedschrijving zoals hier beproefd wordt, met bijzondere aandacht voor mathematisering, kan deze passage in beeld brengen. Ik wil dus niet een geschiedenis 'onder het gezichtspunt van mathematisering', want die zou slechts het verschijnsel mathematisering adequaat belichten en het overige ver tekenen. Onder het gezichtspunt van mathematisering zou men zich bovendien geen raad weten met het expliciet worden van deze handelwijze en zou men zich verstrikken in het voorkomen van het begrip in de bronnen. In het navolgende wordt binnen het beschouwen van werkelijkheidsbenaderingen een bijzondere gevoeligheid ontwikkeld voor die ene benadering. Het uitgangspunt is dat het hier één bepaalde houding betreft, naast andere. Het tekent onze cultuur dat deze zich zo wijd verbreidde, maar men mag hieruit niet afleiden dat er geen discussie of strijd was. Het is niet altijd eenvoudig zulke discussies in beeld te brengen, omdat onze cultuur tegen 'wetenschappelijkheid' en 'rationaliteit' geen tegenargumenten duldde. Dikwijls zegt dan het ongeduld van de propagandisten meer dan de kleine sporen van luddisme of ander protest.

De reden om een geschiedschrijving van mathematisering, een verschijnsel dat zich zoals gezegd buiten de wiskunde afspeelt, te centreren rond het werk van de wiskundigen is gelegen in deze passage, in dat even expliciet worden van het mathematiseren tot procedure. De wiskunde-beoefening speelt altijd een rol in de verbreiding van de wiskundige denkwijze. In deze passage echter speelden de wiskundigen een hoofdrol. Zij articuleerden de aan zichzelf gestelde opgave. De verbreiding verkreeg een expliciete pendant in de vorm van de methode van het wiskundig modelleren. Zo verwierf de wiskunde ook expliciet een invloed op de cultuur.

Niet alleen speelden deze wiskundigen even de hoofdrol op het terrein van mathematisering, door dat te doen herdefinieerden zij tevens het domein van de wiskunde-beoefening. Het vak werd veel ruimer opgevat door een heropname van praktijkgerichtheid. Dit boek belicht de veranderingen in de naoorlogse wiskunde-beoefening. Het waren deels de consequenties van die passage en

die herdefinitie. Het Mathematisch Centrum en de Wiskundig Ingenieursopleiding waren belangrijke nieuwe instellingen voor de wiskunde in Nederland. Ze staan hier centraal, omdat ze uitdrukking gaven aan die nieuwe rol van de wiskunde en de nieuwe opvattingen over het vak.

De structuur van het boek

Het eerste, middelste en laatste hoofdstuk, 1, 5, en 9, vormen het algemeen historische kader. Ze belichten cultuur en mentaliteit van de Nederlandse samenleving in de periode van wederopbouw. Hoofdstuk 5 mag beschouwd worden als een exercitie in het onderkennen van verschijningsvormen van mathematisering. Binnen die omlijsting bieden hoofdstuk 2 en 8 een tweede raamwerk, het onmisbare verhaal van de ontwikkeling in de wiskunde-beoefening. Hoofdstuk 2 is een conceptuele geschiedenis van honderdvijftig jaar toegepaste wiskunde, culminerend in het wiskundig modelleren. Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van de veranderingen op dit terrein. In die twee kaders is de eigenlijke kern ingebed: de toepassingsgerichte initiatieven in de Nederlandse wiskunde-beoefening, hoofdstuk 3 en 4, 6 en 7. Daar kan men zien hoe het streven naar mathematisering hoorde bij veranderende opvattingen over de wiskunde-beoefening, hoe deze vaste vorm kregen in nieuwe instellingen en zo tot vanzelfsprekendheden werden.

Calculative years

Application-oriented initiatives in Dutch mathematics 1945-1960

The young engineer Aad van Wijngaarden spent his days and nights of the cold wartime winter by grinding out numbers in his attic. Commissioned by the professor of aerodynamics and renowned expert on turbulence, J.M. Burgers, he was grappling with the problematic subject of laminar flow. It was 1944 and he was eager to get the job done and finish his dissertation.

'You would sit and turn, turn and turn the crank. A fortnight before another part of the equation was done; they were equations describing laminar flow, third degree partial differential equations. And I was lucky enough to have an electric Marchant calculator which I could take home – saving me the trip and the cold hours at the laboratory. I would get up early, calculate all day and get to bed late at night.'

Despite his considerable efforts Van Wijngaarden never finished the job. He ignored the results.

'I did not like the result. It simply lacked beauty. Yes, I saw how the approximations might be truncated in order to gain a quicker result, but that would not have delivered the insight I was after. I saw how the job could be done, combining all the partial results, but it was simply not feasible to complete it within the span of an academic career. My supervisor thought I had done a good enough job, but I did not like it.'

These events in Delft – Van Wijngaarden was an assistant at the Technische Hoogeschool from 1939 through 1945 – foreshadowed the main themes of postwar mathematics in The Netherlands. First of all there was this slight touch of madness, call it dedication, originating both from the discipline itself and from the societal circumstances. No wonder, moreover, that it happened in Delft, a city at the forefront of research in the engineering sciences. Mathematics played a crucial role in these sciences and conversely this was precisely the domain where the application of mathematics was taking new directions. Mathematicians played a minor role at first; the more radical use of mathematics was a sphere largely inhabited by scientific engineers and physicists. They did, however, take the lead in further developments. Hence the present story of their application-oriented initiatives.

Social awareness was growing among scientists in general. Mathematicians for their part searched for serviceability. They regained the initiative by reflection upon 'application' and by creating application-oriented institutions. Within the domain of applying mathematics, however, the traditional search for 'truth' was suffocating under an overload of computing. Still, it was not easy to leave behind the search for truth and insight. This motive was even strong enough, as can be judged from the acts of Van Wijngaarden, to ignore acquired results. The two consequences one might expect to be drawn from this deadlock, followed. On the one hand, in support of the practical, routes were opened towards a more pragmatic style of applying mathematics. On the other hand mathematical thought continued to be referred to as the firm ground for beauty and truth. The ambivalence of use and beauty, essential traits of mathematics, was clearly exposed during the postwar years. It showed in practice, in views on mathematics and its social role and it was heard in the surrounding rhetoric.

Use and beauty

Use and beauty were by no means independent elements in the appreciation of mathematical thought. They were closely interrelated, particularly so in the modern pragmatic ways of mathematical modelling. Modelling realised the social serviceability of mathematics and indeed the most well-praised services of mathematics were still beauty, elegance, conciseness. Burgers, Van Wijngaarden's teacher, for his part introduced the notion of mathematical modelling in order to distinguish his search for truth and insight from the pragmatic ways of the engineers. However these same engineers soon adopted this notion for their own ends. Indeed, mathematical modelling even became the name of their practices. This is just one example of how each effort to reduce the role of mathematics to one of the two aspects, will every time with equal force draw the other aspect to the fore.

In those instances where serviceability took on the shape of new institutions both motives of use and beauty were equally intertwined. It was the combination of both aspects that made the Mathematical Centre founded in 1946 in Amsterdam into a viable institution. In Delft, as well, the interplay between both aspects allowed the establishment of the study course in Mathematical Engineering, in 1956. Neither in the content of their work, nor in their institutional existence could the Mathematical Centre and the Mathematical Engineering Education do without the motive of beauty. History in turn must not be one-handed.

The theme of the present book is the postwar orientation towards applications. Within this orientation both motives and their interplay are present and will be treated accordingly. The application-oriented initiatives in postwar Dutch mathematics are related with by focusing on the Mathematical Centre and Mathematical Engineering Education: their founding motives, their establishment and their development.

The story has three main themes: mathematics and its practice (chapters 2 and 8); the evolving role of the discipline in society, and the views on this role and the institutions (chapters 3, 4, 6 and 7); and the society within which mathematical thought is playing such a crucial role (chapters 1, 5 and 9). The history of The Netherlands is the overarching setting. Please keep in mind that the following headings only partially coincide with the chapters in the book.

Calculation and mentality

Reckoning is not a common practice among mathematicians. The fact that they did get involved in a good deal of calculations around the middle of this century, shows that society and the role of mathematics did not match properly. Still, the calculative years were by no means Van Wijngaarden's years, however much calculative effort he and his colleagues invested. It is not so much computing that is characteristic of the postwar years, but rather the calculative mentality which offered such a fruitful context for the work of the mathematicians; the mentality which demanded – in L.E.J. Brouwer's words – a 'mathematical view of the world'. Mathematicians, in turn, did open their windows to the world. In accepting their new role in society, they had to meet new expectations in traditional ways and thus got stuck in calculations.

The calculative years were the years of forced optimism; pessimism and its reasons in the preceding years were rationalised away. There was no room for negative, let alone 'nihilist', feelings. The postwar years saw the introduction of Gallup-like opinion polls; the public in an orderly and disciplined way assisted the creation of the statistics of its opinion. More sophisticated statistics were involved in the rationalisation of logistics and business organisation – there was no management science as an academic discipline in The Netherlands and nothing by the late 1940s that went under the name of Operations Research. Some mathematical statistics and fully-fledged

econometrics were put to use in the advisory planning that rationalised Dutch economic policy from the *de facto* establishment of the Central Planning Bureau from 1945 onwards. The tendencies of rationalisation took on a scientific shape in the era of postwar reconstruction, most of which were distantly connected, and some extremely close to the practice of mathematics. In systematic research, of course, be it medical, biological, or technological, mathematics was even closer involved. Research itself was increasingly rationalised: organised and managed. Vannevar Bush's report was spelled out; Crowther even came over to spread his gospel.

Dutch government not only had its economic policy designed explicitly, and rationally supported by econometric models, but it more specifically projected a policy of accelerated industrialisation – some of the measures were payed for by Marshall-aid. In one move it took measures to enhance 'industry-mindedness' of the people and it stimulated research, technological and pure-scientific research, creating the according institutions. There was not so much a climate for research policy – a phenomenon of the late 1950's – but rather a strong political support for the systematic advancement of science (and the humanities). Mathematics would not only play an increasing role in all such research, it was itself subject to the stimulus. The mathematical community acted in accordance with the opportunities offered.

Reconstruction and renewal

Reconstruction and renewal were chosen as key words by the first Prime Minister, Schermerhorn, after the war was over and they have been repeated by historians to characterise the postwar era. Renewal was the politically significant term, hinting at a breakthrough of the pillarised structure of Dutch society, and at a breakthrough of its political partitioning in particular. The breakthrough was never achieved being overshadowed instead by the politically more stable reconstruction element. The Netherlands would have returned to its well-established structures, had it not been for two peculiarities. For one thing – leaving aside the reconstructed buildings and roads for a moment – the pillars were re-erected cleaner than they ever had been before, using the same calculative methods alluded to above. For another thing, the buzzword of renewal was taken on by several substructures of society which on occasions did produce breakthroughs. Various groups of professionals, experts (scientific experts) were in fact able to cross the dividing lines of pillars and create new structures. Scientists, let alone mathematicians, had never been so much caught up in pillarisation, if only since they were part of the elite anyway. Their role in renewal was not terribly important in that way. To the scientists, renewal meant new ways of organizing themselves and their research and it meant more rational world views. The latter greatly helped to define the expertise on the basis of which professionals were able to transgress the pillar boundaries (professionals of health care and social care were important cases in point). These peculiarities do not deny the postwar reconstruction, rather they pinpoint some early roots of the de-pillarisation forces manifest in the later 1950's.

Mathematics in this way mirrored the general pattern of Dutch society, deviated from it and influenced the society. Ideas of reconstruction and renewal were quite present among Dutch mathematicians. Other than in society at large these ideas were reasonably clear and did reach a breakthrough. In this respect the mathematical community deviated from the general pattern. Mathematical modelling, the conceptual content of the breakthrough in the practice of mathematics, did realise the desired serviceability. More than anything else the procedure of modelling helped to define expertise. As an aid in creating new social patterns mathematics influenced society.

Applied Mathematics

If the introduction of mathematical modelling presented such a breakthrough in the practice of mathematics, one may well ask what went before. Applied mathematics was clearly in crisis around 1950 with the recognition that it was not so much a collection of topics that defined applied mathematics, but rather a matter of motivation and attitude.

In fact pure mathematics and its twin applied mathematics around 1800 had been the outcome of a process of purification; as to the applied side epitomised by Lagrange's analytical mechanics. This was the straightforward, but admittedly somewhat paradoxical, result when Enlightenment, placing such high hopes on the Spirit of Geometry, bit its own tail. Included in the pure sciences were mathematics, rational mechanics, physics and the like. Applied mathematics would now simply hold and disentangle the true sets of equations of these sciences. Excluded were the broader efforts of quantification and mathematisation, which had been so typical of Enlightenment thought.

This idea of truth-bearing applied mathematics would not hold. From the inside it was relativised since even in physics the theories of thermodynamics and of electromagnetism were clearly based on pragmatic metaphors. Those who defied the idea of naming every theory a metaphorical phrase and insisted on physical insight, were also the ones who took the trouble to specify the relation of mathematics and physics. The strand of thought of Von Helmholtz, Hertz, Boltzmann, and Ehrenfest, who held a remarkable professorship in Leiden 1911-1933, was in this respect continued in The Netherlands by Ehrenfest's pupils Jan Burgers, introducing mathematical modelling in aerodynamics, and Jan Tinbergen, making similar changes in econometrics.

While in international literature authors like Philip Jourdain and Emil Borel had incidentally used the notion 'mathematical model' in the 1910s, it was David van Dantzig in The Netherlands of the 1940s who really outlined 'mathematical modelling' as a procedure, as an act. Here was the attitude, replacing the set of topics. As modelling supported the idea of putting mathematical thought to the service of some goal – searching for truth would still constitute one of the possible goals – and reunited the tradition of quantification with that of applied mathematics, it truly superseded the idea of applied mathematics. Spreading this notion ended one and half a century of applied mathematics and certainly meant a breakthrough.

With the brief view on postwar Dutch culture and the history of ideas on mathematical practice the scene was set for postwar application-oriented initiatives.

Mathematical Centre

The Mathematical Centre was founded in Amsterdam on 11 February, 1946 'for the advancement of the systematic practice of pure and applied mathematics in The Netherlands, in order to elevate the contribution of these fields to the national welfare and culture and to enlarge the Dutch contribution to the international culture'. Use and beauty were clearly present as motives. Mathematics had traditionally been seen as a cultural force, now it was conceived of as a productive force as well.

Taking their point of reference in the economic and 'moral' depression of the 1930s academics reproached themselves not to have shown leadership in an increasingly 'technified' and 'mass production' culture. They were about to make amends now and drive out pessimism: they aimed for renewal. The Groningen professor G. van der Leeuw, renowned for such ideas, served as minister of culture and education under Schermerhorn. He made his former colleague J.G. van der Corput chairman on an almost *carte-blanche* committee 'for the coordination and reconstruction of higher education in mathematics', with J.A. Schouten, J.F. Koksma, D. van Dantzig,

the physicist H.A. Kramers and the astronomer M.G.J. Minnaert. Van der Corput, a man of great power and rhetoric, lived the idea of mathematics as a cultural force, from summer courses for teachers through Göttingen-like ambitions in research. Van Dantzig contributed the part of productive force. His was the notion of mathematical modelling as a general procedure of science. Their coalition made the Mathematical Centre a strong enough institution to survive. When after a decade the strong serviceability in mathematical statistics (under Van Dantzig) had petered out and the computing department (under Van Wijngaarden) had given birth to an independent computer firm Electrológica, a stable and well organised research institute remained – in line with similar much bigger foundations for physics, astronomy etc. Organised research continued, serving society in some more abstract way; with the spread of mathematical modelling to empirical sciences and industry the direct services could once more be left to others. Or, could they?

Mathematical Engineering

If the mathematical spirit could be spread by exporting a procedure, mathematical modelling, just as well as by sending out mathematical souls, mathematicians might sit back and abstract. However, as the role of mathematics became more explicit in sciences and technology, the involvement of mathematical thought became more intricate, indeed demanding the assistance of mathematicians. Such was the state electrotechnics, radiotechniques, optics, nuclear physics, applied mechanics, aero- and hydrodynamics, aeronautics, etc. in the 1930s and 1940s, that the analysis involved reached the limits of the capacities of the engineers and physicists, even if they were better more able in that sphere than even specialist mathematicians.

The most important group in the development of mathematical, in particular numeric, methods was ‘the underworld of Biezeno’, a subculture within the department of Mechanical Engineering of the Delft Technische Hoogeschool around the professor of applied mechanics C.B. Biezeno and the aforementioned Burgers; a subculture because these professors were considered so theoretical by their own department, they could not have students finishing a – supposedly practical – engineering degree. As researchers and teachers they were internationally renowned and had a certain influence. In their vicinity one would not only learn how to use advanced numeric methods, but also be encouraged to use one’s own methods of calculation where traditional methods were unavailable in the literature.

Aad van Wijngaarden, after dismissing the work he had done for Burgers, took his Doctor’s degree with Biezeno in the next year, *cum laude*, on a selection of showpieces of his numerical expertise. The closest mathematicians were those who taught the *propaedeutic* courses at the Technische Hoogeschool: lessons in rational mechanics, abstract analysis and descriptive geometry meant to transfer the Spirit of Geometry to future engineers, and not necessarily the dissemination of applicable knowledge. The departments of Electrical Engineering and Mechanical Engineering demanded more adequate courses in mathematics and by the end of the 1930s were embroiled in conflict. The mathematicians lost the confrontation, unable to deliver applicable maths and unwilling to give in on the despised propaedeutic courses. The situation was resolved only when after the war the mathematicians regained self-esteem and control in the propaedeutic function of their discipline.

From then on application-oriented initiatives developed in Delft mathematics: special courses, colloquia, research projects and finally the idea of an education in Mathematical Engineering. From its inception in 1946 it took exactly a decade for this study course to be realised, within which priority had to be fought over with the theoretical groups in the engineering de-

partments – notably Biezeno. R. Timman had to be found and convinced to come to Delft, in 1952, and after he had developed his ideas a good part of bureaucracy had to be overcome. Timman took on the idea of mathematical modelling from his thesis co-supervisor Burgers, and designed the study course accordingly. As extrovert as an application-oriented mathematician should be, he was not much of an administrator, rather the great example. Timman had wanted to train in mathematical modelling, to include business applications and operations research, to encourage students to reflect upon mathematics in relation to reality, but only through more conventional methods later through the study courses in Eindhoven, Groningen and Twente following the Delft example, did it become explicit that Mathematical Engineering was all that.

The practice of mathematics

Doing mathematics changed drastically with the postwar breakthrough: with respect to choice of subject, to style and organisation. The practice of mathematics became professionalised. Professors remained professors, but teachers became professional teachers observing their didactics and keeping up with higher mathematics through summerschools. The very novelty was the research mathematician, in university and in industry. It had been common practice for talented mathematicians to prepare a PhD while teaching at secondary school, only to hope and pray for some university position in the following years. In all of The Netherlands only a handful of assistant positions had been available prior to 1945. The Mathematical Centre now systematically offered such positions and increasingly the universities followed suit. University faculties created Mathematical Institutes with rooms, jobs and stationary, all of which date from the postwar era except Brouwer's institute at the University of Amsterdam. Here was institutionalisation at work in the most immediate sense of the word. In industrial research positions for mathematicians were created at a more modest pace, first as advisors, later as mathematical modellers in a research team. Doing mathematics was thus increasingly organised.

J.A. Schouten, co-founder of the Mathematical Centre, had in prewar years been the only mathematician to use his assistants in teamwork research, producing a great deal of joint publications on extended strands of thought in research. In academic research this teamwork style would simply increase production; in industrial research this was the single most adequate form to allow the involvement of mathematicians. Moreover, mathematical modelling would allow the pragmatic setting of goals, rather than singling out the search for truth. In the choice of subject mathematical research application problems had gained respectability. More importantly modelling allowed the inclusion of 'outside' subjects and even for non-mathematical criteria.

With respect to serviceability, we must keep in mind that teaching in school is still by far the largest service to society.

In the realm of mathematisation and application T.C Fry has distinguished several facets of mathematics, and roles played by mathematicians in industry accordingly. To his (i) mathematics as reckoning, (ii) as tool, practiced by the individual advisor, and (iii) as language, practiced by the key figure in a research team, we may now add (iv) mathematics as world picture, practiced in terms of mathematical modelling.

Outrunning pessimism

Van der Corput, presiding over an institute developing computers, proclaimed in 1950 that computers are such powerful tools they may endanger our peaceful coexistence. We need higher principles, than technical principles, to prevent disaster. Still, he added, we may well need computers and other technical assistance to sustain the overpopulated world.

Jaren van berekening

However strong the Dutch elite forbade itself to be pessimist, the very same scientists who created institutions of large scale research and promoted quantification through planning and quality control, called for compensation. In order for culture not to be one-sided technically, it ought to develop spiritually as well, scientific endeavour ought to be compensated for by sociological research and so on. Their demands were were in part born from their awareness that they were riding on the edge of technical progress. Their fear was 'promethean chivers'. An aeronautics professor's cry in 1958 that 'no pessimist could stop the progression of space flight any more' is there to testify how much pessimism had been felt. The Netherlands entered the welfare state in 1958.

Of course scientific and technical progress did help to create wealth and welfare. An economic miracle was at hand. But even more miraculous was how these pessimists dragged themselves out of the moor by their own hair. They were so clearly aware of creating progress with the latest technology, that they never realised that only through their compensation proposals and the realisation thereof they helped install the welfare state. More than by wealth, the Welfare State is characterised by caring and reflecting institutions; Mathematical modelling, the freely available general pattern of rationality, helped greatly in delineating and building up domains of expertise. The Welfare State was also a state of experts.

It was increasingly self-evident to call upon expertise for all types of decision and have one's sort calculated rationally – within the framework of some model; each framework defining a field of expertise and hence adding structure to society. This, finally, constitutes the true connection between calculation and mentality.

It had been 'only natural' in our culture to mathematise and quantify. This way to proceed had now become explicit: mathematical modelling is mathematisation expressed in a procedure. In the Welfare State calling upon mathematical modelling was 'only natural'. We witnessed the passage from one 'only natural' to the other 'only natural'. The mathematicians with their application-oriented initiatives showed the way.