

HOOFDSTUK VIER

4. VERANDERINGEN IN DE WISKUNDE-BEOEFENING

G. Alberts

4.1 WIJZIGENDE VERSCHIJNINGSVORMEN

J.J. Dronkers werd aangenomen bij Rijkswaterstaat in 1938, als wiskundige en met de bedoeling dat hij wiskundige zou blijven. Bedenken we, dat in 1956 op initiatief van R. Timman aan de Technische Hogeschool in Delft de opleiding tot Wiskundig Ingenieur van start gaat, dan wordt duidelijk in welke ontwikkeling Dronkers een voorloper is geweest. De tussenliggende twee decennia geven een ingrijpende wijziging te zien in de opvattingen over de wiskunde en haar verhouding tot toepassingen; een wijziging, die bovendien tot uitdrukking komt in concrete veranderingen in de wiskunde-beoefening.

We signaleren in dit hoofdstuk wijzigingen die zich voordoen onder drie onderscheiden aspecten: organisatie, stijl en onderwerpkeuze van wiskunde-beoefening. Dat de wiskunde-beoefening ook inhoudelijk veranderde komt bijzonder duidelijk tot uitdrukking in de introductie van het wiskundig modelleren. We kunnen op grond van deze verschijnselen concluderen tot een doorbraak binnen de wiskunde-beoefening.

Een elementaire organisatorische verandering is reeds het verrichten van onderzoek onder de noemer wiskunde in zo'n instelling voor toegepast wetenschappelijk onderzoek als Rijkswaterstaat. De verandering in stijl betreft de toename van teamwork, zowel binnen de wiskunde als in het samenspel met toepassers. In de directe samenhang met de sterkere gerichtheid op toepassingen verschuift de onderwerpkeuze. Nieuwe onderwerpen worden gekozen en, sterker nog, stelselmatig worden vraagstukken van buiten de wiskunde tot voorwerp van onderzoek gemaakt. Dit laatste impliceert dat een onderzoek niet als beëindigd wordt beschouwd, zodra wiskundig gezien een antwoord is gegeven. Zo'n commitment vanuit de wiskunde aan externe doelstellingen wordt expliciet zichtbaar in een nieuwe vorm van wiskunde-beoefening: het wiskundig

modelleren.

Aan de ene kant breidt zich de traditionele toepassing in de natuurwetenschappen uit, vooral ook in de richting van de ingenieurwetenschappen. Met de uitbreiding verandert hier het toepassen van karakter. We zien een geleidelijke introductie van het wiskundig modelleren en een doordringen van de numerieke wiskunde. Aan de andere kant nemen we een sprongsgewijze introductie waar van wiskunde, wiskundig modelleren, in de sociale wetenschappen.

De veranderingen in de wiskunde-beoefening rond 1945 hebben geresulteerd in een aanvulling op het bestaande. Zo is de Wiskundig Ingenieursopleiding allerminst een bedreiging gebleken voor de positie van de universitaire wiskunde; veeleer een versterking, door enerzijds de stimulans van concurrentie, door anderzijds het aanbieden van een extra legitimatie voor wiskundig onderzoek. Timman aanvaardde zijn ambt in 1952 met een niet mis te verstane ambitie, in 1956 ging de Wiskundig Ingenieursopleiding officieel van start. De meeste universiteiten reageerden op deze Delftse ontwikkelingen, en wel door het versterken van de positie van toepassingsgerichte wiskunde: nieuwe leerstoelen, uitbreiding van de afstudeermogelijkheden. In Utrecht werd C.J. Bouwkamp in 1954 buitengewoon hoogleraar voor de toegepaste wiskunde. Aan de Rijksuniversiteit Groningen werd het met de komst van A.I. van de Vooren mogelijk om af te studeren in de technische mechanica, de van meet af aan beoogde Wiskundig Ingenieurstitel mag men sinds 1971 verlenen.

De verandering strekte evenwel verder dan een aanvulling op een continue hoofdstroom van zuiver wiskundig onderzoek. De wijziging in opvatting was ingrijpend en overheersend.

Weliswaar is er een hoge mate van continuïteit tussen het zuiver wiskundig onderzoek in het interbellum en dat in de jaren vijftig, toch wijzigden ook in deze tak van wiskunde-beoefening de organisatorische kaders. De meest in het oog springende voorbeelden zijn de stichting van het Mathematisch Centrum en de creatie, in de jaren vijftig, van een Mathematisch Instituut in de meeste Faculteiten voor Wiskunde en Natuurwetenschappen.¹ Belangrijker nog is het verschijnsel dat in de eerste na-oorlogse jaren de opvatting, die een maatschappelijk dienstbare wiskunde-beoefening bepleitte, de boventoon voerde. Van deze opvatting was het MC werkelijk het centrum. Toonbeeld van gewijzigde opvattingen, gepaard aan continuïteit in zuivere wiskunde in nieuwe organisatorische kaders, waren Van der Corput en Koksma, zoals ook Grosheide signaleert:

“Wie het eerste voorjaarsrooster [van het MC in 1947;red] opslaat, is geneigd op te merken dat met Van der Corput ook de getallentheoretische school van standplaats veranderde”.²

1. De Universiteit van Amsterdam was voor de oorlog de enige met een Mathematisch Instituut. Nadien blijft men alleen aan de VU, door bescheidenheid van Koksma, spreken van een Wiskundig Seminarium.

2. [Grosheide 1965], zie verder hoofdstuk 2. Van der Corput kwam in 1946 van Groningen naar

De leidinggevende wiskundigen, zelfs binnen de zuivere wiskunde, verkondigden de maatschappelijke dienstbaarheid. Dit gegeven kenmerkt de sterke positie van toepassingsgerichte wiskunde na de oorlog: reden om van verandering in de wiskunde-beoefening te spreken en niet slechts van aanvulling op het bestaande.

ORGANISATIE

Dronkers was de eerste wiskundige bij Rijkswaterstaat. Hij was wellicht niet de eerste wiskundige die emplooi vond in de industriële of technisch-wetenschappelijk research,³ zeker niet de eerste die zich in die sfeer met wiskundig onderzoek bezighield. Wel is hij de eerste geweest die expliciet en met opzet als wiskundige in dienst werd genomen - afgezien even van de wiskundig adviseurs bij verzekeringsmaatschappijen -. Wanneer in 1946 de Raad van Beheer van het Mathematisch Centrum in contact treedt met Rijkswaterstaat, dan is dat met de Mathematische Dienst, die onder leiding staat van Dronkers. Binnen Rijkswaterstaat is dus de institutionalisering van wiskunde als afzonderlijke hulpdiscipline, immers *Mathematische Dienst*, reeds een stapje gevorderd.

Mensen als Biezeno en Burgers in Delft en Van der Pol bij Philips berichtten al in de jaren dertig onderzoek dat zonder aarzeling als wiskundig gekwalificeerd kan worden, wiskundigen waren zij niet.⁴ Tinbergen en De Wolff, bijvoorbeeld, vonden werk bij het CBS en later bij het Centraal Planbureau, leverden belangrijke bijdragen aan de introductie van wiskundige methoden in de economie, maar beschouwden zichzelf terecht niet langer als natuur- respectievelijk wiskundige.⁵ Het is de expliciete vraag naar wiskundige expertise die de plaats van Dronkers kenmerkt. Een institutioneel vergelijkbare positie hadden later R. Timman bij Fokker en later bij het Nationaal Luchtvaart Laboratorium, N.G. de Bruijn bij het Natuurkundig Laboratorium van Philips in 1944-1945 en B.L. van der Waerden in 1945-1948 in de researchafdeling van Koninklijke/Shell (B.P.M.). Al deze mensen werden geconfronteerd met technisch-wetenschappelijk onderzoek: datgene wat in die tijd *research* werd genoemd. Zij waren voorlopers in deze zin, dat ze in de research-sfeer betaald werden onder de noemer wiskunde. Anders dan in, met name, Duitsland verenigden of organiseerden deze *research-wiskundigen* zich in Nederland niet.⁶

De statistici, daarentegen, organiseerden zich wel: de Vereniging voor

Amsterdam.

3. Thornton C. Fry beschrijft de situatie in de V.S. vanaf de intrede van de eerste wiskundige in de industrie in 1888 [Fry 1963]. Wellicht later, maar naar we mogen aannemen toch voor 1938, zal in Nederland dezelfde ontwikkeling ingezet zijn.

4. Zie bijvoorbeeld [Pol 1936]. Naar Balth. van der Pol is de Van der Pol- vergelijking genoemd. Van der Pol zien we in 1946 terug als pleitbezorger voor, en curator van, het MC. Biezeno en Burgers traden op als promotor resp. co- promotor van zowel Van Wijngaarden als Timman.

5. Vergelijk hoofdstuk 3.

6. Al in 1921 richtte R. von Mises het *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* op [Mises 1921]. De Duitse traditie van toepassingen in deze richting gaat terug op de inspanningen van Felix Klein aan het eind van de vorige eeuw.

Statistiek dateert van 16 augustus 1945. Hier echter waren het niet in de eerste plaats wiskundigen, maar bedrijfsstatistici en statistisch adviseurs die zich verenigden en aansluiting zochten bij de wiskunde. De VVS legde zich toe op statistische analyse steunend op een wetenschappelijke statistiek. Mathematische statistiek was het kernpunt van de VVS,⁷ zulks ter onderscheiding van 'de statistiek', de beschrijvende statistiek.⁸ De sectie Mathematische Statistiek van de VVS was een nieuw organisatorisch verband in de wiskunde-beoefening - zo men al niet de hele VVS als zodanig wil beschouwen -. Er was in het contact tussen de oprichters van de VVS en Van Dantzig in 1946 zelfs even sprake van, dat deze sectie zou gaan samenvallen met de Statistische Afdeling van het Mathematisch Centrum. Van Dantzig en Hemelrijk zijn wel jarenlang actief geweest in de VVS. Kwaliteitscontrole, proefopzetten, logistiek, productieorganisatie, bedrijfsvoering en beleid zijn zaken waar (VVS-)statistici, operations researchers, na-oorlogse verzekeringswiskundigen⁹ en econometristen zich zoal mee bezighouden. Wiskundigen werkzaam in deze sfeer noemen we *organisatie-wiskundigen*. Naast de research-wiskundigen treffen we hier een tweede nieuwe beroepscategorie aan van professionele wiskundigen.

De twee, ook voor tijdgenoten, het meest in het oog springende organisatorische veranderingen zijn de twee nieuwe instituties het Mathematisch Centrum, 1946, en de opleiding tot Wiskundig Ingenieur aan de Afdeling Algemene Wetenschappen van de TH Delft, 1956. Het Centrum organiseert wetenschappelijk onderzoek op academisch niveau buiten universitair verband. Het Wiskundig Genootschap wil al meer dan twee eeuwen verenigen, stimuleren en contact bevorderen in de wiskunde-beoefening, het organiseren in een afzonderlijk instituut was nog niet vertoond. Op dit punt ligt het MC geheel in de lijn van ZWO. Naast de universitaire eenheid van onderwijs en onderzoek, wordt afzonderlijk onderzoek georganiseerd. Niet specifiek ZWO-achtig is het samengaan van zuivere en toegepaste wiskunde in dit instituut. Met enige overdrijving kunnen we stellen, dat in het MC de eenheid van wiskundig onderzoek en toepassing in de plaats treedt van de eenheid van onderzoek en onderwijs - in beide gevallen is de "eenheid" natuurlijk ideaaltypisch -. Had men wel de bedoeling aan het MC om de geschikte mensen voor research- en organisatie-wiskunde af te leveren, in feite werd deze toestroom vrijwel geheel

7. Zo centraal stond de mathematische statistiek, dat men de uitdrukking '*mathematische statistiek*' vermeed, omdat dat een pleonasme zou zijn. Men sprak wel van wetenschappelijke statistiek, van de wetenschap der statistica, nooit van *de* statistiek. Aldus A.R. van der Burg en J. Sittig in gesprekken met de auteur. Vergelijk eerste jaargangen *Statistica*.

8. Vanuit het CBS, het Centraal Planbureau voor de Statistiek, werd in december 1945 geantwoord met de oprichting van de Nederlandse Vereniging voor de Statistiek, een gesloten vereniging. In 1950 volgde de fusie. Vergelijk [Dantzig 1950].

9. De traditionele wiskundig adviseur in het verzekeringswezen had veeleer een controlerende dan een organisatorische taak. De verzekeringswiskundigen of actuarissen vormen voor 1945 een afzonderlijke beroepscategorie. Door na 1945 nauwer aansluiting te zoeken bij de wiskunde behoren zij in de hier gegeven kenschets tot de organisatie-wiskundigen, ondanks een eigen academische status en een eigen genootschap.

geabsorbeerd door de academische wereld, met inbegrip van het MC zelf.¹⁰ In feite creëerde men nieuwe carrière-kansen voor de wiskundig onderzoeker pur sang. In dezelfde periode kennen de universiteiten een personeelsuitbreiding. Wetenschappelijk ambtenaar was voor de oorlog een onbekende functie, toen er naast de hoogleraren en lectoren slechts in Amsterdam en in Delft twee assistentplaatsen waren. Een wetenschappelijke carrière begint niet meer per se als nevenactiviteit bij een leraarsbetrekking,¹¹ zoals dat tot 1940 gebruikelijk was.

Research-wiskundige, organisatie-wiskundige en *wiskundig onderzoeker* zijn nieuwe beroepsmogelijkheden die horen bij de verandering in de wiskunde-beoefening. Het instellen van een speciaal op deze beroepen gerichte opleiding is het natuurlijke sluitstuk van het organisatorische aspect van de verandering. De Wiskundig-Ingenieursopleiding, die Timman in Delft gestalte geeft, richt zich primair op de research-wiskunde.¹² De latere opleidingen in Eindhoven en Twente bieden meer ruimte voor de organisatie-wiskunde.

Een opvallend, en naar het zich laat aanzien typisch Nederlands, verschijnsel in het MC en de Wiskundig-Ingenieursopleiding is, dat de wiskundigen zich uitdrukkelijk bemoeien met de toepassingsgerichte ontwikkelingen. Waar elders het initiatief wordt overgelaten aan de fysici, de econometristen, de statistici, de werktuigbouwers, management scientists en industrial engineers,¹³ daar lopen in Nederland wiskundigen mee voorop. De organisatorische verandering geldt in Nederland zowel de zuivere als de toepassingsgerichte wiskunde-beoefening, zelfs beide in samenhang.

STIJL

Wiskunde laat zich zeer wel individueel en in afzondering bedrijven. Dat is ook lange tijd de overheersende gestalte van wiskunde-beoefening geweest, 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 is de vorming van Mathematisch Instituten, waar medewerkers een werkkamer hebben en spreekuur houden een ingrijpende wijziging, een wijziging die nog meer betekent voor de stijl dan voor de organisatie van de beroepsuitoefening. Nog bij Van der Corput, toch mede-oprichter van het MC, kan men lezen dat de wiskunde primair een roeping is, 'dat hij door die wetenschap gegrepen wordt'. Aan een beroep mogen we bijna denken, want men bedrijft wiskunde 'uit plezier, ook uit plichtbesef'.¹⁴

10. [Koksma 1962] geeft in de appendix een overzicht van alle (ex-)medewerkers van het MC.

11. Ook in het leraarsberoep treedt een professionalisering op, onder meer door de bestudering van de didactiek van de wiskunde. Deze ontwikkeling laten we hier buiten beschouwing.

12. Vergelijk [Timman 1952].

13. Zoals bijvoorbeeld ook in Delft aanvankelijk de organisatie-wiskunde aan de werktuigbouwers werd overgelaten.

14. a. [Corput 1946 b p. 24] Het volledige citaat in paragraaf 2.2. b. Het beroepsbewustzijn onder wiskundigen is bijzonder laag; men *is* wiskundige. Dit in tegenstelling tot actuarissen, statistici en operations researchers. Het Wiskundig Genootschap, per traditie het tegendeel van een beroeps-

Tegenwoordig zijn wiskundige publicaties met meer dan één auteur regel. In de jaren 1920 en 1930 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 draagt een tweede auteur, van 1930 tot 1940 zijn zelfs 26 van zijn 45 geschriften gezamenlijk werk.¹⁵ Schouten formeerde in Delft, waar hij vanaf 1914 hoogleraar wiskunde was, een onderzoeksgroep om zich heen. Hij had bijvoorbeeld assistentplaatsen, inviteerde buitenlandse gasten en leidde een aantal wiskundigen van formaat op.¹⁶ Het belangrijkste is niet, waar we de stijl van wiskunde-beoefening bespreken, dat hij school maakte in de tensorrekening of de differentiaalmeetkunde; tenslotte maakte ook J.G. van der Corput in Groningen school in de getaltheorie en L.E.J. Brouwer in Amsterdam in intuïtionisme en in topologie.¹⁷ Het belangrijkste is, dat in Schoutens groep wiskunde als teamwork werd beoefend. Het was de groep, die in de voorste geleerden van het wetenschappelijk debat stond, dat onder wiskundigen (Cartan, Levi-Civita) en met theoretisch fysici (Einstein, Lorentz) werd gevoerd.

Na 1945 wordt de onderzoeksgroep en het wiskundig onderzoek als gezamenlijke onderneming een steeds gewoner verschijnsel.¹⁸ Met name in het Mathematisch Centrum wordt dit zichtbaar, mede onder invloed van Schouten en Van Dantzig. Het heeft er de schijn van dat in het licht van toepassingen het teamwork gemakkelijker tot stand komt dan elders. We zien dit bij Schoutens groep en opnieuw binnen het Mathematisch Centrum, waar de Rekenafdeling en de Statistische Afdeling zich tot zeer hechte teams ontwikkelden, getuige ook het percentage gemeenschappelijke publicaties van de laatste afdeling. Voorwaarde voor ieder teamwork is, naast persoonlijke kwaliteiten en een integrerende visie, het hebben van een min of meer welomschreven doel. In toepassingsgericht onderzoek laat het doel zich wellicht gemakkelijker omschrijven. Bovendien - en dat is het belangrijkste element van de verklaring - toepassingsgerichte wiskunde was voor de oorlog geen standaard. Wie zich al op het pad begaf, moest wel een gedreven persoon met een eigen visie zijn, zoals Schouten of Van Dantzig, en was gedwongen zijn doel expliciet te stellen, *omdat* het afweek van de standaard.

Zien we binnen de wiskunde het samenwerken toenemen, in het daadwerkelijk toepassen is teamwork de overheersende vorm. Het is de natuurlijke werkvorm,

vereniging, heeft zich evenwel in 1986 aangesloten bij de koepel van *beroepsverenigingen* voor de beta-wetenschappen.

15. Gegevens gebaseerd op [Nijenhuis 1972].

16. Zie [Nijenhuis 1972: p. 4]

17. Brouwer was veeleer een onbereikbaar voorbeeld dan een onderzoeksleider. Van der Corput is in dit opzicht een tussenfiguur: meer stimulator en voorbeeld dan samenwerker, publiceerde ook hij een aantal malen samen met zijn leerlingen J.F. Koksma, J. Popken, G. Schaake en Ch. Pisot. Na 1945 stelt ook Van der Corput zich nadrukkelijk op als teamleider, van het onderzoek naar asymptotische ontwikkelingen.

18. Zulk teamwork sluit onderlinge rivaliteit en een zeker individualisme, dat wiskundigen nu eenmaal eigen schijnt te zijn, natuurlijk niet uit.

althans voor zover er wiskundigen bij betrokken zijn, en dit laatste is precies wat ook in Nederland vanaf de jaren dertig opkomt. Het gebruik maken van wiskundige resultaten en het ontwikkelen van ter plaatse bruikbare wiskundige inzichten wordt niet langer aan fysici of economen overgelaten.¹⁹ We spreken dan niet van de wiskundige die zich laat inspireren door een technisch of praktisch vraagstuk, die is van alle tijden, maar van degenen die zo'n vraagstuk tot het zijne maakt. Een vraagstuk buiten de wiskunde levert niet zonder meer een stabiel wiskundig probleem op. Een subtiele wijziging in technisch kunnen of prioriteitsstelling kan immers reeds het wiskundig probleem ingrijpend verschuiven. Zo noemt J.H. Greidanus van het Nationaal Luchtvaart Laboratorium in gesprek met de Raad van Beheer van het Mathematisch Centrum het probleem van het trillend elliptisch draagvlak niet alleen 'veel te formidabel', hij kan ook 'doorwerken zonder dat'.²⁰ De mathematische oplossing heeft met andere woorden in de technische context geen prioriteit. Bovendien wanneer het vraagstuk buiten de wiskunde ligt, gelden voor de oplossing ook externe criteria: naast mathematische correctheid, waarover de wiskundige zelf kan oordelen, geldt de eis van adequaatheid aan het vraagstuk.

Alleen al deze twee kenmerken van het werk, verschuivende probleemstelling en adequaatheidsafweging, nopen de wiskundige die zo'n vraagstuk tot het zijne maakt tot nauwe en permanente samenwerking met zijn 'afnemers'. Het teamwork is dus een wezenstrek van het werk van de research-wiskundige en de organisatie-wiskundige. Het karakter van het teamwork zien we sterk veranderen. Van Dronkers wordt gezegd dat hij in 1938 binnenkwam bij Rijkswaterstaat als hulpje van de civiel ingenieur, hulpje voor het moeilijke rekenwerk.²¹ Dit werk is in 1946 reeds uitgegroeid tot een Mathematische Dienst. In de jaren vijftig biedt het onderzoek in opdracht van de Deltacommissie alweer een ander beeld. Onderzoek aan het waterloopkundig schaalmodel van het Deltagebied, uitkomsten van een elektrisch getijdenanalogon, kansrekening met betrekking tot stormvloed, econometrische beschouwingen over de keuze van dijkhoogten,²² het kon dankzij wiskundige formulering met elkaar in verband worden gebracht.

Wiskunde speelt hier, aldus Fry, de rol van gemeenschappelijke taal, waarin verschillende disciplines zich uitdrukken. Deze rol komt tot uitdrukking in de centrale positie van de wiskundige in een multidisciplinair researchteam.²³ We

19. Het referentiekader is hier de 19e en 20e eeuw. We maken niet de vergelijking met wetenschappers van voor 1800, die vaak tegelijk en zonder onderscheid naar de hedendaagse begrippen wiskundige, natuurwetenschapper en ingenieur waren.

20. Notulen Raad van Beheer, 27-11-1946. Archief MC. Zie hoofdstuk zes.

21. [Walther 1984].

22. De laatste twee onderzoeken waren werk van Van Dantzig en Hemelrijk resp. Kriens. [Dantzig/Hemelrijk 1960], [Dantzig/Kriens 1960].

23. [Fry 1963] Fry geeft vier gestalten van wiskunde aan: kunst, rekenen, gereedschap, respectievelijk (gemeenschappelijke) taal. De laatste drie ziet hij in drie achtereenvolgende perioden in de Amerikaanse industriële context tot uitdrukking komen (1888-1913-1938-1963). Nederland kent niet zo'n sterke traditie van wiskunde en wiskundigen in industrie, vergelijk [Alberts 1985], inhoudelijk loopt de ontwikkeling redelijk parallel. Wij voegen hier een vijfde gestalte van wiskunde toe: wiskunde als wereldbeeld, tot uitdrukking komend in het wiskundig modelleren. Men kan dit

zien inderdaad dat onder Dronkers' leiding de Deltadienst van Rijkswaterstaat tot stand komt. De hedendaagse gestalte van het teamwork laat wiskunde als omvattende discipline zien, zoals bijvoorbeeld tot uitdrukking komt in de gigantische modelleer-exercitie van het PAWN-project, Policy Analysis of Water Management in the Netherlands.²⁴

Het samenwerken in het toepassen dat we hier aan een voorbeeld research-wiskunde zien verschijnen, kunnen we te zelfder tijd waarnemen in de statistische consultatie en in de operationele research. Wat consultatie aangaat spreekt Hemelrijk van 'socratische dialogen'. In de operationele research naar Engelse traditie betreedt de wiskundige zelf de werkvloer. Aan het Mathematisch Centrum nemen met name de rekenopdrachten en de statistische consultatie een hoge vlucht. In de rekenopdrachten gaat het niet - zoals het woord suggereert - om wiskunde als rekenen, maar aanvankelijk om wiskunde als gereedschap voor de technische wetenschap in de vorm van (Runge-Kutta) rekenschema's, later om het ontwerpen van programma's: numerieke wiskunde als taal.

ONDERWERPKEUZE

De ongekeerde groei in Nederland van toepassingsgerichte wiskunde was mogelijk, deels dankzij een nieuwe stijl van werken, deels ook dankzij een voor Nederland nieuwe wiskunde. De 'klassieke' toegepaste wiskunde had opgehouden per se toegepast te zijn en werd langzamerhand een gelijkberechtigende tak van de wiskunde. Tegelijkertijd had de feitelijke toepassing of gebruik van wiskunde zich verbreed tot ver buiten het klassieke terrein, en het scala van bruikbaar gebleken wiskunde zich verbreed.²⁵ Met de term *toepassingsgerichte wiskunde* verwijzen we naar de intentie die de betreffende wiskunde-beoefening begeleidt. De intentie is om een resultaat af te leveren, dat buiten de wiskunde van pas komt, in casu van toepassing is. Het is deze intentie die stelselmatig tot andere onderwerpkeuze leidt; ze komt bij uitstek tot uitdrukking in de hierna te bespreken werkwijze van het wiskundig modelleren.

De verschuiving in keuze van onderwerpen voor wiskundig onderzoek kan na de twee hierboven besproken aspecten van verandering niet meer verbazen. Mathematische statistiek en toegepaste wiskunde werden aan de universitaire wiskunde toegevoegd. In 1946 creëerde de Universiteit van Amsterdam het professoraat in de 'leer der collectieve verschijnselen' en in 1947 kwam hier de bijzondere leerstoel voor de toegepaste wiskunde tot stand.²⁶ Aan het

beschouwen als een radicalisering van wiskunde als taal. De zesde gestalte in de lijn van Fry zou daaraanvolgend zijn, wiskunde als werkelijkheid: systeemontwikkeling.

24. [PAWN 1983], vergelijk vorige noot.

25. Het begrippenpaar *toegepaste wiskunde* - *zuivere wiskunde* kan slechts voor de periode 1800-1940 letterlijk genomen worden. Zo 'klassiek' is de toegepaste wiskunde dus ook weer niet. Het gebied rond de theorie van differentiaal- en integraal-vergelijkingen heeft door overlevering het alleenrecht op de aanduiding toegepaste wiskunde.

26. De leerstoelen aan de TH hadden al sinds 1905 als opdracht 'zuivere en toegepaste wiskunde

Mathematisch Centrum kwam onderzoek van de grond in statistiek, waarschijnlijkheidsrekening, numerieke wiskunde en, zij het traag, in de toegepaste wiskunde. Wiskundigen deden het en beschouwden het als wiskunde.

Een subtiel voorbeeld van onderwerpverschuiving is het colloquium *Asymptotische Ontwikkelingen* dat J.G. van der Corput aan het MC organiseerde samen met de Delftse hoogleraar S.C. van Veen. Beiden waren getaltheoreticus, het colloquiumonderwerp kan ook volledig in die richting geïnterpreteerd worden. Wat ze in feite in dit colloquium wilden bereiken was een algemene theorie van afschattingen van limiet-ontwikkelingen, die bruikbaar zou zijn in toepassingen van wiskunde. Deze intentie komt tot uitdrukking in de deelname aan het colloquium van ‘toepassers’ - zoals A. van Wijngaarden en H.A. Lauwerier - en in Van der Corputs latere onderneming, de neutrixrekening. Het bleef dus zuivere wiskunde, toch was het voorwerp van aandacht verschoven.

Andere, nieuwe, onderwerpen werden gekozen, dikwijls geïnspireerd door mogelijke toepassingen. Ingrijpender is het gegeven, dat zich een toepassingsgerichte wiskunde ontpopt. Toepassingsgerichte wiskunde hoeft, zoals reeds opgemerkt, zeker niet samen te vallen met toegepaste wiskunde. De oprichters van het MC, sprekend van ‘klassieke toegepaste wiskunde’, realiseerden zich ook dit onderscheid maar namen niet de tijd een adequatere terminologie te ontwerpen. In de statistische consultatie, in de rekenopdrachten van het MC, in het werk van Timman voor het Nationaal Luchtvaart Laboratorium, in Dronkers’ werk voor Rijkswaterstaat ontpopt zich een toepassingsgerichte wiskunde. Men bedrijft wiskunde, maar met een commitment aan externe doelstellingen. Het oplossen van buitenwiskundige, praktische of technische vraagstukken is geen wiskunde, het aanleveren van de desgevraagde wiskunde is dat wel. Toepassingsgerichte wiskunde legt zich stelselmatig toe op het aanleveren van hier en nu bruikbare wiskundige resultaten. Mathematische correctheid blijft natuurlijk een randvoorwaarde, maar het doel van toepassingsgerichte wiskunde is niet primair wiskundige diepte, schoonheid of algemeenheid;²⁷ het gaat om adequaatheid aan een extern gegeven. Door de consultaties en opdrachten worden nieuwe onderwerpen gekozen, cruciaal is echter, dat de wijze van kiezen, de procedure en criteria van onderwerpkeuze in de wiskunde- beoefening, verandert.

en de mechanica’. Aan de Landbouwhogeschool doceerde Van Uven al langer statistiek. De universiteiten kenden zulke leeropdrachten nog niet. De curieuze benaming ‘leer der collectieve verschijnselen’ was natuurlijk van Van Dantzig zelf afkomstig. Voordat duidelijk was dat hij deze plaats zou gaan bezetten, heette die gewoon ‘statistiek’. Voor Van Dantzig evenwel was statistiek maar een voorbeeld van het bestuderen van ‘collectieve massaverschijnselen’. Vergelijk par. 2.2.

27. Wiskundigen houden natuurlijk deze doelen hoog in het vaandel, ook als ze zich op toepassingen richten. Schoonheid, eenvoud en algemeenheid worden juist genoemd als voordelen van wiskundige behandeling, bijvoorbeeld [Engelfriet 1948]. Het niet rücksichtlos kunnen doorzetten van deze doelen verklaart voor een deel de lagere status die het toepassingsgerichte werk onder wiskundigen heeft.

4.2. WISKUNDIG MODELLEREN

Wijzingen onder het aspect van organisatie, van stijl en van onderwerpkeuze zijn uiterlijke kenmerken van verandering in de wiskunde-beoefening. Aan de toepassingsgerichte kant, waar ook de hierboven genoemde wijzingen het duidelijkst voelbaar zijn, wordt de inhoud van de verandering bijzonder zichtbaar in de introductie en algemene acceptatie van het wiskundig modelleren. Bij de acceptatie zullen we in de volgende paragraaf een kanttekening maken.

Tot 1945 komt de term *wiskundig model* in de Nederlandse wiskunde-literatuur niet voor,²⁸ in 1955 is hij gemeengoed. De term wiskundig model dankt zijn vlotte en rimpelloze²⁹ acceptatie aan het feit, dat hij een verhouding tussen wiskundig denken en ‘werkelijkheid’, in casu toepassingsgebied, benoemde en expliciet maakte, die al enige tijd in ontwikkeling was.

Terwille van een goed begrip van de zaak zullen we in deze paragraaf de begripsmatige ontwikkeling van het wiskundig modelleren tot uitdrukking laten komen. Dit leidt tot enkele passages met veeleer systematische dan historische beschouwingen en tot een excurs over de ontwikkeling van de statistiek.

28. De auteurs die een aanduiding van of reflectie op deze verhouding wiskunde - werkelijkheid geven, zoals Brouwer, Mannoury, Kleerekoper, Schouten en Van Dantzig, geven of een andere voorstelling van zaken (Brouwer) of behelpen zich, kennelijk zoekende, met een andere terminologie: ‘structuurschema’ in [Schouten 1939: p. 2]; ‘formalistisch systeem (dat een empiristisch fundering behoeft)’ of ‘geregulariseerd model’ in [Dantzig 1941: p.79, p.87]. Wellicht de eerste, Nederlandse auteur die het begrip ‘mathematisch model’ vermeldt is Van Dantzig [Dantzig 1946: p.5]. Hemelrijk meldt bijvoorbeeld met trots dat Von Mises het begrip wiskundig model nog niet had. Zie interview met Hemelrijk in dit boek.

29. De term ontmoet misschien aarzeling - Schouten en Van der Corput bezigen hem ook later niet -, nergens tegenstand of kritiek. De procedure van het wiskundig modelleren wordt pas in later jaren, rond 1960, voorwerp van kritiek.



Pas in 1945 sprak Van Dantzig voor het eerst van wiskundig model.

WISKUNDE CENTRAAL

“In de laatste decennien zijn steeds meer ervaringswetenschappen wiskundige hulpmiddelen gaan gebruiken, bijvoorbeeld naast en behalve de ‘klassieke’ toepassingsgebieden als astronomie, physica, technische wetenschappen, geodesie en levensverzekeringswetenschap, thans ook chemie, biologie, geologie, meteorologie, economie, demografie, schadeverzekerings-wetenschap enzovoorts. Ook de *mate* van mathematisering dezer gebieden is voortdurend toegenomen. Wij verwachten dat deze ontwikkeling in de toekomst nog in versterkte mate zal voortzetten”.

Aldus in november 1945 de oprichters in spe van het Mathematisch Centrum in een brief aan Vening Meinesz.³⁰ Bij deze verbreding van het terrein van toepassing signaleren zij een ‘leemte tussen de zuivere wiskunde en hare toepassingsgebieden’. Zij schetsen hiermee in feite de ruimte die is ontstaan voor een nieuwe vorm van wiskunde- beoefening, één die meer expliciet gericht is op toepassingen. Zij spreken van ‘wisselwerking tussen wiskunde en omliggende gebieden’, net als Schouten in zijn Amsterdamse oratie ‘Over de wisselwerking tussen wiskunde en physica in de laatste 40 jaren’.³¹

30. Brief van de Commissie tot Coördinatie van het Hooger Onderwijs in de Wiskunde in Nederland aan Vening Meinesz dd 25-11-1945, Archief MC en Rijksarchief Centrale Bewaarplaats 10.326 (cursivering in origineel).

31. [Schouten 1949].

Wisselwerking veronderstelt een zekere gelijkwaardigheid. De als gelijkwaardig beschouwde verhouding tussen wiskunde en natuurkunde werd hier model gehouden voor de toepassings-verhouding in het algemeen. Echter reeds in de voorbeelden die het citaat geeft, was niet overal sprake van een gevestigde empirisch-wetenschappelijke theorie, die in correspondentie zou kunnen worden gebracht met een wiskundige theorie. Nog duidelijker komt een onevenwichtigheid in de toepassingsverhouding naar voren bij het gebruik van wiskunde in de sfeer van industriële productie: in kwaliteitscontrole en bij organisatievraagstukken wordt statistiek gebruikt zonder dat een empirisch-wetenschappelijk kader aangewezen kan worden.³² Dit betekent, dat wiskunde meer en meer gebruikt raakte op een scala van nieuwe gebieden, en wel in een nieuwe toepassingsrelatie. In de nieuwe toepassingsverhouding kwam het zwaartepunt bij de wiskunde te liggen.

Het toepassen van een specifieke wiskundige theorie is in feite constituerend geweest voor zulke wetenschappen als de econometrie, de verzekeringswetenschap of de demografie.³³ In de nieuwe toepassingsrelatie werd de afbakening van de empirisch-wetenschappelijke theorie in hoge mate ingegeven vanuit de wiskunde. Waar de mogelijkheid of de motivatie tot empirisch-wetenschappelijke theorievorming ontbrak, daar zien we deze nieuwe toepassingsverhouding in zijn extreme vorm - in zekere zin zuivere vorm - aan de dag treden. Daar verschijnt het wiskundig modelleren als toepassingsprocedure. Dit was met name het geval in industriële en militaire context en in de sfeer van beleidsvorming, waar Operations Research en statistische consultatie hun oorsprong vinden.³⁴

De onmogelijkheid van theorievorming deed, en doet, zich sterk gevoelen in de (toegepaste) technische wetenschappen, op het raakvlak met de industriële research. Het is dit werkterrein dat door Thornton C. Fry vanuit zijn ervaring bij Bells Labs beschreven wordt. De wiskundige is in diens visie de centrale figuur in een research-team, doordat hij de gemeenschappelijke taal van de verschillende ingenieurs spreekt.³⁵ In Nederland is het R. Timman geweest, die de rol van de wiskundige op dit werkterrein heeft ingezien en gepropageerd. Door zijn promotie bij Biezeno en Burgers en zijn werkervaring aan het Nationaal Luchtvaart Laboratorium is het begrijpelijk dat hij het wiskundig modelleren formuleert als toepassingsprocedure van wiskunde in het 'toegepast wetenschappelijk onderzoek'.³⁶

32. Zulke toepassingen komen al in de jaren dertig voor, meestal beschreven onder de oneigenlijke noemer van bedrijfseconomie of bedrijfsstatistiek. Vergelijk [Stridiron 1943] [Ettinger 1955].

33. Natuurlijk was de wiskundige theorievorming wel degelijk geïnspireerd op inzichten in het betreffende gebied. Het duidelijkste voorbeeld is de speltheorie (een wiskundige theorie!) van Von Neumann en Morgenstern.

34. De Operations Research neemt zijn aanvang in de Tweede Wereldoorlog. De wortels van deze activiteit in de vooroorlogse industriële productie worden over het algemeen miskend.

35. [Fry 1963]. Deze kenschets heeft betrekking volgens Fry op de periode 1938-1963.

36. [Timman 1952]. J.M. Burgers was hoogleraar Aëro- en hydrodynamica in Delft, C.B. Biezeno hoogleraar Toegepaste Mechanica. Beiden begaven zich ook in de wiskunde. Biezeno was promo-

REGELS

Het wiskundig modelleren trad het eerst aan de dag, waar enerzijds een wetenschap van toepassing ontbrak en anderzijds toch wiskunde toegepast werd, dat wil zeggen waar het gebruik van wiskunde verder reikte dan het volgen van regels. In het dagelijks verkeer hanteren we rekenregels; de verzekeringswiskundige berekende volgens vaststaand (wettelijk vastgelegd) voorschrift de 'wiskundige reserve' van de verzekeringsmaatschappij; het schatten waarden en waarnemingsfouten in de vooroorlogse statistiek was het volgen van eenmaal gevonden regels. Bij dit gebruik van voorschriften doet een achterliggend wiskundig inzicht in feite niet terzake. Zelfs R.A. Fishers *Statistical Methods for Research Workers*³⁷ kan opgevat worden als een, weliswaar in enige samenhang gepresenteerde, collectie recepten. Bij het toepassen van wiskunde, daarentegen, is de wiskunde zelf in het geding: het wiskundig inzicht wordt aan, met betrekking tot, het voorwerp van toepassing voltrokken.³⁸ Aan de kant van de wiskunde ligt hierbij dus niet vast wat het inzicht zal zijn, aan de kant van de toepassing ligt de te volgen regel niet vast.



M.J. van Uven, voorloper in de Nederlandse mathematische statistiek. Foto 1928, vgl. noot 38.

We mogen op grond van dit onderscheid twee situaties verwachten die

tor van A. van Wijngaarden en van R. Timman, curator van het MC en hij steunde Timmans initiatief voor de Wiskundig Ingenieursopleiding. Zie hoofdstukken 7 en 9.

37. [Fisher 1925].

38. Men mag deze kenschets opvatten als een definiërend onderscheid tussen gebruik en toepassing van wiskunde. Hierin is bijvoorbeeld Van Uvens mathematische verwerking van de problematiek van proefveldtechnieken [Uven 1935] wezenlijk onderscheiden van Fishers werk.

aanleiding geven tot de introductie van het wiskundig modelleren als toepassingsprocedure, ten eerste wanneer het toepassen van wiskunde zich buiten de gevestigde empirische wetenschappen begeeft, ten tweede vanuit het gebruik van wiskundige resultaten wanneer de gehanteerde regels gerelativeerd en gevarieerd worden. Beide situaties treffen we inderdaad aan. *Het* voorbeeld van de eerste - toepassen buiten de gevestigde wetenschap - is de econometrie, recentere voorbeelden zijn de bedrijfskunde en de bestuurskunde. Het tweede - variatie en relativering van voorschriften - speelde in de hier aan de orde zijnde periode af in bijvoorbeeld de statistiek van proefopzetten en de verzekeringswiskunde.³⁹ Een mengvorm van beide aanleidingen zien we in de demografie⁴⁰ en in de statistiek.⁴¹

In Nederland komt het wiskundig modelleren voor het eerst expliciet naar voren in de colleges en in de statistische consultaties van Van Dantzig.⁴² Van Dantzig beschouwde het toetsen van een hypothese in de statistiek als het toetsen van een waarschijnlijkheidstheoretisch model. Zijn geschriften illustreren, dat het wiskundig modelleren zijn intrede doet in de mathematische statistiek, waar de praktijk van het statistisch schatten in aanraking komt met de geaxiomatiseerde waarschijnlijkheidsrekening. In 1930 was de Rus Kolmogoroff erin geslaagd een axiomatiek van de waarschijnlijkheidsrekening op te bouwen, waarmee deze theorie als een volwaardige tak van de wiskunde geaccepteerd was. De Wiener-Kreisleden Reichenbach en Von Mises kwamen met hun eigen versies van deze theorie. Onder logici en theoretisch wiskundigen was deze ontwikkeling kennelijk beter bekend dan onder statistici, zo ook bij Van Dantzig.⁴³

Vervolgens wordt vanuit deze hoek, bijvoorbeeld door Reichenbach en in diens navolging door Van Dantzig, een superpositie voltrokken van de toegepaste waarschijnlijkheidsrekening op de bestaande mathematische statistiek.

Deze inlijving paste natuurlijk niet zomaar, of beter: ze paste wonderwel binnen een bepaalde opvatting van statistiek.⁴⁴ Juist dankzij expliciete verwoording en beoefening van het wiskundig modelleren als algemene toepassingsprocedure van wiskunde, ja zelfs als algemene procedure van empirische wetenschap,⁴⁵ was de inlijving geloofwaardig. Van Dantzigs colleges

39. Beide voorbeelden lenen zich voor interessante detailsstudies. Vergelijk [Fisher 1925; 1935], [Uven 1935], [Box 1954], [Bloemena 1956] en [Box/Hunter 1978]; resp. [Engelfriet 1978].

40. Vergelijk [Yntema 1952].

41. In de VVS sprak men niet zonder bedoeling van de 'wetenschap der statistiek'. Men beschouwde zijn activiteit als wetenschappelijk op grond van het feit dat het toegepaste wiskunde was. Vandaar ook de bestrijding van het 'pleonasme' mathematische statistiek.

42. [Dantzig 1946 e.v.]. Van Dantzig heeft wel degelijk zelf statistische consultaties uitgevoerd, met name in de periode 1943-1948; dossiers in Statistiek Archief, Archief MC.

43. [Dantzig 1941] verwijst naar al deze literatuur, die bij Van Uven en Fisher ten enenmale onvermeld blijft.

44. De inlijvingsstrijd werd dan ook vertraagd uitgevochten als een opvattingenstrijd in de statistiek, rond het kernthema 'statistische inferentie'; voor een enkel voorbeeld zie [Dantzig 1957 a,b].

45. [Dantzig 1947].

Mathematische Statistiek en Waarschijnlijkheidsrekening starten vanuit een uitgebreide behandeling van de verhouding wiskunde - werkelijkheid en de introductie van het begrip mathematisch model.

Wiskundig modelleren, als toepassingswijze van waarschijnlijkheidsrekening, impliceerde toepasbaarheid op om het even welk terrein en beloofde, omgekeerd, opname van deze terreinen in de familie van empirische wetenschappen. Van hun kant waren de statistici in de VVS zeer gevoelig voor de statusverhogende verbintenis met de wiskunde: 'de profeet' noemt Sittig Van Dantzig.⁴⁶

De mathematische statistiek verschoof, in verband met de inlijving, in de periode rond 1945 van schattingsleer naar toetsingsleer. De bestaande mathematische statistiek was een schattingsleer, een theorie van het schatten van 'ware' waarden en verbanden die gebruik maakte van wiskundige hulpmiddelen. Het was, anders gezegd, een methode om de werkelijkheid te benaderen. Men zocht een schatting. In de na-oorlogse mathematische statistiek, die onder een bepaald gezichtspunt inderdaad als toegepaste waarschijnlijkheidsrekening opgevat kan worden, ontwikkelt zich deze schattingsleer tot een mathematische schattingstheorie - ingebed ditmaal in een toetsingsleer -. Een geschatte uitkomst wordt niet langer geïdentificeerd met de werkelijkheid, een 'schatting' is een mathematisch object geworden, een stochast. De correspondentie tussen dit mathematisch object en een empirisch gegeven wordt getoetst. Gezegd is hiermee niet dat de vooroorlogse statistici het verschil tussen wiskunde en werkelijkheid niet kenden, wel dat verschil nu expliciet gesteld is. Kenden de statistici het verschil misschien wel, de statistiek kende het niet. De relatie tussen schatting en empirie kan zelf voorwerp van onderzoek worden, toetsing. Voor het toetsen werd een groeiende collectie mathematische methoden ontwikkeld, tezamen een toetsingsleer - nog geen (mathematische) theorie -.⁴⁷

De ontwikkeling in de statistiek laat zien - en daarom is ze hier summier weergegeven -, dat de introductie van het wiskundig modelleren het resultaat is van een reflectie op de verhouding wiskunde-werkelijkheid. De uitkomst van de statistische berekening, de schatting, wordt immers niet langer beschouwd als gelijksoortig aan, namelijk benadering van, het empirisch gegeven. Werd voordien een schatting gemaakt binnen het domein van de werkelijkheid, nu wordt binnen de wiskunde een schatting opgesteld. De wiskundige formulering als geheel wordt getoetst aan de werkelijkheid. Het besef van het principiële onderscheid tussen beide vindt op begripsmatig niveau zijn uitdrukking in het

46. Interview met Sittig in dit boek, vergelijk ook [Burg 1946].

47. Het onderzoek naar parameter vrije methoden door Van Dantzig en zijn leerlingen kan beschouwd worden als een aanzet tot een onderdeel van zo'n toetsingstheorie. Zie verder het hoofdstuk 8.

begrip *wiskundig model*, in casu waarschijnlijkheidstheoretisch model.

De verhouding wiskunde-werkelijkheid is hiermee gewijzigd, want expliciet gemaakt en gethematiseerd als de relatie tussen wiskundig model en empirie. Zo is de basis gelegd voor de hierboven reeds aangeduide nieuwe toepassingsverhouding van de wiskunde.

Traditioneel wordt het toepassen van wiskunde begeleid door het waarheidsideaal, de wiskundige formulering zou de waarheid omtrent het toepassingsgebied weergeven. In het wiskundig modelleren kan de relatie tussen wiskundige formulering en het weergegevene losser worden. In het algemeen geldt nu het geschiktheids- of adequaatheids-kriterium: een zeker wiskundig model voldoet voor een bepaald doel. Is het doel het ontdekken van waarheid - nieuwsgierigheid, zoals wel van de wetenschapsbeoefening wordt gezegd -, dan is het model geschikt wanneer het onder een bepaald aspect de waarheid omtrent de betreffende werkelijkheid weergeeft. Ten eerste echter is dat maar één bijzondere invulling van het geschiktheidskriterium. Ten tweede, zo blijkt uit het thematiseren van de verhouding van wiskundig model en empirie, is het een illusie om *de* weergave van *de* werkelijkheid na te streven. In feite opent het wiskundig modelleren de weg voor een pragmatisch inzetten van de wiskunde, zoals simulatie- en black-box-methoden.

VAN WERKELIJKHEIDS‘BENADERING’ NAAR ALGEMENE TOEPASSINGSVERHOUDING.

De reflectie op de toepasbaarheid van wiskunde vinden we in de Nederlandstalige literatuur bij zulke uiteenlopende auteurs als Brouwer, Mannoury, Schouten, Kleerekoper en Van der Pol.⁴⁸ Expliciete vermelding van het begrip wiskundig model treffen we voor het eerst aan bij Van Dantzig.⁴⁹ In de internationale literatuur wordt vaak het artikel ‘The role of models’ van Wiener en Rosenblueth uit 1945 als vroege bron aangewezen.⁵⁰

Hoewel door het thematiseren van de relatie tussen mathematisch model en empirisch gegeven vele variaties in deze relatie denkbaar waren geworden, was dat juist niet de weg die de mathematisch statistici van het Mathematisch Centrum bewandelden. Net als later de wiskundig modelleerders in fysisch-technische richting bleven Van Dantzig, Hemelrijk en hun leerlingen werken binnen het ideaal van zoeken naar waarheid. Hun modellen moesten een waarheidsgetrouwe weergave, al was het dan vereenvoudigd en geregulariseerd, van de werkelijkheid zijn. ‘Het model is maar een benadering van de werkelijkheid’ is de kreet van research-wiskundigen, waarachter gemeenlijk het waarheidsideaal schuil gaat. Timman, in zijn rede uit 1952, verruimt de relatie wiskunde-toepassingsgebied althans in zoverre, dat hij het van het waarheidskriterium afgeleide criterium van geloofwaardigheid introduceert:

48. [Brouwer 1907: II]; [Mannoury 1917]; [Schouten 1939]; [Kleerekoper 1938]; [Pol 1936].

49. [Dantzig 1946].

50. [Rosenblueth/ Wiener 1945]. Zij behandelen reeds het gebruik van model als ‘black box’.

“Waar de extreme vorm van mathematische critiek verstek laat gaan, omdat zij niet anders kan doen dan alles onaanvaardbaar te verklaren, moet een op ervaring gebaseerde vorm van critiek aanwezig zijn, die het ene resultaat wel, het andere niet geloofwaardig acht”.⁵¹

Zowel Van Dantzig als Timman betreden nieuwe terreinen van toepassing met het modelleren als toepassingsprocedure, ze blijven heel dicht aanzitten tegen het ‘klassieke’ toepassen van wiskunde, waarin het waarheidsideaal de leidraad vormde.

Veltkamp brengt een nieuw criterium in in het op fysisch-technische toepassingen gerichte modelleren, wanneer hij de wiskundig ingenieur voorhoudt dat ‘vigor, not rigor’ gewenst is: effectiviteit als criterium dat de relatie wiskundig model-empirie (practisch doel) begeleidt.⁵² Het toepassen van wiskunde komt dan in het licht van economisch of technisch nut te staan.

Veel vrijer gebruik van de mogelijkheid om de relatie tussen wiskundig model en werkelijkheid te variëren maakten al spoedig de econometristen, met name in het Centraal Planbureau (1945) onder leiding van Tinbergen, de verzekeringswiskundigen in navolging van Engelfriet en de industriële statistici.⁵³ Bij beleidsadviesing voor de sociaal-economische politiek, voor de bedrijfsvoering van verzekeringsmaatschappijen, bij optimalisering van industriële processen, gelden telkens andere adequaatheidskriteria voor het model, naast of in plaats van waarheid. Met name het criterium van economisch nut kon een rol gaan spelen in het toepassen van wiskunde, ter beoordeling van de geschiktheid van het mathematisch model.

De nieuwe toepassingsverhouding opent de principiële mogelijkheid om velerlei verschillende relaties tussen model en een buiten-wiskundige werkelijkheid aan te leggen bij het toepassen van wiskunde. We zien, dat deze mogelijkheid niet onmiddellijk, maar toch vrij snel na de introductie van het wiskundig modelleren ook werd benut. In het algemeen maakt de organisatie-wiskundige meer vrijelijk gebruik van deze mogelijkheid dan de research-wiskundige. In beider werkterrein vindt het wiskundig modelleren ingang, in de research-wiskunde wat trager. In het wiskundig model bleek de wiskunde haar algemene vorm van toepasbaarheid te hebben gevonden. Bovendien, omdat verschillende geschiktheidskriteria aangelegd kunnen worden in het wiskundig modelleren, leent de wiskunde zich in deze vorm voor buitenwiskundige doeleinden, voor maatschappelijke dienstbaarheid.

Wanneer opgemerkt wordt dat niet ‘begrijpen’ maar ‘beheersen’ het doel is van wiskundig modelleren, dan is dat in overeenstemming met de mogelijkheid in deze toepassingsrelatie om uiteenlopende geschiktheidskriteria aan te leggen. De vrijheid om zeer pragmatisch te zijn in het toepassen van wiskunde treedt hier expliciet aan de dag. Daarbij blijft ook ‘begrijpen’ een van de opties, een

51. [Timman 1952: p.15].

52. [Veltkamp 1961].

53. Vergelijk bijvoorbeeld [Box 1954] en [Hamaker 1955].

van de mogelijke doelstellingen in het wiskundig modelleren.

Leek het wiskundig modelleren aanvankelijk voorbehouden aan nieuwe toepassingsgebieden, verschijnend als de algemene vorm van toepassen werd het later met terugwerkende kracht toegeschreven aan sommige 'klassieke' toepassingen. Niet geheel ten onrechte zegt Timman op deze manier, dat Burgers een aantal 'mathematische modellen' van de turbulentie (van gas- en vloeistofstromingen) heeft opgesteld.⁵⁴ Van der Waerden, die in de hier beschouwde periode nergens de term wiskundig model gebruikt, beschrijft achteraf zijn werk voor Shell-research (1945-1948) zonder aarzeling als wiskundig modelleren.⁵⁵

Nu lijkt het alsof de wiskundige in het research-team, die Timman op het oog had met zijn Wiskundig Ingenieursopleiding, reeds wiskundig modelleerder was. Dat is niet het geval. De research-wiskundige in de jaren 1940 en 1950 was, zoals Fry zegt, de man met de gemeenschappelijke taal temidden van de verschillende ingenieurs. In de loop van de jaren vijftig nam zijn werk soms voorzichtig de vorm aan van het opstellen van een wiskundig model. De organisatie-wiskundige daarentegen bouwt, verstoken van zulke wetenschappelijke partners, veel meer zelf zijn werkterrein op, bouwt wiskundige modellen.

54. [Timman 1952: p.9].

55. B.L. van der Waerden in gesprek met de auteur, april 1985. Vergelijk [Waerden 1957].

4.3. DOORBRAAK BINNEN DE WISKUNDE-BEOEFENING.

“U verwacht - terecht - dat ik de ivoren toren verlaat om me in het zakenleven te storten”

houdt Van der Corput zijn gehoor op de Dies van de Universiteit van Amsterdam in 1952 voor.⁵⁶ Hij maakt een grapje, het slaat slechts op een overgang in zijn lezing. Geen grapjes bij Van Dantzig. Het is hem volstrekt menens, wanneer hij in 1947 vertegenwoordigers van het verzekeringswezen die het initiatief nemen tot een universitaire actuariteitsopleiding, toevoegt:

“Als de actuariteitsopleiding 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”.⁵⁷

Van Dantzig schetst het beroepsperspectief van de organisatie-wiskundige. Het werd inderdaad gerealiseerd, zoals we zagen, evenals het perspectief van de research-wiskundige. Tevens blijkt op voorhand, dat het traditionele beroep van verzekeringswiskundige opgaat in de bredere categorie van organisatie-wiskundigen. Naast de bestaande onderwijzende professie van leraar en hoogleraar zagen we een derde nieuwe beroepsmogelijkheid opkomen, die van wetenschappelijk onderzoeker. De opkomst van dit laatste beroep wordt geïllustreerd door de keuze waar Van der Blij en Korevaar voor stonden in 1947: wiskunde-instructeur worden in Delft of medewerker aan het Mathematisch Centrum.⁵⁸

Gemeenschappelijk verschijnsel in deze vijf beroepsgroepen van wiskundigen is de professionalisering. De onderzoeker is niet langer ‘oprechte amateur’ naast een andere baan, hij wordt betaald voor zijn werk. De leraren buigen zich in toenemende mate over de didactiek van het vak. De hoogleraren richten Mathematische Instituten in en hebben daar een werkplek, bovendien worden ze onderzoeksleider en bestuurder.⁵⁹ De ontwikkeling in deze drie groepen is geenszins specifiek voor de wiskunde. Soorteigen is de professionalisering van de organisatie- en de research- wiskundige. Zij verwerven ten eerste op grond van hun bijzondere kennis een plaats buiten het academische- en onderwijs circuit. Aanvankelijk echter verkeren zij in een afhankelijke positie als wiskundig

56. [Corput 1953: p.222].

57. Notulen Raad van Beheer MC, dd 10-1-1947. Archief MC.

58. Vergelijk interview met Van der Blij en Korevaar in dit boek, par. 7.3. In het teken van de opkomst van het beroep van wetenschappelijk onderzoeker staan ook de oprichting van ZWO en van de VWO, de Vereniging van Wetenschappelijke Onderzoekers.

59. Vergelijk interview met Sizoo, hieronder.

adviseur of bemiddelaar in een research-team. Greidanus 'kan ook wel verder zonder dat'. Zij hebben een taal te bieden, zoals Fry aangeeft; anderen hebben het te zeggen.

De professionalisering, in de zin van ontwikkeling naar een meer zelfstandige en onafhankelijke beroepspositie, treedt hier in met het wiskundig modelleren. De wiskundige bepaalt dan - weliswaar in dialoog met de 'afnemers' - het beeld van de situatie. Hij levert het wereldbeeld, immers het model, waarbinnen anderen hun vragen en doelen weergeven. Deze ontwikkeling zet wat de organisatie-wiskunde betreft in in de tweede helft van de jaren veertig, voor de research-wiskunde globaal een decennium later. Uitdrukkelijk teken van deze professionalisering is het instellen van de op dit beroep gerichte Wiskundig Ingenieursopleiding.

De opkomst van het beroepsperspectief van de research- en organisatie-wiskunde mag een doorbraak naar buiten heten. Of liever: een uitbraak, een uitbraak uit de ivoren toren, die Van der Corput onbedoeld treffend verwoordt. Wiskunde wordt daadwerkelijk productiefactor. In de huidige beschouwing gaat het evenwel om de doorbraak die dit binnen de wiskunde-beoefening betekende. Zeker in de begeleidende opvattingen over de rol wiskunde prevaleerde het pleidooi voor dienstbaarheid. De invloedrijksten, ook onder de zuiver wiskundigen, predikten in 1945 de toepassingsgerichtheid.

Daarbij was de beoefening van toepassingsgerichte wiskunde werkelijk in opkomst. Een groeiend aantal wiskundigen hield zich bezig met statistiek, numerieke wiskunde of toegepaste wiskunde of werkte zelfs in de research. Het belangrijkste effect, de werkelijke doorbraak, was wel de erkenning binnen de wiskundige gemeenschap die deze wiskundigen - alsmede de fysici, astronomen, technische wetenschappers en actuarissen die zich op deze gebieden van de wiskunde begaven - ondervonden. Deze doorbraak was een bovenkomen van vooroorlogse subculturele aanzetten.

De erkenning resulteerde vanaf 1945 in een reeks leerstoelen mathematische statistiek en toegepaste wiskunde, met een aanzienlijke doorstroom van studenten, binnen de subfaculteiten wiskunde en in parallelle vestigingen in de toepassingsgebieden - leerstoelen actuariaat, econometrie, medische statistiek en dergelijke -. Het resultaat van deze doorbraak was sterk genoeg om voort te bestaan in zelfstandige deelgemeenschappen binnen de wiskunde-gemeenschap (toegepaste wiskunde) of net daarbuiten (de sectie Mathematische Statistiek van de VVS) en zo blijvende erkenning te vinden. Toepassingsgerichte wiskunde was doorgebroken tot een erkend onderdeel van de wiskunde-beoefening.

De erkenning betekende overigens lang niet altijd respect. De opvatting van wiskunde als productiefactor, als 'van belang door maatschappelijk nut via toepassingen', werd omarmd in een haat-liefde verhouding. In de gegeven maatschappelijke context was het pleidooi voor toepassingsgerichtheid, de nadruk op wiskunde als productiefactor, de voor de hand liggende legitimatie. Wat de financiering door ZWO betreft en in de harten van wiskundigen lag dat genuanceerder.⁶⁰

60. Zie bijvoorbeeld de uitspraken van Van der Blij en Korevaar en van Van Wijngaarden in de interviews in dit boek.

De opvatting van wiskunde als productie-factor werd verwezenlijkt door het algemeen toepassen van wiskunde, in research-wiskunde en organisatie-wiskunde. We zagen dat wiskunde zijn algemene vorm van toepasbaarheid vindt in het wiskundig modelleren. Met andere woorden, wiskunde als productie-factor wordt bij uitstek gerealiseerd in het wiskundig modelleren. In datzelfde wiskundig modelleren komt expliciet naar voren dat externe, niet-wiskundige, criteria meespelen in het tot stand brengen van toepassingen. Het gegeven, dat wiskunde-beoefening is opgespannen tussen l'art pour l'art en externe motivering, is van alle tijden. Rond 1945 herkennen we dit gegeven in het spanningsveld tussen wiskunde als cultuurfactor opgevat en wiskunde als productiefactor. Het wordt concreet aanwijsbaar, waar wiskundige en buitenwiskundige criteria naast elkaar komen te staan en in concurrentie treden bij de beoordeling van wiskundige modellen. Tot op zekere hoogte is het begrijpelijk, dat zuiver wiskundigen hier afhaken, althans hun respect voor dit toepassen als wiskunde-beoefening verliezen. De liefde voor het idee van wiskunde als productiefactor houdt op, waar deze opvatting zo expliciet gerealiseerd wordt.