

**BELEIDSBEGROTING 1987
MEERJARENRAMING 1988-1991
STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM**

MEI 1986

Copyright © 1986, Stichting Mathematisch Centrum
Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam
Postbus 4079, 1009 AB Amsterdam

Inhoud

1. Inleiding
2. Organisatie
3. Hoofdpijnen van het beleid
4. Financiële consequenties van het voorgenomen beleid
5. Wetenschappelijk beleid van de CWI-afdelingen
6. Wetenschappelijk beleid van de werkgemeenschappen en landelijke samenwerkingsverbanden

Appendix: verklaring van afkortingen

1. Inleiding

De tweede helft van de jaren tachtig staat in het teken van onstuimige ontwikkelingen op een aantal gebieden van wetenschap en technologie. Wiskunde en informatica nemen daarbij een vooraanstaande plaats in. In Nederland kwam dat onder meer tot uiting in het in 1984 door de overheid gestarte Informatica Stimuleringsplan (INSP). Daarin werd aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica de gelegenheid geboden verder uit te groeien tot toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek. Hoewel een soortgelijk plan voor de wiskunde tot nu toe ontbreekt is het duidelijk dat ook het wiskundig onderzoek zich in een stroomversnelling bevindt. Dat besef dringt ook buiten vakkringen door, getuige een recent artikel in het tijdschrift *New Scientist*, getiteld "The Golden Age of Mathematics".¹ Enkele der recente Nobelprijzen zijn toegekend voor werk in de astrofysica, geneeskunde, economie en natuurkunde, dat grotendeels wiskundig van aard was.² Een belangrijke drijvende kracht daarbij blijkt de wederzijdse bevruchting van ogenschijnlijk ver uit elkaar liggende vakgebieden.

Dit laatste nu is een kernpunt in het beleid van de Stichting Mathematisch Centrum (SMC) en komt heel duidelijk tot uiting, zowel in de wijze waarop zij het onderzoek organiseert als in het karakter van het onder haar verantwoordelijkheid vallende Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI). In de toekomst zal - nog sterker dan nu geval is - de nadruk komen te liggen op samenwerking met vakgenoten, onderzoekers uit andere disciplines, wetenschappelijke instellingen, en met bedrijven. Ook streeft men ernaar het aantal consultaties en onderzoeksopdrachten verder te vergroten. Hiertoe zijn enkele noodzakelijk geachte aanpassingen in de werkwijze van het CWI, zoals een andere adviesstructuur en een strategie voor kennisexploitatie, in gang gezet. Bij dit alles blijft het profiel van het CWI als instituut voor fundamenteel (zuiver-wetenschappelijk en toepassingsgericht) onderzoek onverkort gehandhaafd.

In de veertig jaar van haar bestaan heeft de SMC altijd veel oog gehad voor mogelijke toepassingen van zuiver-wetenschappelijk onderzoek. Zo is de eerste Nederlandse elektronische rekenmachine geboren in het Mathematisch Centrum (de vroegere naam van het CWI). De informatica is er

1. *New Scientist*, 18 april 1985, p. 30-33
2. A.M. Cormack en G.N. Hounsfield, Nobelprijs 1979 geneeskunde (Computertomografie)
K.G. Wilson, Nobelprijs natuurkunde 1982 (theorie van kritische verschijnselen)
S. Chandrasekhar en W. Fowler, Nobelprijs natuurkunde 1983 (sterevolutie en oorsprong der elementen)
G. Debreu, Nobelprijs economie 1983 (analyse van het economisch evenwicht)
H.A. Hauptman en J. Karle, Nobelprijs scheikunde 1985 (bepaling van kristalstructuren met "directe methoden")

voortdurend een belangrijk aandachtsgebied gebleven en de recente uitbreiding van dit onderzoek op het CWI vormt dan ook een logische schakel in de ontwikkeling van het instituut. Als gevolg van die uitbreiding zijn uit de oorspronkelijke afdeling Informatica nu die afzonderlijke afdelingen gevormd. Men kan zeggen: het CWI staat op twee benen, de wiskunde en de informatica. Zoals ook bij de mens hebben beide benen elkaar nodig om vooruit te komen. En om goed te lopen is samenwerking en het juiste evenwicht tussen hen noodzakelijk. Voor de synergie van wiskunde en informatica biedt een instituut als het CWI unieke mogelijkheden en het beleid van de SMC is erop gericht om een evenwichtige verdeling van middelen over beide disciplines te handhaven.

De financiële injectie in het kader van het INSP, die de groei van het informaticaonderzoek op het CWI mogelijk heeft gemaakt, loopt tot 1989. De SMC zal al haar energie aanwenden om ervoor te zorgen dat daarna dit onderzoek verder tot ontwikkeling kan komen als onderdeel van de structurele financiering van het CWI.

De voornaamste verschuiving in het beleid vergeleken met de vorige beleidsbegroting betreft de gevolgen van het toegewezen bedrag aan INSP-gelden. In haar ontwikkelingsplan voor het informatica-onderzoek heeft de SMC van meet af aan gesteld dat voor een evenwichtig onderzoeksplan Mf 18 nodig was. Inmiddels is definitief vastgesteld dat gedurende de planperiode van vijf jaar (1984-1989) niet meer dan Mf 10 beschikbaar zal zijn. Als gevolg hiervan zal de SMC nu een aantal projecten, waarvan zij de uitvoering van groot belang acht, zo goed mogelijk op andere wijze trachten te financieren (uit het reguliere ZWO-subsidie, met aanvulling vanuit de derde geldstroom).

De indeling van deze beleidsbegroting is als volgt. Hoofdstuk 2 bevat een kort overzicht van de organisatie binnen de SMC en het CWI. In hoofdstuk 3 zijn de hoofdlijnen van het beleid weergegeven, waarna de financiële gevolgen van dit beleid (hoofdstuk 4) aan de orde komen. De laatste twee hoofdstukken 5 en 6 zijn tenslotte gewijd aan een gedetailleerde uiteenzetting van het wetenschappelijk beleid der CWI-afdelingen resp. der werkgemeenschappen en landelijke samenwerkingsverbanden.

2. Organisatie

De Stichting Mathematisch Centrum (SMC) is een onder de Nederlandse organisatie voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek ZWO ressorterende stichting. Volgens haar statuut dient zij de systematische beoefening van de zuivere en toegepaste wiskunde in de meest ruime zin te bevorderen. Om dat doel te bereiken heeft de SMC al direct bij haar oprichting in 1946 een instituut voor fundamenteel onderzoek in het leven geroepen: het Mathematisch Centrum. Vanaf het begin heeft dit instituut een belangrijke rol gespeeld bij de ontwikkeling van de informatica in Nederland. De uitgroei van de informatica tot een zelfstandige discipline ging gepaard met een sterke toename van het aantal onderzoekers op dit terrein. Dit weerspiegelde zich in een nieuwe naam voor het instituut sinds september 1983: het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI). Landelijk leidde deze groei tot het ontstaan in 1981 van SION, de Stichting i.o. Informatica Onderzoek in Nederland, die als doelstelling heeft: de bevordering van het fundamentele onderzoek op het gebied van de informatica. De SMC onderhoudt nauwe banden met SION.

Een ander middel waarmee de SMC de stichtingsdoelstelling wil realiseren is de financiering van projectonderzoek bij de Nederlandse universiteiten en hogescholen, dat binnen de tweede geldstroom (ZWO, STW) past.

Hieronder zijn kort enkele gegevens vermeld over de huidige organisatie van de SMC (CWI en projectonderzoek) en de relatie tot SION.

SMC

De Stichting wordt bestuurd door een Curatorium. De dagelijkse leiding is in handen van een directie bestaande uit een Wetenschappelijk Directeur, een Directeur Beheerszaken en een Adjunct-directeur. De directie heeft tevens de dagelijkse leiding van het Instituut CWI. Het Landelijk projectonderzoek is georganiseerd onder de naam Nederlandse Stichting voor de Wiskunde SMC.

CWI

Het CWI telt thans acht wetenschappelijke afdelingen:

- Zuivere Wiskunde (ZW)
- Toegepaste Wiskunde (TW)
- Mathematische Statistiek (MS)
- Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie (MB)
- Numerieke Wiskunde (NW)
- Programmatuur (AP)
- Algoritmiëk en Architectuur (AA)
- Interactieve Systemen (IS)

Binnen het CWI zijn nog enkele ondersteunende sectoren die soms ook een externe functie hebben:

- Bibliotheek
- Computersystemen en Telematica (CST)
- Onderzoeksbeheer en -Voorlichting (OBV)
- Sociaal Economische Zaken (SEZ)
- Technische Ondersteuning (STO)

Landelijke Projecten

Het projectonderzoek binnen de SMC is georganiseerd in vijf Werkgemeenschappen (WGM) en drie Landelijke Samenwerkingsverbanden (LSV):

WGM

- Numerieke Wiskunde
- Stochastiek
- Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie
- Discrete Wiskunde
- Analyse

LSV

- Algebra en Meetkunde
- Logica en Grondslagen van de Wiskunde
- Mathematische Fysica (in samenwerking met de Stichting FOM)

Daarnaast is er een Landelijk Werkcontact Geschiedenis en Maatschappelijke Functie van de Wiskunde.

Het LSV Mathematische Fysica is in mei 1986 opgericht door SMC en FOM gezamenlijk. Binnen dit LSV worden reeds projecten uitgevoerd.

De SMC zorgt voor de ondersteuning van de WGM'en en LSV'en, alsmede voor de begeleiding van de projecten. Deze taak is toebedeeld aan de Sector OBV.

Adviesstructuur

De Stichting kent een Wetenschapscommissie die het Curatorium adviseert over beleid en uitvoering van onderzoek, zowel binnen de Landelijke Projecten als binnen het CWI. In deze commissie hebben onderzoekers uit universiteiten, hogescholen en het CWI zitting. Alle WGM'en en LSV'en zijn hierin vertegenwoordigd.

Daarnaast zal in 1986 een Adviesraad voor het CWI worden ingesteld waarin personen uit de sfeer van de overheid, het bedrijfsleven en uit de academische wereld zitting hebben. Deze raad adviseert Curatorium en Directie over het algemene onderzoeksbeleid en de strategische keuzen daarbinnen, van het CWI. Er functioneren Vakadviescommissies die aan één of meer afdelingen adviseren over de

invulling en uitvoering van de onderzoeksplannen. Vanaf 1986 zullen regelmatig Evaluatiecommissies worden ingesteld die ad hoc zullen adviseren aan Curatorium en Directie betreffende een vakgebied (bij voorkeur niet beperkt tot een afdeling). De Commissies van de WGM'en en LSV'en adviseren de Wetenschapscommissie over het onderzoek binnen hun gebieden.

SION

De betrokkenheid van SION bij de SMC is geformaliseerd in een Vaste Overlegcommissie SMC-SION. Via deze commissie neemt SION deel in de beleidsvorming en de evaluatie ten aanzien van het informatica-onderzoek op het CWI.

Het bureau van SION is gevestigd bij het CWI.

3. Hoofdpijnen van het beleid

Centraal in de doelstellingen van de SMC staat de bevordering van de systematische beoefening van de zuivere en toegepaste wiskunde en informatica. De Stichting geeft hieraan gestalte door voor haar onderzoeksbeleid de volgende uitgangspunten te kiezen:

- bevordering van een hoge kwaliteit van het onderzoek;
- streven naar een goede coördinatie van het onderzoek binnen Nederland;
- initiëren van nieuw en versterken van lopend onderzoek, waar dat uit wetenschappelijk en maatschappelijk oogpunt van belang wordt geacht.

Daarbij dient het CWI een centrum te blijven dat zich in de eerste plaats richt op fundamenteel onderzoek. Bij de keuze van de onderzoeksthema's vormen vraagstellingen vanuit de praktijk echter een belangrijk richtsnoer.

De uitwerking van deze uitgangspunten heeft geleid tot onderstaande beleidslijnen.

- Afstemming van het onderzoek op de strategische belangen van bedrijfsleven en overheid wordt steeds belangrijker. Dat heeft geleid tot een noodzakelijk geachte aanpassing der planningsmechanismen en adviseringsstructuren voor het onderzoek, waarin meer plaats is ingeruimd voor inbreng vanuit de praktijk en van buitenlandse experts. Teneinde *onderzoek op hoog niveau* te laten verrichten, functioneren er onder meer voor de CWI-afdelingen adviescommissies, waarin ook externe deskundigen plaats hebben, en ten behoeve van de landelijke projecten commissies voor de Werkgemeenschappen en Landelijke Samenwerkingsverbanden. Deze adviseren omtrent de keuze der onderzoeksthema's en de bijbehorende uitwerking van het wetenschappelijk programma.

Wel moet men rekening houden met de ervaring dat bij het onderzoek in het kader van landelijke projecten een strakke planning weinig zinvol is. Meer dan eens zijn interessante resultaten gevonden terwijl men naar iets geheel anders zocht. De SMC vervult met betrekking tot de landelijke projecten dan ook wel een coördinerende, maar nauwelijks een sturende rol. Haar beleid is in deze terughoudend en beperkt zich tot het scheppen van mogelijkheden tot ontplooiing van initiatieven door individuen en kleine groepen. Het onderzoek bij het CWI is in sterkere mate onderworpen aan strategische sturing.

- Een deel van de coördinerende rol van het CWI is gericht op de bevordering van *kenisoverdracht* en *kadervorming*. Wat betreft het eerste zal de komende jaren speciale aandacht uitgaan naar samenwerking met het bedrijfsleven. Bij de kadervorming denkt men in de eerste plaats aan de vorming van hooggekwalficeerde jonge onderzoekers, die later kunnen doorstromen

naar het wetenschappelijk onderwijs, het bedrijfsleven, of andere instellingen waar zuiver en toegepast onderzoek wordt bedreven. Onder meer met het oog hierop streeft de SMC ernaar een basis te scheppen waarop regelmatig toponderzoekers enige tijd op het CWI kunnen doorbrengen. Ook door middel van cursussen draagt het CWI bij tot bovengenoemde doelstellingen. De onderwerpen bestrijken voornamelijk de eigen expertiseterreinen. Een zelfstandige functie van het CWI binnen het bedrijfsgerichte tweede-fase-onderwijs of het post-academisch onderwijs wordt niet wenselijk geacht. Eventuele activiteiten zullen steeds gekoppeld zijn met het Wetenschappelijk Onderwijs.

- De rol van het CWI als *centraal punt* binnen de Nederlandse wereld van wiskunde- en informatica-onderzoek, waar onder meer Nederlandse en buitenlandse onderzoekers elkaar kunnen ontmoeten, kan nog worden versterkt. Een factor van belang is hierbij de uitstraling die uitgaat van de aanwezigheid op het CWI van toponderzoekers van elders. Voor dezen zijn de goede infrastructurele faciliteiten op het instituut, zoals de beschikbaarheid van een modern computerpark, geavanceerde tekstverwerking en een goed uitgeruste bibliotheek, ongetwijfeld aantrekkelijke factoren. Verdere verbetering van die infrastructuur staat mede daarom hoog op de prioriteitenlijst.

Ook door het (mede) organiseren van congressen wordt aan de centrale functie van het CWI gestalte gegeven. Versterking in de personele sfeer heeft het mogelijk gemaakt hieraan de komende jaren meer aandacht te schenken.

In de Inleiding is erop gewezen dat de “kruisbestuiving” tussen uiteenlopende wetenschappelijke disciplines, die thans steeds meer plaatsvindt, reeds rijke vruchten heeft afgeworpen. Organisatie en werkwijze van het CWI zijn altijd al uitstekend hierop afgestemd geweest, en de SMC wil dan ook zo’n wederzijdse bevruchting waar mogelijk helpen bevorderen.

Een speciale plaats wordt in dit verband ingenomen door de wisselwerking tussen de wiskunde enerzijds en de daaruit voortgekomen informatica met haar incarnatie, de computer, anderzijds. Bij verschillende wiskundige onderzoekingen op het CWI vormt de computer thans een essentiële schakel. Zo zal vanuit de afdeling TW een *dynamisch-systeem laboratorium* worden opgebouwd (indien de daarvoor noodzakelijke personele en materiële middelen beschikbaar komen). Daarbij hoopt men door middel van omvangrijke computerprogramma’s meer inzicht te krijgen in de wiskundige aspecten van diverse ingewikkelde processen (biologische, chemische, fysiologische, e.a.). Ook krijgt men steeds meer te maken met de weergave van gegevens in de vorm van beelden. De analyse, transmissie en (re)constructie van zulke beelden, welke zonder computer ondenkbaar zouden zijn, vormen thans een veelbelovend veld van wiskundige studie. Het belang hiervan onderkend heeft het CWI dan ook met hoge prioriteit een project *Analyse en (re)constructie van beelden* gestart. In de mathematische beslistkunde vormt bij het onderzoek naar *interactieve planningsmethoden* de informatica een essentiële schakel. Een ander gebied is de *telematica* (de studie van telecommunicatie- en computernetwerken), waarbinnen vooral bij de prestatie-analyse van computersystemen de inbreng van de wiskunde tot vruchtbaar onderzoek kan leiden. De numerieke wiskunde is altijd al nauw verbonden geweest met de ontwikkelingen op computergebied. Bij het vinden van nieuwe oplossingsmethoden wordt thans veel verwacht van de mogelijkheden van *parallel rekenen* op supercomputers, en later op de vijfde generatie computers. In de zuivere wiskunde heeft de enorm toegenomen computercapaciteit er in feite een nieuwe discipline bijeengeschapen: de *experimentele wiskunde*. Onder andere in de getaltheorie leverde de computeranalyse reeds enkele interessante resultaten op, zoals de ontkrachting van het “vermoeden van Mertens”, en zullen ook andere problemen op soortgelijke wijze worden aangepakt.

Vooraf door de financiële ondersteuning vanuit het INSP is het informatica-onderzoek op het CWI aanzienlijk uitgebreid. De keuze der onderzoeksthema’s wordt voor een groot deel, maar niet uitsluitend, bepaald door vragen die een gevolg zijn van het snel goedkoper worden van geheugens en de verwerkingscapaciteit van computers. In verband met de daarmee gepaard gaande schaalvergroting van de apparatuur is de studie van *gedistribueerde gegevensverwerking* een belangrijk aandachtspunt. De prijsdaling van apparatuur veroorzaakt een sterk stijgende vraag naar programmatuur, vooral voor

interactief gebruik. Hier richt het onderzoek zich op methoden en technieken voor het programmeren (“*software engineering*”), op de studie van *programmeertalen en -omgevingen* en op het ontwerpen van *informatiesystemen*. Een ander gevolg van de steeds goedkopere apparatuur is de toename van het interactief computergebruik. Daarom wordt veel aandacht besteed aan de gebruikers-interface en programmatuur van *grafische beeldschermen*, zoals rasterschermen, gebruikt in geavanceerde werkstations.

De voortgang bij een aantal projecten in deze sector dreigt in de knel te komen, omdat het bedrag aan toegewezen INSP-gelden aanzienlijk lager is uitgevallen dan in 1985 in het Ontwikkelingsplan Informatica-onderzoek van het CWI was voorgesteld. Met name het project “Analyse en (re)constructie van beelden” zal niet uit INSP-middelen worden gefinancierd, terwijl voor projecten als “Gedistribueerde systemen” en “Expertsystemen en andere facetten van kunstmatige intelligentie” slechts een fractie van de geprojecteerde INSP-middelen beschikbaar is. Daarom is mede ten behoeve van deze voortgang verhoging van het regulier ZWO-subsidie aangevraagd.

Omgekeerd zijn de wiskunde en haar technieken van essentieel belang geworden voor diverse andere wetenschappen. Behalve in de informatica, waarvoor dat altijd al gold, en in traditionele gebieden als de natuurwetenschappen en technische wetenschappen, is nu ook in de economie, de geneeskunde en de sociale wetenschappen de belangstelling voor een fundamentele wiskundige aanpak van problemen groeiende. Ook de wisselwerking tussen wiskundige specialismen onderling is toegenomen en heeft al geleid tot opmerkelijke doorbraken. Een voorbeeld is Faltings’ bewijs van de stelling van Mordell, dat tot stand kwam door toepassing van geavanceerde technieken uit de algebraïsche meetkunde op de getaltheorie. Ook het gebruik van meetkundige methoden bij combinatorische optimaliseringsproblemen is vruchtbaar gebleken bij de methoden van Khachian en Karmarkar. En in problemen van spraakherkenning en PET (= Positron Emission Tomography) is het statistische EM algoritme met succes toegepast.

Het is duidelijk dat, hoewel de wiskunde een veel langere historie heeft dan de informatica, deze thans eveneens sterk in beweging is, en dat beide disciplines elkaar heel wat te bieden hebben. Het is de SMC er dan ook veel aan gelegen om de ontwikkeling van het onder haar verantwoordelijkheid vallende onderzoek in de wiskunde en de informatica in harmonie met elkaar te laten verlopen. Het informatica-onderzoek ontvangt tot 1989 extra gelden via het INSP. Hoewel over de financiering vanaf 1989 nog geen besluit is genomen, ligt het in de lijn der verwachting dat dit dan een onderdeel wordt van het reguliere ZWO-subsidie. Uit het bovenstaande moge blijken dat de SMC verdere stimulering van het wiskundig onderzoek eveneens zeer belangrijk acht. Zij gaat er dan ook van uit dat de financiering van het informatica-onderzoek hierop geen nadelige invloed zal hebben.

Ten gevolge van de nulgroei van het ZWO-subsidie gedurende een aantal jaren is het onderzoek in de wiskunde op het CWI onder grote druk komen te staan. De middelen verkregen via stimuleringsprogramma’s voor de informatica, zijn uiteraard vooral het informatica-onderzoek ten goede gekomen. De mede hierdoor gerealiseerde verbreding van het informatica-onderzoek leidde tot deelname in contract- en samenwerkingsonderzoek, i.h.b. in het kader van het ESPRIT-programma; maar opnieuw betrof dit bijkans uitsluitend informatica-onderzoek.

Het wiskunde-onderzoek, dat belangrijke bijdragen moet leveren aan de (toepassingen van de) informatica, kon echter nauwelijks worden geïntensiveerd, terwijl toch internationaal de wiskunde thans sterk in beweging is. Het wiskunde-onderzoek kan slechts weinig middelen uit de derde geldstroom verwerven (met uitzondering van een aantal STW-projecten, die echter geen geld opleveren doch uitsluitend jonge onderzoekers, welke moeten worden opgeleid en begeleid). Ook is interne reallocatie nauwelijks mogelijk, gezien de kwaliteit en het belang van de lopende projecten.

In ieder geval zal de inmiddels te sterk gereduceerde projectgroep “Niet-lineaire analyse en biomathematica” weer tot een acceptabele, zij het minimale omvang worden uitgebreid. Het geplande multi-afdelingsonderzoek “Analyse en (re)constructie van beelden” is zo belangrijk dat met prioriteit personeel daarvoor zal worden aangetrokken. Indien er door accres van het ZWO-subsidie onverhoopt onvoldoende ruimte komt, zal deze moeten worden gevonden door verdere afbouw of temporisatie

van belangrijk onderzoek als ZW11: Algebra en Discrete Wiskunde, TW1: Dynamische systemen (inclusief het geplande dynamisch-systeem laboratorium), en delen van NW2: Multiroostertechnieken en randwaardeproblemen. De Stichting Mathematisch Centrum doet een dringend beroep op ZWO om door toekenning van het gevraagde subsidie het genoemde onderzoek, dat een essentieel onderdeel is van het CWI-programma, veilig te stellen.

De SMC onderkent ten volle de noodzaak en het nut van uitbreiding der samenwerking op diverse terreinen. Naast de samenwerkingsverbanden binnen de Nederlandse wetenschappelijke wereld is het CWI doende om meer contacten te leggen met bedrijven en instellingen in binnen- en buitenland. Voor de behandeling van de daarbij optredende zakelijke en juridische problemen zal het CWI de benodigde kennis gaan opdoen. Opdrachten vanuit de industrie lopen dikwijls via onderzoeksprogramma's in het kader van STW, ESPRIT, etc. Het CWI is echter voornemens om ook zonder tussenkomst contracten met bedrijven te verwerven. Vermeldenswaard is verder dat een voorovereenkomst tot samenwerking is aangegaan met TNO voor de komende jaren, waarbinnen reeds concrete projecten zijn gedefinieerd.

Het CWI heeft vele contacten met wetenschappelijke instellingen in het buitenland. Twee hiervan genieten speciale belangstelling: INRIA in Parijs en GMD in Bonn. Deze twee instellingen vertonen qua structuur en onderzoeksgebieden nauwe verwantschap met het CWI. Thans worden dan ook de mogelijkheden nader onderzocht om de samenwerking met deze instellingen ook een formele basis te geven. Voor de vervulling van een rol, vergelijkbaar met die van deze "centres of excellence", door het CWI in Nederland is verdere uitbreiding nodig.

4. Financiële consequenties van het voorgenomen beleid

INLEIDING

De voorliggende beleidsbegroting 1987 annex meerjarenraming 1988-1991 beoogt inzicht te geven in het voorgenomen beleid van de Stichting Mathematisch Centrum (SMC). In deze paragraaf wordt de financiële vertaling hiervan gegeven, uitgesplitst naar CWI (exploitatie en investeringen) en Landelijke Projecten.

CWI

De inkomstenstroom van het CWI ondergaat sinds enige jaren een drastische verschuiving. Was in 1980 het regulier ZWO-subsidie nog Mf 10.4 (= 81%) van de totale inkomsten van Mf 12.3, in 1986 zal dit naar verwachting nog slechts Mf 10.2 (= 64%) bedragen van een totaal bedrag aan inkomsten van Mf 15.9 (na correctie van het INSP-subsidie van 2.3 naar 1.8 voor exploitatie in 1986). Bij deze cijfers is van het exploitatiedeel van SARA slechts dat deel meegerekend dat de SMC-kosten betreft. Er is bovendien in deze cijfers geen rekening gehouden met de bij de SMC gedetacheerde medewerkers, waarvan het aantal in de genoemde 6 jaar is gegroeid van 0 tot 10 à 15. In de jaren 1980 tot en met 1986 is het ZWO-subsidie aan het CWI niet gegroeid. Integendeel, het ging in absolute zin zelfs iets achteruit. Uit de Aanvraag Rijksbijdrage ZWO 1987 blijkt dat ook voor 1987 weer een verdere achteruitgang wordt voorzien. Met behulp van andere subsidies en inkomsten, waaronder de bijdragen van de overheid in het kader van het Informatica-Stimuleringsplan (INSP), is het CWI er desondanks in geslaagd te blijven groeien. De beschikbaar gekomen INSP-gelden zijn echter ver achtergebleven bij het bedrag dat de SMC op goede gronden in haar ontwikkelingsplan had gevraagd. Deze sterke beperking in middelen kan naar het zich laat aanzien niet worden opgevangen, ondanks wellicht nog enige groei in niet-reguliere middelen.

Veel van deze niet-reguliere inkomsten betreffen echter informatica-onderzoek, en wel vooral het toepassingsgerichte en toegepaste onderzoek. Voor zover extra financiering naar de wiskunde vloeit, betreft dit vooral onderzoek op het randgebied van wiskunde en informatica en toegepast onderzoek in het kader van STW-projecten en opdrachten van derden. Bovendien is veel van de niet-reguliere financiering niet kostendekkend. Meestal wordt de infrastructuur door het CWI bijgedragen en soms zelfs meer dan dat. Dit geldt bijvoorbeeld voor STW- en NFI-projecten, doch in mindere mate ook voor onderzoek in het kader van ESPRIT en SPIN. De huidige situatie leidt tot grote zorg ten aanzien van omvang en kwaliteit van het door ZWO gefinancierde vrije zuiver-wetenschappelijk onderzoek, vooral van het wiskunde-onderzoek bij het CWI, maar ook van het fundamentele informatica-

onderzoek. Men moet bedenken dat de aantrekkelijkheid als partner, alsmede een succesvolle deelname in projecten gefinancierd via ESPRIT, SPIN etc. waarbinnen veel fundamenteel onderzoek gebeurt, afhankelijk is van het in stand kunnen houden van een standaard reservoir van expertise. Het regulier subsidie dient dat reservoir op peil te houden. De Stichting doet daarom een klemmend beroep op ZWO om het regulier subsidie in 1987 niet verder terug te laten gaan, doch enige verhoging te realiseren.

Van de zijde van de Stichting wordt, naast een zo zuinig mogelijk omgaan met de materiële uitgaven, het uiterste gedaan de overige inkomsten zoveel mogelijk te vergroten:

(1) Het CWI neemt deel in een viertal projectaanvragen bij het Stimuleringsprojectteam Informatica (SPIN). Vooruitlopend op de daarover nog te nemen beslissingen is een bedrag van kf 400 aan inkomsten uit SPIN-middelen opgevoerd. Daartegenover staan uitgaven voor ongeveer 3 Fte/jr, zonder welke extra aan te stellen mankracht deze deelneming niet kan worden uitgevoerd.

(2) De ontwikkelingen in 1986 alsmede de aandrang van overheidswege, in het kader van het INSP-subsidie, tot verdere ontwikkeling van de kennis-overdracht functie van het CWI, hebben de Stichting doen besluiten zich bijzonder in te spannen om de inkomsten uit cursussen te verdubbelen.

(3) Tenslotte is in dit kader besloten tot een nog actiever opstelling bij het verwerven van overige inkomsten (licenties e.d.).

De Stichting vraagt van ZWO een regulier subsidie van f 11.378.000,-. Dit is ongeveer f 350.000,- hoger dan in de Aanvraag Rijksbijdrage is voorzien. De Stichting acht deze aanvulling noodzakelijk om het fundamentele onderzoek in de wiskunde, maar ook in de informatica op het gewenste peil te houden en op onderdelen te versterken. De Stichting zal zonder deze extra middelen een aantal van haar in deze beleidsbegroting gegeven voornemens niet of nauwelijks in 1987 kunnen realiseren. Zoals in hoofdstuk 3 al werd aangegeven zal dan het genoemde dynamisch-systeem laboratorium niet van de grond kunnen komen. Ook zal de start van het strategisch zeer belangrijke onderzoek op het gebied van analyse en (re)constructie van beelden ernstige vertraging ondervinden. Het onderzoek naar kantoorautomatisering en de tekstverwerking zal eveneens nauwelijks kunnen worden versterkt hetgeen veel expertise binnen het CWI op dit terrein onbenut zal laten. Bovendien zal het bijzonder moeilijk worden om aan de zuiver-wetenschappelijke aspecten van de kunstmatige intelligentie aandacht te schenken. Aan dit laatste onderwerp wordt uitsluitend gewerkt met niet-reguliere middelen, hetgeen een onzekere wissel trekt op de toekomst voor een zo algemeen als belangrijk gezien onderzoekgebied. Tenslotte zal afbouw of temporisatie moeten worden overwogen van ZW11: Algebra en Discrete Wiskunde, TW1: Dynamische systemen en delen van NW2: Multiroostertechnieken en randwaardeproblemen.

Een aantal van deze onderwerpen is in het Ontwikkelingsplan Informatica-onderzoek van het CWI voorgesteld als onderzoeksthema. Deze hebben in dat verband veel steun ondervonden. Alom achtte men deze gebieden van groot wetenschappelijk en strategisch belang. Helaas heeft dit niet mogen leiden tot de gewenste verruiming van het INSP-subsidie van Mf 10 naar Mf 18 over de periode van vijf jaar tot 1989. Het grote belang van de onderwerpen en de geringe interne mogelijkheden tot reallocatie noodzaken de Stichting tot de aangegeven subsidie-aanvraag.

De meerjarenraming 1988-1991 gaat uit van de begroting 1987. Belangrijk in de meerjarenontwikkeling is het wegvallen van de INSP-gelden ad Mf 2 vanaf 1989. Het is noodzakelijk hiervoor compensatie te vinden, hetgeen voor een belangrijk deel uit de reguliere ZWO-middelen zal moeten geschieden. Zonder compensatie van ZWO-zijde zal het moeizaam opgebouwde informatica-onderzoek voor een deel weer moeten verdwijnen, indien men tenminste een evenwichtig pakket van fundamenteel onderzoek op het gebied van wiskunde en informatica wil behouden. Dat laatste is een van de grondpijlers van het beleid van de Stichting t.a.v. het CWI.

BEGROTING GEWONE DIENST 1987 CWI

Inkomsten

Subsidies:

Voor een specificatie van de inkomsten wordt verwezen naar de begroting. Met subsidies uit andere dan de in de begroting genoemde bronnen (bijv. NFI) is vooralsnog geen rekening gehouden. Van deze inkomsten wordt aangenomen dat zij de begroting niet beïnvloeden, omdat de inkomsten de daartegenoverstaande uitgaven volledig dekken. Zoals reeds hiervoor is betoogd, wordt voor de personele versterking van enige urgente onderzoeksgebieden een uitbreiding van het personeelsbestand met 3.5 Fte noodzakelijk geacht. Hiervoor is boven het door ZWO voor 1987 opgegeven richtbedrag van f 11.029.000,- nog afgerond f 350.000,- extra nodig.

Taakstellend is een bedrag van f 600.000,- opgevoerd voor de uitvoering van enkele SPIN- en IOP-projecten. Hiervoor zal een personeelsinzet van 6 à 7 Fte nodig zijn, waarvan 4 à 5 dan extra aangetrokken zullen moeten worden.

De bijdragen van de Europese Commissie zijn gebaseerd op een viertal in uitvoering zijnde projecten. Bij de raming van het opgevoerde bedrag is aangenomen, dat deze projecten na afloop van de bekrachtigde twee-jaarsperiode in 1987 zullen worden voortgezet conform aanvraag. Dit is op het moment van opstellen van deze begroting nog voor slechts één van de vier bekrachtigd door de EC. De in de begroting opgenomen bijdrage betreft uitsluitend personeelskosten, overeenkomend met 9.5 Fte.

Opdrachten- en machine-urenvergoedingen:

De onder dit hoofd begrote inkomsten zijn vrij hoog geraamd. Deze moeten dan ook taakstellend worden gezien, waarvoor extra inspanning op acquisitiegebied zeker noodzakelijk zal zijn.

De in deze post begrepen inkomsten ex art. 9 van de SARA-samenwerkingsovereenkomst zijn als eigen inkomsten beschouwd (CYBER 750).

Cursussen:

In het voorgaande is reeds aangegeven welk beleid met betrekking tot deze post in 1987 zal worden gevoerd. Als uitvloeisel wordt een stijging van deze inkomstenpost voorzien.

Verkoop publikaties:

Hierin is geen belangrijke verandering ten opzichte van voorgaande jaren te verwachten.

Overige inkomsten:

Hiertoe behoren opbrengsten uit licenties voor GKS, fototypesetting, advertenties, verkoop/verhuur van programmatuur, reprowerk voor derden en de vergoeding voor de verzorging van secretariaten.

Uitgaven

Personeelskosten:

Peildatum der salarissen is 1 juni 1985. De post "overige salarieringscomponenten" is begroot op 26.25 % van de post salarissen. Dit percentage omvat de vakantietoeslag (7.5 %), de interimuitkering ziektekosten of het werkgeversaandeel in de ziekenfondspremie, de premie AOW/AWW, de premie

ABP en de overige van toepassing zijnde wettelijke sociale lasten, reiskostenvergoedingen woon-werkverkeer en de overige personele kosten in de sociale sfeer, alsmede de inhoudingen krachtens de Inhoudingswet Overheidspersoneel 1982 en de Wet Interim Inhouding Salarissen Onderwijs (WIISO). Op aanwijzing van ZWO is de premie ABP berekend op basis van het voor 1985 van 21 naar 14.4 verlaagde percentage. Voorts zijn bij de berekening van de opslag voor sociale verzekeringen de voor 1986 geldende premiepercentages en grenzen toegepast.

Bij begroting van de premie pensioenverzekering is geen rekening gehouden met de backservice verschuldigd aan Centraal Beheer voor het zeker stellen van de verworven pensioenrechten. Door ZWO werd in 1979 voor dit doel een subsidie toegekend van f 1.000.000,- dat vooralsnog toereikend wordt geacht.

Bij het begroten van de personeelsbezetting (zie voor deze bezetting het overzicht van de personeelsaantallen, dat is opgenomen bij de meerjarenraming) is ervan uitgegaan dat vacatures, die wegens het aflopen van contracten in 1987 ontstaan, zullen worden opgevuld. Eveneens wordt voorzien in het opvullen van vacatures, die door natuurlijk verloop zullen ontstaan.

Materiële kosten:

De toename van de materiële uitgaven ten opzichte van 1986 komen grotendeels voort uit de kantoorautomatisering en de activiteiten op het gebied van acquisitie van de opdrachten en inkomsten.

Bijdrage Gemeenschappelijke Voorzieningen WCW:

Voor de op het Wetenschappelijk Centrum Watergraafsmeer gehuisveste instellingen is een aantal voorzieningen getroffen, die ten dienste van deze instellingen staan. De daaraan verbonden kosten worden volgens door de Stichting Beheer WCW vastgestelde verdeelsleutels tussen de instellingen verrekend. Wegens het ontbreken van een begroting 1987 Gemeenschappelijke Voorzieningen WCW is de door de SMC te betalen bijdrage voor 1987 geschat op f 300.000,-. Hiervan wordt circa f 50.000,- verrekend via de post Personeelskosten door middel van het beschikbaar stellen van personeel uit de Algemene Dienst ter grootte van 1 Fte.

Bijdrage exploitatie SARA:

In het begrote bedrag is niet begrepen de aan SARA verschuldigde bijdrage uit hoofde van het gebruik van FAS en IBM-apparatuur voor administratieve doeleinden voor ZWO en FOM.

Evenmin is rekening gehouden met extra middelen voor financiering van het gebruik van de CYBER 205/825 supercomputer van SARA en de financiering van een tweede apparatuurlijn (IBM) voor wetenschappelijk rekenwerk. Hiervoor zullen afzonderlijke aanvragen bij ZWO worden ingediend.

Toelichting bij de meerjarenraming 1988-1992:

- In de 'opbrengsten van leveringen en diensten' zijn begrepen de inkomsten uit opdrachten, uit de verkoop van licenties en programmatuur, alsmede de inkomsten uit publikaties en soortgelijke opbrengsten. Onder 'bijdragen en subsidies' zijn opgenomen de subsidies van de Europese Commissie voor ESPRIT-projecten, uit het Prioriteiten Programma Informatica (PPI) en eventuele te verwerven subsidies voor deelname aan Innovatieve Onderzoeksprogramma's (IOP's) en projecten in SPIN-verband, enz. Bovendien is in deze post opgenomen de vergoeding voor bureaupersoneel voor SION en de landelijke projecten SMC.
- In de personeelsaantallen zijn niet begrepen de personeelsleden wier salaris wordt gefinancierd door STW, NFI en SION en die bij ZWO in dienst zijn.
- In de raming wordt ervan uitgegaan dat het voor 1987 gevraagde bedrag ad f 11.378.000,- van ZWO zal worden verkregen. Een dergelijk bedrag is nodig om de personeelsbezetting op het vereiste peil te kunnen brengen.
Wegens het wegvallen van de INSP-inkomsten na 1988 wordt een structurele verhoging van het ZWO-subsidie verondersteld van f 1.325.000,- in 1989.
- In de voorgelegde meerjarenraming is niet aangegeven hoe de aangegane verplichtingen zich bij

BELEIDSBEGROTING 1987

<u>INKOMSTEN</u>	1987	Bestedings begroting 1986
	-----	-----
	(bedragen * f 1000)	
<u>Subsidies en bijdragen</u>		
<u>ZWO regulier</u>	11.378	11.165
PPI	103	145
Landelijke Bureautaken SMC	134	145
INSP	2.000	1.800 *)
SPIN	400	
IOP	200	
Vrije Universiteit	100	75
EEG (ESPRIT/Ada)	1.450	1.200
STW		30
Totaal subsidies	----- 15.765 -----	----- 14.560 -----
<u>Opdrachten- en machine-uren- vergoedingen</u>	1.600	1.600
<u>Cursussen</u>	200	100
<u>Verkoop publikaties</u>	150	180
<u>Overige inkomsten</u>	500	400
Totaal INKOMSTEN in kf	----- 18.215 =====	----- 16.840 =====

*) In afwijking van de Bestedingsbegroting 1986 (nov. 1985) is dit cijfer aangepast aan het voor 1986 beschikbare subsidie ad 2.000 kf onder aftrek van een bedrag van 200 kf. bestemd voor investeringen.

PPI: Prioriteiten Programma Informatica (ZWO)
 INSP: Informatica Stimuleringsplan
 SPIN: Stimuleringsprojektteam Informaticaonderzoek
 IOP: Innovatiegerichte Onderzoeksprogramma's
 STW: Stichting voor de Technische Wetenschappen

<u>UITGAVEN</u>	1987	Bestedings begroting 1986
	-----	-----
	(bedragen * f 1000)	
<u>Personeelskosten</u>		
Salarissen *)	10.065	9.300
- Gemiddelde bezetting in fte	180.8	173.5
Overige salariëringscomponenten (26.25% resp. 27.6% v.d. post Salarissen)	2.645	2.540
Adviseurs	125	95
Reis- en verblijfkosten	430	385
Kosten losse medewerkers	300	155
	-----	-----
Totaal personeelskosten in kf	13.565	12.475
	-----	-----
<u>Materiële kosten</u>		
Onderhoud rekenapparatuur en acc.	285	255
Hulpmaterialen rekenapparatuur	85	90
Techn. app. en voorzieningen	95	40
Kantoorautomatisering	75	10
Huisvestingskosten	360	345
Inventaris en onderhoud	90	70
Verlichting. verwarming etc.	190	195
Verzekeringen	25	30
Bureaunkosten	250	195
Ingekochte diensten PTT	225	250
Accountantskosten	60	60
Algemene kosten	205	150
Aanschaffingen bibliotheek	430	410
Omzetbelasting	25	35
	-----	-----
Totaal materiële kosten in kf	2.400	2.135
	-----	-----
<u>Diversen</u>		
Buitenlandse bezoekers (via Vertrouwenscommissie WG)	100	80
Bijdrage gemeenschappelijke voorzieningen WCW	250	250
Bijdrage exploitatie SARA	1.900	1.900
	-----	-----
Totaal diversen in kf	2.250	2.230
	-----	-----
Totaal UITGAVEN in kf	18.215	16.840
	=====	=====

*) salarispeil 1 juni 1985 (premie ABP: 14.4%)

MEERJARENRAMING 1988-1991 GEWONE DIENST CWI

	1987	1988	1989	1990	1991
<u>Uitgaven</u>	(bedragen * f 1000)				
Personeelskosten *)	13565	13880	13555	13780	14005
Overige exploitatiekosten	2750	2815	2615	2660	2700
Bijdrage in exploitatie SARA	1900	1900	1900	1900	1900
Totale uitgaven	18215	18595	18070	18340	18605
	=====	=====	=====	=====	=====

Inkomsten

Opbrengsten van leveringen en diensten	2450	2500	2550	2550	2600
Subsidie INSP	2000	2000			
Bijdragen en overige subs.	2387	2200	2200	2200	2200
Subsidie ZWO (regulier)	11378	11895	13320	13590	13805
Totale inkomsten	18215	18595	18070	18340	18605
	=====	=====	=====	=====	=====

Gemiddelde personeelsbezetting

Volle plaatsen (fte)					
INSP	21.0	21	-	-	-
regulier	159.8	164	181	184	187
	-----	---	---	---	---
Totaal	180.8	185	181	184	187
	=====	===	===	===	===

*) Salarispeil 1 juni 1985 (premie ABP: 14.4%)

OVERZICHT VAN DE AANTALLEN FTE OVER DE JAREN 1986-1991

	<u>Wetenschappelijk personeel</u>	<u>Niet-wetensch. personeel</u>	<u>Totaal</u>
begroting 1986	90.7	82.7	173.4
stand 1-03-86	98.1	63.4	161.5
stand 13-12-86	99.5	72.8	172.3
1987	124.1	72.8	196.9
1988	123.3	72.8	196.1
1989	118.2	72.8	191.0
1990	120.2	72.8	193.0
1991	123.6	73.4	197.0

Opmerking: In bovengenoemde aantallen zijn ook de extern gefinancierde fte's opgenomen.
De op de regels begroting 1986 en 1987 t/m 1991 opgegeven fte's zijn jaargemiddelden.

het CWI ontwikkelen.

Eenzijds is voor de meeste begrotingsposten moeilijk aan te geven welk deel een aangegane verplichting is en welk deel niet, anderzijds dient ten aanzien van het personeelsbeleid te worden opgemerkt dat een aflopend contract niet noodzakelijk tot het ontstaan van vrije beleidsruimte leidt. Dit moet worden beoordeeld in het kader van de wetenschappelijke projecten die bij het CWI niet automatisch aflopen, zoals dit bijvoorbeeld bij de landelijke projecten dikwijls het geval is. In veel gevallen zal opvulling van een ontstane vacature bij het betreffende project gewenst zijn. Om deze redenen is volstaan met de echte, taakstellende meerjarenraming van het CWI.

INVESTERINGSBELEID 1987-1991 CWI

CWI-investeringen

De beschikbaarheid van voldoende moderne apparatuur is voor een toonaangevend instituut als het CWI volstrekt noodzakelijk. Daar de ontwikkelingen op dit gebied stormachtig zijn, is jaarlijks een behoorlijke investering vereist voor apparatuur, systeem- en applicatieprogrammatuur.

De benodigde infrastructuur, bestaande uit computerapparatuur, voorzieningen voor datacommunicatie, enz., kan worden verdeeld in algemene (niet-projectgebonden) faciliteiten en gespecialiseerde (projectgebonden) faciliteiten. De door de sector Computersystemen en Telematica beheerde apparatuur is zowel ten behoeve van de research-activiteiten van de wetenschappelijke afdelingen en de ondersteunende activiteiten van de algemene diensten, als voor de eigen ontwikkelingsactiviteiten van de zojuist genoemde sector.

Naast het op peil houden van de huidige computerinfrastructuur, dient deze in de eerstkomende jaren verder uitgebreid te worden om de groei van het computergebruik op te vangen. Deze groei is het gevolg van het toenemend gebruik van eigen computers door wiskundigen (bijvoorbeeld experimentele wiskunde, dynamisch-systeem laboratorium, analyse en (re)constructie van beelden), de toename van het aantal informaticamedewerkers, als ook het grotere beslag op de apparatuur door de aard van een deel van het huidige informatica-onderzoek (vijfde generatie talen).

Voorts zal er behoefte zijn aan geavanceerde, projectgebonden apparatuur voor informatica-onderzoek op hoog niveau. Daarbij wordt gedacht aan speciale processoren, specifieke datacommunicatie voorzieningen, niet-standaard randapparatuur, e.d. Tenslotte zullen er ook investeringen zijn ten behoeve van niet-computer gerelateerde apparatuur, bestemd voor de Publicatiedienst en de Bibliotheek.

De daarvoor benodigde bedragen kunnen voor een deel worden opgebracht vanuit de IAS-financiering (Intentioneel Apparatuur Schema). Doordat de INSP-bijdrage aan het CWI is vastgesteld op slechts Mf 10, in plaats van de gevraagde Mf 18, is het -in verband met de al gedane grote uitgaven in 1984 en 1985- vanaf 1987 niet langer mogelijk een gedeelte van deze bijdrage voor investeringen aan te wenden.

Benodigde financiering 1987-1991 in Mf (excl. kapitaalsdienst SARA)

jaar	ZWO	IAS	INSP	overige	totaal
1987	1.7	0.75	-	0.3	2.75
1988	1.8	0.75	-	0.3	2.85
1989	2.0	0.90	-	0.3	3.05
1990	2.0	1.00	-	0.3	3.05
1991	2.0	1.00	-	0.3	3.05
totaal	9.5	4.40	-	1.5	14.75

Voor een aantal projecten in het kader van ESPRIT en SPIN wordt slechts een gedeeltelijke vergoeding ontvangen. Verder vergoedt de NFI, bij welke het CWI een aantal aanvragen indient, wel salariskosten maar geen apparatuurkosten. Dit betekent dat de apparatuur in deze projecten veelal uit de reguliere investeringsgelden moet worden gefinancierd.

De IAS-bijdragen stellen het CWI in staat in te spelen op de snelle technologische ontwikkelingen, zoals die zich juist bij de apparatuur op het gebied van informatica voordoen.

Met de voor 1988 gevraagde IAS-bijdrage is het mogelijk de noodzakelijke eigen basisuitrusting aan apparatuur (LISP-machine) en software aan te schaffen voor het onderzoek in de kunstmatige intelligentie en expertsystemen. Het huidige onderzoek naar gespreide systemen dient in 1989 te worden gevolgd door onderzoek in een praktijksituatie.

De resultaten van dit vervolgonderzoek kunnen, gezien de commerciële toepassing, interessant zijn voor bedrijven en instellingen. Met de voor 1989 gevraagde IAS-bijdrage kan de daarvoor benodigde apparatuur worden aangeschaft; kosten ca. kf. 900 In 1990 zal in het kader van een samenwerkingsovereenkomst, waarin o.a. het CWI en Philips participeren, de bouw gereedkomen van een prototype van een Database Machine/ Parallel-werkend Expert Systeem. Met de voor 1990 aangevraagde IAS-bijdrage kan de aanschaf van zo'n prototype worden gefinancierd t.b.v. het vervolgonderzoek van data- en kennisverwerkende systemen; kosten ca. kf. 1.000 In 1991 wordt de aanschaf voorzien van apparatuur t.b.v. het onderzoek in de software engineering en computer graphics. De kosten, te financieren uit de IAS-bijdrage 1991, worden momenteel geraamd op ca. kf. 1.000.

Vanzelfsprekend geldt, dat de snelle technologische ontwikkelingen de nodige onzekerheden met zich meebrengen in de aard en prijs van de bovengenoemde apparatuur.

Onderverdeling benodigde financiering 1987 in Mf

Superminicomputer en geavanceerde werkstations	1,2
Netwerkapparatuur	0,25
Pc's, terminals	0,35
Randapparatuur	0,45
Kantoorautomatisering	0,25
Diversen	0,25
Totaal	2,75

Investerings met betrekking tot de kapitaalsdienst van SARA

Voorlopig wordt aangenomen, dat de investeringen met betrekking tot de kapitaalsdienst van SARA in de komende jaren gelijk zullen zijn aan de investering 1986 à Mf 0,3. SARA onderzoekt momenteel de aanschaf van nieuwe apparatuur. Indien daartoe wordt overgegaan, zullen de investeringen gaan stijgen.

Benodigde financiering 1987-1991 in Mf (incl. kapitaalsdienst SARA)

jaar	ZWO-regulier		IAS	INSP	Overige	Totaal
	CWI	SARA				
1987	1.7	0.3	0.75	-	0.3	3.05
1988	1.8	0.3	0.75	-	0.3	3.15
1989	2.0	0.3	0.90	-	0.3	3.50
1990	2.0	0.3	1.00	-	0.3	3.60
1991	2.0	0.3	1.00	-	0.3	3.60
Totaal	9.5	1.5	4.40	-	1.5	16.90

In dit overzicht is geen rekening gehouden met het voorstel van SURF het Centraal Computer Artikel om te zetten in een jaarlijkse genormeerde toewijzing. In dat geval zal ook de SMC dienen bij te dragen in de grote investeringen van SARA, hetgeen dan alsnog in bovenstaand overzicht moet worden opgenomen.

LANDELIJKE PROJECTEN

Uit tabel A blijkt dat voor de Landelijke Projecten de doorwerking van de toekenning een bedrag vergt van kf 1.590. Vergelijken we dit met het in de Aanvraag Rijksbijdrage ZWO 1987 voor de Landelijke Projecten SMC genoemde bedrag van kf 1.797, dan blijkt daaruit een vrije ruimte van kf 207. Dit geeft ruimte voor 5 à 7 nieuwe formatieplaatsen in 1987, afhankelijk van het moment waarop deze kunnen worden gestart. Om het totale aantal formatieplaatsen (in 1986 totaal 33.4 Fte) in de komende jaren op peil te houden zou het wenselijk zijn 8 à 9 nieuwe plaatsen in 1987 te vervullen. Dit betekent dat een lichte verhoging van het subsidie in de orde van kf 50 nodig is. De aanvraagdruk voor 1986 geeft alle aanleiding om enige groei van het totaal aantal projecten te overwegen. Indien het beeld van 1986 zich voortzet in 1987 dan zal de Stichting in de beleidsbegroting 1988 zeker aandringen op verhoging van het subsidie. In het besef dat binnen ZWO voor 1987 moeilijke financiële afwegingen moeten plaatsvinden ziet de Stichting af van aanvraag tot uitbreiding van de activiteiten voor de Landelijke Projecten in 1987.

Gezien het bovenstaande verzoekt de Stichting Mathematisch Centrum ZWO toekenning van een subsidie van f 1.850.000,-.

Tabel A Samenvatting 1987 (bedragen in kf)

Stichtingsnummer: 10	Academici		Overig personeel		Materiële kosten				Totaal
	plaatsen	fte	plaatsen	fte	reiskosten binnenland	reiskosten buitenland	overige	totaal	
Continueringen	32	27.9	-	-	-	-	-	-	-
- bedrag	-	1.443,10	-	-	5	50	-	55	1.498,10
Nieuwe aanvragen	8	5.25	-	-	-	-	-	-	-
- bedrag	-	252,00	-	-	2	6	-	8	260,00
Overige kosten	2	0.6	2	0.6	-	-	-	-	-
- bedrag	-	42,00	-	28,00	4	-	17,9	21,9	91,90
Totaal	42	33.75	2	0.6	-	-	-	-	-
- bedrag	-	1.737,10	-	28,00	11	56	17,9	84,9	1.850

Salarispeil 1 juni 1985

Tabel B Meerjarenraming 1987 t/m 1991 (bedragen in kf)

Stichtingsnummer: 10	1987			1988			1989			1990			1991		
	Ac. fte	Ov. fte	Mat	Ac. fte	Ov. fte	Mat	Ac. fte	Ov. fte	Mat	Ac. fte	Ov. fte	Mat	Ac. fte	Ov. fte	Mat
Projecten	33.1	-	-	35.0	-	-	37.0	-	-	39.0	-	-	41.0	-	-
- bedrag	1.695	-	63	1.750	-	80	1.850	-	100	1.950	-	100	2.050	-	100
Overige kosten	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-
- bedrag	42	28	22	43	29	25	44	30	25	45	31	25	46	32	25
Totaal	33.7	0.6	-	35.6	0.6	-	37.6	0.6	-	39.6	0.6	-	41.6	0.6	-
- bedrag	1.737	28	85	1.793	29	105	1.894	30	125	1.995	31	125	2.096	32	125
<u>Doorwerking toekenningen 1987</u>															
Projecten	33.1	-	-	28.7	-	-	19.2	-	-	9.6	-	-	2.75	-	-
- bedrag	1.695	-	63	1.486	-	54	1.005	-	36	516	-	18	152	-	5
Overige kosten	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-	0.6	0.6	-
- bedrag	42	28	22	43	29	22	44	30	22	45	31	22	46	32	22
Totaal	33.7	0.6	-	29.3	0.6	-	19.8	0.6	-	10.2	0.6	-	3.35	0.6	-
- bedrag	1.737	28	85	1.529	29	76	1.049	30	58	561	31	40	198	31	27

Tabel C Doorwerking van de toekenningen 1986 in 1987 t/m 1991 uitgesplitst naar WGM-en

WGM/LSV	Personeel projecten (f.t.e.)						Personeel projecten (kf)					
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Numerieke Wiskunde	2.42	3.0	2.92	2.0	0.58	-	117	149	152	106	30	-
Stochastiek	5.17	4.83	3.33	2.0	0.83	-	253	239	167	99	32	-
Mathematische besliskunde en Systeemtheorie	6.92	6.5	5.83	2.67	0.08	-	344	337	311	200	5	-
Discrete Wiskunde	1.0	0.83	-	-	-	-	53	46	-	-	-	-
Analyse	9.25	6.58	3.58	1.67	0.08	-	483	352	190	87	4	-
Mathematische Fysica	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	42	45	48	50	-	-
Algebra en Meetkunde	7.0	5.17	4.0	0.83	-	-	357	275	221	47	-	-
Logica en Grondslagen	0.67	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
TOTAAL	33.4	27.9	20.7	11.2	1.6	-	1685	1443	1089	589	81	-

Salariespeil 1 juni 1985

Specificatie van de toekenningen 1986 - consequenties naar 1987 t/m 1990

Dossiernr.	Titel	Aanvrager(s)	Uitvoerder	Inst.	Einddatum
<i>Werkgemeenschap Numerieke Wiskunde</i>					
10-60-06	Iteratieve methoden voor lineaire en niet lineaire partiële differentiaalvergelijkingen	A.O.H. Axelsson	B.J.W. Polman NN	KUN	30-11-88 30-06-90
10-60-12	Analyse van numerieke methoden voor het oplossen van beginwaarde problemen	M.N. Spijker	H.W.J. Lenferink	RUL	31-01-90
<i>Werkgemeenschap Stochastiek</i>					
10-62-03	Coderingsproblemen in ergodentheorie	M.S. Keane	V. de Valk NN	THD	31-08-88 30-06-90
10-62-04	Statistische analyse van tijdreeksen	C.L. Scheffer	A. Sieders	THD	30-06-87
10-62-07	Structuur van limietstellingen in de kanstheorie	W. Vervaat	G.J.J. Gerritse	KUN	30-04-87
10-62-08	Het convex omhulsel van een steekproef in R^k	L. de Haan	H.A. Brozius	EUR	31-08-88
10-62-10	Multivariate statistische analyse met hoog breekpunt	P. Rousseeuw	H.P. Lopuhaä	THD	30-04-90
<i>Werkgemeenschap Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie</i>					
10-64-02	Polyhedrale en polynomiale methoden in de combinatorische optimalisering	A. Schrijver	C.A.J. Hurkens	KHT	31-08-89
10-64-05	Randwaarde problemen in de analyse van stochastische wandelingen en wachttijd modellen	J.W. Cohen	S.J. de Klein	RUU	30-06-87
10-64-06	Meetkundige aspecten van oneindig dimensionale systemen	R.F. Curtain	H.J. Zwart	RUG	31-10-88

Dossiernr.	Titel	Aanvrager(s)	Uitvoerder	Inst.	Einddatum
<i>Werkgemeenschap Mathematische Belsiskunde en Systeemtheorie - vervolg</i>					
10-64-08	Singuliere en singulier gestoorde optimale-besturingsproblemen	M.L.J. Hautus	A.H.W. Geerts	THE	15-07-89
10-64-10	Structurele eigenschappen van stochastische spelen en hun toepassingen	S.H. Tijs	F. Thuijsman	KUN	30-06-89
10-64-11	Methoden voor niet-lineaire, geheeltallige optimalisatie	G. van der Hoek	O.E. Flippo	EUR	15-12-89
10-64-14	Markov beslissingsprocessen	A. Hordijk	F.M. Spieksma	RUL	31-01-90
<i>Werkgemeenschap Discrete Wiskunde</i>					
10-66-02	Grenzen en constructies voor codes	J.H. van Lint	H.J. Tiersma	THE	31-10-87
<i>Werkgemeenschap Analyse</i>					
10-70-04	Spectraalanalyse van Wiener-Hopfintegraalvergelijkingen met operatorwaardige kernen en operatormatrices in Toeplitzvorm	M.A. Kaashoek	L. Roozmond	VUA	31-08-86
10-70-10	Invariante tori in dynamische systemen	B.L.J. Braaksma	G.B. Huitema	RUG	31-01-87
10-70-11	Analytische functies van meer veranderlijken: toepassingen van methoden van functionaalanalyse en harmonische analyse	J. Korevaar	R.G.M. Brummelhuis	UvA	29-02-88
10-70-14	Asymptotische analyse van stromings-geïnduceerde trillingen	A.H.P. van der Burgh	C.G.A. van der Beek	THD	31-08-89
10-70-17	Lie-groepen	G. van Dijk E.G.F. Thomas	M.F.E. de Jeu D.A.M. van Rossum	RUL RUG	31-01-90 31-12-87

Dossiernr.	Titel	Aanvrager(s)	Uitvoerder	Inst.	Einddatum
<i>Werkgemeenschap Analyse - vervolg</i>					
10-75-01	Asymptotische methoden voor de analyse van singuliere storingen en dynamische systemen	W. Eckhaus	R.R. van Hassel	RUU	31-08-86
10-75-07	Quantisatie van 3-vrijheidsgraden systemen	F. Verhulst	M.A. Fekken	RUU	30-06-87
10-75-08	Semi-lineaire elliptische eigenwaarde problemen	Ph. Clément	G.H. Sweers	THD	30-09-88
10-75-12	Asymptotische analyse van resonantie beschreven door niet-lineaire tweede orde hyperbolische differentiaalvergelijkingen	A.H.P. van der Burgh	W.T. van Horssen	THD	31-08-88
<i>LSV Mathematische Fysica</i>					
10-78-05	Vertex operators and string theories	M. Hazewinkel B.Q.P.J. de Wit	T.J.H. Smit	RUU	31-12-89
<i>LSV Algebra en Meetkunde</i>					
10-80-04	Moduli	C.A.M. Peters G.B.M. van der Geer F. Oort	J. Top C.F. Faber	RUU UvA	31-08-88 31-08-88
10-80-05	Singulariteitentheorie	J.H.M. Steenbrink E.J.N. Looijenga D. Siersma	D. van Straten Th. de Jong	RUL	31-12-86 31-08-88
10-80-09	Diophantische approximaties	R. Tijdeman	B.M.M. de Weger	RUL	28-02-87
10-80-12	Primaliteitstests	H.W. Lenstra jr.	W. Bosma	UvA	30-06-89
10-80-13	Differentiaalvergelijkingen en formele groepen	M. van der Put	L. van der Marel	RUG	30-04-89
<i>LSV Logica en Grondslagen van de Wiskunde</i>					
10-90-02	Intuitionistische metamathematica en toepassingen	A.S. Troelstra	I. Moerdijk	UvA	31-08-86

Toelichting bij de tabellen

- De Stichting vraagt voor reiskosten voor congressen betreffende projectmedewerkers een totaal bedrag. Evenzo voor in het kader van projecten uit te nodigen buitenlandse bezoekers. Het totaalbedrag is gebaseerd op f 1.900,- per Fte per jaar. Toekenning geschiedt op basis van concrete aanvragen bij de Stichting.
- De post 'Nieuwe aanvragen' is niet uitgesplitst naar werkgemeenschappen en landelijke samenwerkingsverbanden. Dit zou de gewenste beslissingsruimte, die nodig is voor het toekennen in december van projecten op basis van wetenschappelijke kwaliteit, te zeer inperken.

5. Wetenschappelijk Beleid van de CWI-afdelingen

AFDELING ZUIVERE WISKUNDE

Gegeven de meer op specifieke onderdelen gerichte, relatief welomschreven taken van de andere afdelingen van het CWI zou de afdeling ZW zich meer moeten bezighouden met: combinatoriek, getaltheorie, algebra, meetkunde, de meer zuivere analyse, functionaalanalyse en operatorentheorie, representatietheorie, topologie, globale analyse en theoretische fysica. Historisch gegroeide interessegebieden en beperkingen in middelen en mankracht maken dat uit dit alles een zeer kleine selectie wordt gemaakt.

De laatste decennia staan in het teken van de integratie van diverse takken van wetenschap, die voordien weinig aanrakingspunten vertoonden en zelfs dreigden uit elkaar te groeien. Ook binnen de wiskunde is een sterke wisselwerking tussen allerlei specialismen op gang gekomen, die reeds tot verrassende resultaten heeft geleid. Vermeld kunnen hier worden de stochastiek en de informatica, waar veel zuiver-wiskundig onderzoek belangrijke toepassingen vindt. Thans zuiver wiskundige probleemgebieden zijn vaak ontstaan uit een concrete vraagstelling. Bij een gezonde ontwikkeling krijgt zo'n gebied een eigen dynamiek en esthetiek (en daarmee interne criteria voor belang en relevantie), die reeds meermalen heeft geleid tot de ontwikkeling van begrippen en ideeën die later in het oorspronkelijke -of een ander- toepassingsgebied van groot belang bleken. IJktheorieën en de daaraan verbonden differentiaaltopologie en algebraïsche meetkunde (kandidaat voor de Fields-medaille 1986) zijn hiervan een mooi voorbeeld. Opvallend is de groeiende waardering voor (en gebruik van) zuiver-wiskundig onderzoek bij natuurkundigen, chemici en ingenieurs. De keuze van onderwerpen binnen de afdeling is sterk gericht op onderzoeksgebieden die interessante dwarsverbanden hebben met andere gebieden van de wiskunde. In alle gekozen aandachtsgebieden speelt het idee van symmetrie, meer specifiek het uitbuiten en beschrijven ervan in zoveel mogelijk situaties, een rol. In het onderzoek spelen ook contacten met de informatica een belangrijke rol, bijvoorbeeld bij de cryptografie, de computeralgebra en het symbolisch rekenen. Daarnaast in het afdelingsbeleid gericht op de versterking van het CWI als expertise-reservoir ten behoeve van de onderzoekswereld, de overheid en de industrie. Het onderzoek binnen de afdeling ZW staat zelf meestal één stap verder van onmiddellijke toepassingen, zodat de afdeling minder betrokken is bij toepassingsgerichte projecten en consultaties. De functie van de afdeling kan en mag echter nadrukkelijk niet bestaan uit het hoofdzakelijk dienen als vraagbaak voor problemen die elders opduiken. Zuivere wiskunde heeft een eigen dynamiek. Vaak leidt verder onderzoek van de structuur van een wiskundig model via ogenschijnlijke omwegen tot verrassende oplossingen op basis van inzichten die waarschijnlijk niet bereikt zouden

zijn als de toepassing steeds centraal was gebleven. “Zuivere wiskunde” creëert onder meer stukken gereedschap, hulpmiddelen bij het denken, analyseren en synthetiseren, die veelvuldig algemeen bruikbaar blijken te zijn. Vaak is reeds gebleken dat zulk gereedschap veel later ideaal bleek in toepassingsgebieden die toen nog niet bestonden.

Voor het onderzoek van de afdeling ZW is voorts de op het CWI aanwezige “hardware” van betekenis. Hierdoor zijn in principe problemen aan te pakken die anders ontoegankelijk zouden blijven vanwege de grote hoeveelheid symbolische manipulaties. Het is daarom van groot belang dat het CWI voor deze manipulaties beschikt over programmapakketten als Macsyma, Reduce en Cayley.

Ook zou de afdeling ZW graag in de gelegenheid worden gesteld om talentvolle, niet al te lang geleden gepromoveerde onderzoekers, voor een aantal jaren bij zich te stationeren.

Bij het onderzoek binnen de afdeling ZW zijn er relaties met de WGM Analyse, de WGM Discrete Wiskunde, het LSV Algebra en Meetkunde, en het LSV Mathematische Fysica.

Binnen de afdeling is de aandacht gericht op de volgende onderzoeksprojecten.

- ZW11 : Algebra en discrete wiskunde;
- ZW12 : Analyse;
- ZW13 : Algebraïsche mathematische fysica;
- ZW14 : Dynamische systemen.

ZW 11 Algebra en discrete wiskunde

Het is juist de interactie tussen de meetkunde, gezien als incidentiesysteem, groepentheorie, combinatoriek en algebraïsche meetkunde, waar zich hier de interessante probleemstellingen voordoen. Dit komt bijvoorbeeld naar voren bij de bestudering van afstandsreguliere grafen, codes en designs. Ook kunnen groepen goed bestudeerd worden door eindige meetkundige representaties. En door middel van groepentheoretische ideeën kan men uit de lokale structuur van allerlei meetkunden globale informatie halen. Hierbij komen symmetrieën van die meetkunden naar voren, waarvan het bestaan niet van te voren was aangenomen. Een onderzoeksthema hierbij is de vraag in hoeverre globale eigenschappen door de lokale structuur van een meetkunde zijn vastgelegd.

Onderdeel van dit project is de cryptografie (ter beveiliging van communicatie, databankgegevens en computerprogramma's). Speciaal op dit gebied streeft de afdeling naar versterking van de rol van het CWI als “clearing house”, d.w.z. een centrum voor de verzameling, classificatie en verspreiding van informatie. Belangrijk zijn hierbij contacten met de informatici.

ZW 12 Analyse

Centraal in dit project staat de analyse op Lie-groepen en speciale functies. Ook hier speelt symmetrie een grote rol, zoals G.W. Mackey reeds opmerkte in een groot overzichtsartikel: ‘Harmonische analyse is eigenlijk het systematisch uitbuiten van symmetrie-verschijnselen’.

Het onderzoek richt zich op twee facetten. In de eerste plaats op de analyse op halfenkelvoudige pseudo-Riemannse symmetrische ruimten, in het bijzonder de Plancherel-ontbinding als generalisatie van Harish-Chandra's monumentale werk. In de tweede plaats op speciale functies en klassieke analyse. Het betreft hier de klassieke relatie tussen Lie-groepen en de speciale functies uit de mathematische fysica, die recent weer sterk in de internationale belangstelling is gekomen door werk van Askey.

In samenwerking met de afdeling NW wordt voorts onderzoek gedaan in de getaltheorie met behulp van de computer.

ZW 13 Algebraïsche mathematische fysica

Tot voor kort was slechts een viertal modellen in de mathematische fysica (zowel de klassieke fysica als de quantumfysica) exact oplosbaar. Nu, ongeveer 20 jaar nadat de eerste integreerbare systemen ontdekt werden, zijn het er ruim dertig, waaronder sommige van de belangrijkste partiële differentiaalvergelijkingen van de mathematische fysica. Symmetrie-aspecten spelen ook bij integreerbare systemen een belangrijke rol. Het gaat hier nu om een groot onderzoeksgebied, waaraan internationaal door diverse groepen, ieder met hun eigen (meestal succesvolle) methode wordt gewerkt. De relatie tussen deze methoden is niet duidelijk. Binnen dit project wordt vooral aandacht besteed aan de samenhang tussen deze verschillende benaderingswijzen. Er is samenwerking met de afdeling TW.

ZW 14 Dynamische systemen

Het gebied van de dynamische systemen is in de laatste decennia sterk in de belangstelling gekomen. Het gaat hier niet alleen om de kwalitatieve theorie van differentiaalvergelijkingen, maar ook om de universaliteitseigenschappen van geïtereerde afbeeldingen. Het doel van dit project is op dit gebied ook de technieken en inzichten van de theorie van de topologische transformatiegroepen, een gebied met een grote expertise bij het CWI, toe te passen en omgekeerd ook te onderzoeken wat bestaande benaderingsmethoden in het gebied van de dynamische systemen kunnen bijdragen tot het inzicht in de topologische transformatiegroepen. Tussen de onderzoekers van dit project, TW 1 (Dynamische systemen met stochastische storingen) en MB 3 (Systeem- en regeltheorie) bestaat een goede samenwerking.

AFDELING TOEGEPASTE WISKUNDE

Het onderzoek in deze afdeling richt zich op de wisselwerking tussen de natuurwetenschappen en de wiskunde, dat wil zeggen de mathematische fysica. De doelstelling in dit gebied is om langs wiskundige weg meer inzicht te krijgen in processen die in de natuur voorkomen. Het gaat hierbij om modellerings-, analyse- en interpretatieproblemen. Recente theoretische ontwikkelingen op het gebied van bifurcatietheorie en van chaotische verschijnselen hebben, in combinatie met de sterk vergrote mogelijkheden tot computereperimenten, geleid tot een hernieuwde opbloei van de mechanica, i.h.b. die van vloeistoffen. Het CWI heeft verkennende studies verricht met betrekking tot de opbouw van een "dynamisch-systeem laboratorium", d.w.z. een verzameling speciale programma's, te groot om zelf te ontwikkelen (de meeste programma's komen uit de VS en - in mindere mate - de Bondsrepubliek), die onder meer te gebruiken is voor problemen in de biologie, de chemie en de geneeskunde. Zulke "laboratoria" bestaan al op enkele andere plaatsen, maar nog niet in deze vorm in Nederland. Het CWI beschikt over uitstekende apparatuur voor een dergelijk laboratorium. Doel is de ondersteuning van theoretisch werk aan de kwalitatieve analyse van ingewikkelde dynamische systemen door middel van computereperimenten. Dit moet leiden tot meer inzicht en vermoedens bij de wiskundige uitwerking. Opbouw van het dynamisch-systeem laboratorium zal een aantal concrete probleemstellingen genereren, bijvoorbeeld in de numerieke bifurcatietheorie, patroonherkenning, computergrafiek en kunstmatige intelligentie, die uitstekend passen binnen andere onderzoeksthema's op het CWI. Het zal echter slechts met extra mankracht mogelijk zijn om tot een bruikbaar resultaat te komen.

Het zwaartepunt van het afdelingsonderzoek ligt bij de ontwikkeling van nieuwe analytische methoden, waarbij in toenemende mate hulpmiddelen uit de statistiek en de informatica een rol spelen. De aandacht richt zich vooral op nieuwere toepassingsgebieden zoals de biologie, de geneeskunde en de meteorologie, waar de klassieke methoden niet bruikbaar zijn. In het onderzoek spelen ook numerieke experimenten een belangrijke rol. Het werk van de afdeling beweegt zich op andere

terreinen van de mathematische fysica dan die in de LSV Mathematische Fysica aan de orde komen. Wel is er samenwerking met andere landelijke projecten, i.h.b. de WGM Analyse.

De afdeling kent vier projecten:

- TW1 : Dynamische systemen met stochastische storingen;
- TW2 : Asymptotiek;
- TW3 : Niet-lineaire analyse en biomathematica;
- TW4/MS4 : Analyse en (re)constructie van beelden.

Hiervan hebben TW3 en TW4 ten aanzien van uitbreiding de hoogste prioriteit. Zonder extra mankracht dreigen bij TW4 de reeds gelegde contacten te gaan verlopen, waardoor de uitvoering van het project op losse schroeven komt te staan. De huidige personele bezetting van TW3 baart zorg: er is nu geen (promotie)medewerker in de groep, en de component "niet-lineaire analyse" is zonder uitbreiding van middelen niet op peil te houden, hetgeen voor de biomathematica een groot gebrek aan ondersteuning betekent. Project TW2 kan op zijn huidige niveau blijven. Voor TW1 geldt dat dit project vanwege een recente personeelsmutatie van de afdeling dreigt te verdwijnen. Hieronder volgt een korte beschrijving van deze vier projecten.

TW 1 Dynamische systemen met stochastische storingen

De analyse van niet-lineaire dynamische systemen is van buitengewoon belang gebleken voor het begrijpen van fysische en biologische processen. Een vereenvoudigd wiskundig model wordt veel realistischer door de in dat model verwaarloosde grootheden als stochastische storingen te beschrijven. In fysische en biologische processen kunnen allerlei storingen optreden. Dat kunnen externe factoren zijn (bijvoorbeeld de wisselende krachten van golven op een boorplatform in zee) maar ook fundamentele stochastische effecten (zoals quantummechanische ruis in een micro-elektronische schakeling).

Een belangrijke eigenschap van niet-lineaire systemen is de mogelijkheid van het bestaan van meer dan één stabiele oplossing. Bij de evolutie van zo'n systeem naar een bepaalde stabiele toestand kunnen stochastische storingen zorgen voor overgang naar een andere stabiele toestand. Dit gedrag wordt op het CWI onderzocht bij atmosferische stromingen en in de populatiedynamica.

Ook kan stochastisch gedrag van een deterministisch dynamisch systeem verklaard worden door de aanwezigheid van een "vreemde aantrekker", dat is een stabiele oplossing met een chaotisch karakter. Turbulentie in vloeistofstromingen is hiervan een voorbeeld. Ook dit aspect van dynamische systemen zal in het onderzoek aan de orde komen.

In dit project is ook een deelproject opgenomen onder de titel: *Data-analyse en modelvorming van biologische processen*. Het betreft hier de wiskundige analyse van celproliferatie bij bestraling, in samenwerking met het laboratorium voor Radiobiologie van de Universiteit van Amsterdam.

TW 2 Asymptotiek

Asymptotische methoden spelen in alle onderdelen van de toegepaste wiskunde een belangrijke rol. Ze worden gebruikt om in gecompliceerde problemen inzicht te verschaffen in het gedrag van oplossingen of om benaderingen daarvan te verkrijgen.

Dit project wordt in belangrijke mate gemotiveerd door de wenselijkheid om bestaande expertise op het gebied van de traditionele analyse (speciale functies, complexe functietheorie, asymptotische en numerieke methoden voor deze onderwerpen) te behouden en uit te breiden. Er zijn twee deelprojecten:

- (1) *Asymptotiek van integralen*. De nadruk ligt hier op een systematisch onderzoek van asymptotische verschijnselen bij integralen en de bestudering van algemeen voorkomende standaardvormen, die deze verschijnselen als typische kenmerken vertonen. Het betreft vooral een analytische aanpak, die ondersteund wordt door computereperimenten. Ook wordt aandacht

besteed aan inventarisatie en numerieke evaluatie van functies uit de mathematische fysica en de statistiek.

- (2) *Relaxatietrillingen.* Het betreft hier vooral overdracht van bestaande expertise bij het CWI op het gebied van relaxatietrillingen door het schrijven van een samenvattende publikatie op dit gebied, waarin ook aandacht zal worden besteed aan toepassingen in de elektronica en de biologie.

TW 3 Niet-lineaire analyse en biomathematica

Centraal staat nu de dynamica van populaties met een interne (fysiologische) structuur. Het gaat hierbij om boekhoudvergelijkingen die een verband leggen tussen de levensloop van individuen en de ontwikkelingen van de populatie als geheel. Veelal zijn de concrete toepassingen, zoals de biologische bestrijding van plagen of de evaluatie van experimenten met toxische stoffen, uitgangspunt en inspiratiebron. De samenwerking met biologen speelt dan ook een belangrijke rol bij de keuze van de onderwerpen.

Wiskundig gaat het om eerste-orde partiële differentiaalvergelijkingen met niet-lokale termen en/of randvoorwaarden die functionalen zijn van de oplossing. Doel is om te komen tot een samenhangende wiskundige theorie door systematische bestudering van concrete, biologisch relevante gevallen. Leidraad is hierbij de kwalitatieve theorie van oneindig-dimensionale systemen.

Een recente doorbraak in het onderzoek van deze groep heeft geleid tot het inzicht dat het begrip dualiteit een hoofdrol speelt bij het creëren van een wiskundig kader voor deze soorten vergelijkingen. De komende tijd zal de nadruk dan ook liggen op de ontwikkeling van storingstheorie voor duale halfgroepen op niet-reflexieve Banach-ruimten en op de daarmee verband houdende stabiliteits- en bifurcatietheorie.

TW 4/MS 4 Analyse en (re)constructie van beelden

Dit project wordt uitgevoerd samen met de afdeling MS (MS 4). Vanuit de afdeling TW zal vooral aandacht worden gegeven aan zowel bewerkingen met behulp van computers, als ook de wiskundige theorie die op deze bewerkingen slaat.

Toepassingen zijn:

- medische diagnostiek (computertomografie, digitale subtractie angiografie, kernspinsresonantie);
- celbiologie (computergestuurde elektronen-/laser-microscopie);
- astronomie (satellietfoto's, radiotelescopie).

Hulpmiddelen uit de wiskunde en informatica zijn:

- beeldtransformaties: discrete Fouriertransformatie, Walsh-Hadamard transformatie, Karhunen - Loeve transformatie;
- beeldcodering: datareductie, ten behoeve van transmissie of opslag;
- beeldreconstructie: het minimaliseren van ruisinvloeden en vervorming (filteringstechnieken);
- beeldverbetering: verbeteren van de beeldkwaliteit ten behoeve van verdere bewerking door de computer of een betere analyse door een menselijke waarnemer;
- beeldsegmentatie: het verdelen van het beeld in homogene deelgebieden (randdetectie).

De afdeling TW zal aanvankelijk aandacht besteden aan beeldtransformaties. Het werkplan voor 1987 zal mede bepaald worden door de in 1986 te leggen contacten binnen het CWI in een gezamenlijke werkgroep met de afdeling Mathematische Statistiek, en door contacten met praktijkmensen via een themadag en een landelijk colloquium "Analyse van Beelden".

AFDELING TOEGEPASTE WISKUNDE

Het onderzoek in deze afdeling richt zich op de wisselwerking tussen de natuurwetenschappen en de wiskunde, dat wil zeggen de mathematische fysica. De doelstelling in dit gebied is om langs wiskundige weg meer inzicht te krijgen in processen die in de natuur voorkomen. Het gaat hierbij om modellerings-, analyse- en interpretatieproblemen. Recente theoretische ontwikkelingen op het gebied van bifurcatietheorie en van chaotische verschijnselen hebben, in combinatie met de sterk vergrote mogelijkheden tot computereperimenten, geleid tot een hernieuwde opbloei van de mechanica, i.h.b. die van vloeistoffen. Het CWI heeft verkennende studies verricht met betrekking tot de opbouw van een "dynamisch-systeem laboratorium", d.w.z. een verzameling speciale programma's, te groot om zelf te ontwikkelen (de meeste programma's komen uit de VS en - in mindere mate - de Bondsrepubliek), die onder meer te gebruiken is voor problemen in de biologie, de chemie en de geneeskunde. Zulke "laboratoria" bestaan al op enkele andere plaatsen, maar nog niet in deze vorm in Nederland. Het CWI beschikt over uitstekende apparatuur voor een dergelijk laboratorium. Doel is de ondersteuning van theoretisch werk aan de kwalitatieve analyse van ingewikkelde dynamische systemen door middel van computereperimenten. Dit moet leiden tot meer inzicht en vermoedens bij de wiskundige uitwerking. Opbouw van dynamisch-systeem laboratorium zal een aantal concrete probleemstellingen genereren, bijvoorbeeld in de numerieke bifurcatietheorie, patroonherkenning, computergrafiek en kunstmatige intelligentie, die uitstekend passen binnen andere onderzoeksthema's op het CWI. Het zal echter slechts met extra mankracht mogelijk zijn om tot een bruikbaar resultaat te komen.

Het zwaartepunt van het afdelingsonderzoek ligt bij de ontwikkeling van nieuwe analytische methoden, waarbij in toenemende mate hulpmiddelen uit de statistiek en de informatica een rol spelen. De aandacht richt zich vooral op nieuwere toepassingsgebieden zoals de biologie, de geneeskunde en de meteorologie, waar de klassieke methoden niet bruikbaar zijn. In het onderzoek spelen ook numerieke experimenten een belangrijke rol. Het werk van de afdeling beweegt zich op andere terreinen van de mathematische fysica dan die in de LSV Mathematische Fysica aan de orde komen. Wel is er samenwerking met andere landelijke projecten, i.h.b. de WGM Analyse.

De afdeling kent vier projecten:

- TW1 : Dynamische systemen met stochastische storingen;
- TW2 : Asymptotiek;
- TW3 : Niet-lineaire analyse en biomathematica;
- TW4/MS4 : Analyse en (re)constructie van beelden.

Hiervan hebben TW3 en TW4 ten aanzien van uitbreiding de hoogste prioriteit. Zonder extra mankracht dreigen bij TW4 de reeds gelegde contacten, te gaan verlopen, waardoor de uitvoering van het project op losse schroeven komt te staan. De huidige personele bezetting van TW3 baart zorg: er is nu geen (promotie)medewerker in de groep, en de component "niet-lineaire analyse" is zonder uitbreiding van middelen niet op peil te houden, hetgeen voor de biomathematica een groot gebrek aan ondersteuning betekent. Project TW2 kan op zijn huidige niveau blijven. Voor TW1 geldt dat dit project vanwege een recente personeelsmutatie van de afdeling dreigt te verdwijnen.

Hieronder volgt een korte beschrijving van deze vier projecten.

TW 1 Dynamische systemen met stochastische storingen

De analyse van niet-lineaire dynamische systemen is van buitengewoon belang gebleken voor het begrijpen van fysische en biologische processen. Een vereenvoudigd wiskundig model wordt veel realistischer door de in dat model verwaarloosde grootheden als stochastische storingen te beschrijven. In fysische en biologische processen kunnen allerlei storingen optreden. Dat kunnen externe factoren zijn (bijvoorbeeld de wisselende krachten van golven op een boorplatform in zee) maar ook fundamentele stochastische effecten (zoals quantummechanische ruis in een micro-elektronische schakeling).

Een belangrijke eigenschap van niet-lineaire systemen is de mogelijkheid van het bestaan van meer

dan één stabiele oplossing. Bij de evolutie van zo'n systeem naar een bepaalde stabiele toestand kunnen stochastische storingen zorgen voor overgang naar een andere stabiele toestand. Dit gedrag wordt op het CWI onderzocht bij atmosferische stromingen en in de populatiedynamica.

Ook kan stochastisch gedrag van een deterministisch dynamisch systeem verklaard worden door de aanwezigheid van een "vreemde aantrekker", dat is een stabiele oplossing met een chaotisch karakter. Turbulentie in vloeistofstromingen is hiervan een voorbeeld. Ook dit aspect van dynamische systemen zal in het onderzoek aan de orde komen.

In dit project is ook een deelproject opgenomen onder de titel: *Data-analyse en modelvorming van biologische processen*. Het betreft hier de wiskundige analyse van celproliferatie bij bestraling, in samenwerking met het laboratorium voor Radiobiologie van de Universiteit van Amsterdam.

TW 2 Asymptotiek

Asymptotische methoden spelen in alle onderdelen van de toegepaste wiskunde een belangrijke rol. Ze worden gebruikt om in gecompliceerde problemen inzicht te verschaffen in het gedrag van oplossingen of om benaderingen daarvan te verkrijgen.

Dit project wordt in belangrijke mate gemotiveerd door de wenselijkheid om bestaande expertise op het gebied van de traditionele analyse (speciale functies, complexe functietheorie, asymptotische en numerieke methoden voor deze onderwerpen) te behouden en uit te breiden. Er zijn twee deelprojecten:

- (1) *Asymptotiek van integralen*. De nadruk ligt hier op een systematisch onderzoek van asymptotische verschijnselen bij integralen en de bestudering van algemeen voorkomende standaardvormen, die deze verschijnselen als typische kenmerken vertonen. Het betreft vooral een analytische aanpak, die ondersteund wordt door computereperimenten. Ook wordt aandacht besteed aan inventarisatie en numerieke evaluatie van functies uit de mathematische fysica en de statistiek.
- (2) *Relaxatietrillingen*. Het betreft hier vooral overdracht van bestaande expertise bij het CWI op het gebied van relaxatietrillingen door het schrijven van een samenvattende publikatie op dit gebied, waarin ook aandacht zal worden besteed aan toepassingen in de elektronica en de biologie.

TW 3 Niet-lineaire analyse en biomathematica

Centraal staat nu de dynamica van populaties met een interne (fysiologische) structuur. Het gaat hierbij om boekhoudvergelijkingen die een verband leggen tussen de levensloop van individuen en de ontwikkelingen van de populatie als geheel. Veelal zijn de concrete toepassingen, zoals de biologische bestrijding van plagen of de evaluatie van experimenten met toxische stoffen, uitgangspunt en inspiratiebron. De samenwerking met biologen speelt dan ook een belangrijke rol bij de keuze van de onderwerpen.

Wiskundig gaat het om eerste-orde partiële differentiaalvergelijkingen met niet-lokale termen en/of randvoorwaarden die functionalen zijn van de oplossing. Doel is om te komen tot een samenhangende wiskundige theorie door systematische bestudering van concrete, biologisch relevante gevallen. Leidraad is hierbij de kwalitatieve theorie van oneindig-dimensionale systemen.

Een recente doorbraak in het onderzoek van deze groep heeft geleid tot het inzicht dat het begrip dualiteit een hoofdrol speelt bij het creëren van een wiskundig kader voor deze soorten vergelijkingen. De komende tijd zal de nadruk dan ook liggen op de ontwikkeling van storingstheorie voor duale halfgroepen op niet-reflexieve Banach-ruimten en op de daarmee verband houdende stabiliteit en bifurcatietheorie.

TW 4/MS 4 Analyse en (re)constructie van beelden

Dit project wordt uitgevoerd samen met de afdeling MS (MS 4). Vanuit de afdeling TW zal vooral aandacht worden gegeven aan zowel bewerkingen met behulp van computers, als ook de wiskundige theorie die op deze bewerkingen slaat.

Toepassingen zijn:

- medische diagnostiek (computertomografie, digitale subtractie angiografie, kernspinresonantie);
- celbiologie (computergestuurde elektronen-/laser-microscopie);
- astronomie (satellietfoto's, radiotelescopie).

Hulpmiddelen uit de wiskunde en informatica zijn:

- beeldtransformaties: discrete Fouriertransformatie, Walsh-Hadamard transformatie, Karhunen - Loeve transformatie;
- beeldcodering: datareductie, ten behoeve van transmissie of opslag;
- beeldreconstructie: het minimaliseren van ruisinvloeden en vervorming (filteringstechnieken);
- beeldverbetering: verbeteren van de beeldkwaliteit ten behoeve van verdere bewerking door de computer of een betere analyse door een menselijke waarnemer;
- beeldsegmentatie: het verdelen van het beeld in homogene deelgebieden (randdetectie).

De afdeling TW zal aanvankelijk aandacht besteden aan beeldtransformaties. Het werkplan voor 1987 zal mede bepaald worden door de in 1986 te leggen contacten binnen het CWI in een gezamenlijke werkgroep met de afdeling Mathematische Statistiek, en door contacten met praktijkmensen via een themadag en een landelijk colloquium "Analyse van Beelden".

AFDELING MATHEMATISCHE STATISTIEK

In de mathematische statistiek zijn er internationaal thans twee belangrijke drijvende krachten: toepassing in steeds meer wetenschapsgebieden, bijvoorbeeld in de psychometrie, econometrie, demografie, epidemiologie, etc., en het gebruik van nieuwe middelen uit de informatica zoals technieken voor beeldverwerking (waarbij beelden zowel *input* als *output* kunnen zijn). Daarbij vertonen enerzijds de te analyseren gegevens een steeds ingewikkelder structuur, maar zijn anderzijds de mogelijkheden om juist hierbij de computer in te schakelen ook enorm toegenomen. Door toegenomen complexiteit van data en daarbij gesteund door toegenomen rekenmogelijkheden is het mogelijk ook veel complexer en daarbij veel realistischer modellen te entameren en succesvol te analyseren.

Conform deze ontwikkelingen is het onderzoek op het CWI gecentreerd, wiskundig gezien, rond het bedrijven van statistiek in situaties waar parameters of waarnemingen (data) zich niet in eindig-dimensionale Euclidische ruimten bevinden (een klein aantal numerieke gegevens), maar in verzamelingen van veel ingewikkelder structuur. Dit gebied is door U. Grenander *abstract inference* genoemd, vanwege de 'abstracte ruimten' die er in voorkomen. Ondanks de naam richt het zich juist op de meest dringende praktische vragen uit de toegepaste statistiek; tegelijkertijd vormt het (internationaal) de natuurlijke voortzetting van de interne ontwikkelingen in de theoretische statistiek van de laatste jaren, in het bijzonder de samensmelting van de eerder uit elkaar gegroeide gebieden van *parametrische* en van *niet-parametrische* statistiek.

Hoewel er vele dwarsverbanden bestaan tussen de beneden beschreven projecten en andere op het CWI, is het verhelderend de onderzoeksplannen in de volgende vier projectgroepen onder te brengen:

- | | | |
|---------|---|---|
| MS1 | : | Semiparametrische statistiek; |
| MS2 | : | Stochastische processen; |
| MS3 | : | Toegepaste statistiek; |
| MS4/TW4 | : | Analyse en (re)constructie van beelden. |

In de eerste en tweede projectgroep worden de twee kanten van "abstract inference" (abstracte parameter respectievelijk waarneming) bestudeerd; hier is het fundamenteel onderzoek van de afdeling geconcentreerd. Het eerste project, dat een spil vormt tussen het onderzoek aan toegepaste statistiek enerzijds en stochastische processen anderzijds, is momenteel amper voldoende bemand, en instandhouding van tenminste deze grootte is vereist wil het CWI zijn voortrekkersfunctie in Nederland in de mathematische statistiek behouden en de vruchten (in de toegepaste statistiek) van de theoretische ontwikkelingen op dit gebied kunnen afwerpen. Behalve statistisch onderzoek (inclusief een STW-project) vindt in de tweede projectgroep fundamenteel onderzoek plaats in de theorie van stochastische processen. Dit is van groot belang als onderbouwing voor het statistisch analyseren van beelden, nog afgezien van de verbanden met ander onderzoek naar stochastische processen op het CWI en van de beoogde samenwerking met theoretisch natuurkundigen. Deze projectgroep is momenteel sterk onderbemand.

In de derde projectgroep zijn de accenten omgekeerd; hier zijn vooral de impulsen uit de praktijk van belang, en de uitbuiting van de mogelijkheden van de moderne informatica (interactieve grafische statistische data-analyse, geïntegreerde rapport-generatie). Het beleid is de komende jaren erop gericht, de expertise op het CWI met betrekking tot het innovatieve gebruik van moderne statistische pakketten, zowel voor mainframe als voor micro, te vergroten en uit te stralen. Dit is ook van vitaal belang voor het voortdurend kunnen aantrekken van wetenschappelijk stimulerende en vruchtbare consultaties en samenwerkingsverbanden (waarvan op dit ogenblik een twintigtal in zeer diverse disciplines lopen). Het project is momenteel niet voldoende bemand om dit beleid adequaat uit te voeren.

Het vierde aandachtsgebied is een specifiek onderdeel, en waarschijnlijk het meest significante, van het raakvlak tussen statistiek en informatica: statistische analyse van beeldmateriaal, en het gebruik van methoden uit de stochastiek bij beeldanalyse. Hier vindt intensieve samenwerking met de afdeling TW plaats en het beleid is erop gericht in de toekomst ook de afdeling IS hierbij te betrekken; afgezien hiervan en van internationale contacten en ondersteuning bestaat al nauwe samenwerking met informatici van de FVI (UvA), met een statisticus van ITI-TNO, en met toepassers, voornamelijk in medisch en biologisch onderzoek. Deze net gestarte, strategisch zeer belangrijke projectgroep moet zeer urgent worden onderbouwd met de aanstelling van een aantal nieuwe medewerkers. De eerste prioriteit is momenteel de opbouw van MS4 door het aantrekken op zeer korte termijn van één of twee medewerkers. Als tweede prioriteit geldt de versterking van MS3 door het aantrekken van één medewerker. Tegelijkertijd moeten de andere projectgroepen op hun huidige sterkte worden gehouden. Hierbij moeten de mogelijkheden van programma's in het kader van STW, SPIN of EEG-biotechnologie worden uitgebuit.

Hieronder volgt een nadere omschrijving van de inhoud en de betekenis van de vier projecten.

MS1 Semiparametrische statistiek

In de statistiek ligt internationaal het onderzoekszwaartepunt nog altijd bij de asymptotische statistiek, een gebied waaraan Nederlandse onderzoekers de afgelopen decennia bijdragen van betekenis hebben geleverd. Thans wordt hierin in toenemende mate gewerkt aan semi-parametrische methoden. De onderhavige projectgroep is vooral gericht op het "abstracte parameter" gedeelte van "abstract inference", en daarbinnen speciaal op de theorievorming. Het betreft hier onderzoek naar een parametrische behandeling van niet-parametrische problemen (een poging om twee hoofdtakken van de statistiek, die de laatste decennia uit elkaar zijn gegroeid, te herenigen), ontwikkeling van algemene principes waaruit statistische procedures voor specifieke semi-parametrische problemen afgeleid kunnen worden, en het ontwerpen van beoordelingscriteria van optimaliteit en regulariteit voor statistische procedures. Theoretisch onderzoek op dit gebied wordt thans uitgewerkt in praktische toepassingen in de demografie en in de analyse van overlevingsduren. Het is de bedoeling ook toepassingen in de epidemiologie ('case-control studies') te ontwikkelen.

MS2 Stochastische processen

In de kansrekening verschuift het accent, mede onder invloed van internationale ontwikkelingen, meer naar de theorie van stochastische processen. Deze procestheorie speelt ook een essentiële rol in de mathematische statistiek, zowel bij de statistische modelbouw als bij de asymptotische analyse. De projectgroep MS2 heeft twee hoofdcomponenten:

- (1) Fundamenteel onderzoek in de theorie van stochastische processen. De theorie met een één-dimensionale tijdsparameter is goed ontwikkeld. Processen in "meerdimensionale tijd", bijvoorbeeld tijd én ruimte, zijn echter veel minder goed begrepen, en deze krijgen dan ook speciale aandacht. Het geplande onderzoek is van direct belang voor de theoretische natuurkunde (statistische fysica) en op langere termijn voor de statistiek van ruimtelijke processen en beeldanalyse, waar het ontbreken van kennis over mogelijke modellen een groot obstakel is voor verdere voortgang.
- (2) Onderzoek naar de statistische analyse van waarnemingen aan een stochastisch proces. Dit is een van de belangrijkste voorbeelden van het "abstracte waarneming" gedeelte van "abstract inference". Men kan hierbij bijvoorbeeld denken aan het modelleren en de analyse van metingen aan verkeersstromen in de tijd.

Op andere afdelingen van het CWI gebeurt ook veel onderzoek op het gebied van stochastische processen. Incidentele ondersteuning hiervan maakt ook deel uit van dit project. Tevens vindt uitwisseling van gedachten plaats met de WGM Stochastiek.

MS3 Toegepaste statistiek

Dit gebied is in Nederland de laatste jaren het toneel van grote bedrijvigheid. Er werd hier overigens al zeer veel statistiek bedreven door econometristen, biometristen, psychometristen, etc., die veelal ook sneller ingaan op of bijdragen aan de internationale ontwikkelingen dan hun mathematische vakbroeders. Het werk in project MS3 is sterk praktijkgericht en bedoeld om deze wisselwerking te versnellen. Het gaat erom de vruchten van theoretisch werk van hier en elders beschikbaar te stellen aan en toegankelijk te maken voor toegepaste statistici en (potentiële) gebruikers van statistiek op andere vakgebieden. Dit tracht men onder meer te bereiken door samenwerkingsverbanden en consultaties. Een tweede doelstelling is contact te maken met gebieden waaruit een nieuwe impuls voor de statistiek naar voren komt. Zo wordt bijvoorbeeld momenteel in samenwerkingsverbanden gewerkt aan taalsegmentering, en aan de analyse van chromosoomprofielen (STW-aanvraag). Deze ogenschijnlijk ongerelateerde onderwerpen zijn beide één-dimensionale versies van de twee- of drie-dimensionale beeldanalyse problemen die in projectgroep MS4 ter hand worden genomen.

MS4/TW4 Analyse en (re)constructie van beelden

Zoals voor zoveel gebieden vormt de informatica ook voor de toegepaste statistiek een grote uitdaging. Dit komt in het afdelingsbeleid al tot uiting in de aard van het theoretisch statistisch onderzoek. Wat betreft de keuze van een praktische informatica-gerichte activiteit heeft de afdeling MS thans een fase afgerond waarin de mogelijkheden werden geïnventariseerd, contacten gelegd en samenwerkingsverbanden opgebouwd. Samen met de afdeling TW wordt thans gewerkt aan de realisering van een gezamenlijk project op het gebied van de analyse en (re)constructie van beelden. Een andere partner is de Facultaire Vakgroep Informatica van de Universiteit van Amsterdam, die uitstekende apparatuur in huis heeft voor beeldverwerking. Verder zijn o.a. werkcontacten gevormd met ITI-TNO, met het Hubrecht Laboratorium (KNAW), en met de CSIRO-beeldanalyse groep (Australië). Binnen het CWI wordt ook samengewerkt met de afdeling IS. Behalve verdere inwerking in de tot nu toe ontwikkelde theorie over de stochastische aspecten van dit gebied, wordt binnenkort, als voldoende mankracht aanwezig is, begonnen met de analyse van elektronfotomicroscopiebeelden van de eiwitmoleculen ingebed in een celmembraan; doel is de ruimtelijke verdeling van deze moleculen te modelleren, in verband met de betekenis hiervan voor het mechanisme waarbij de cel impulsen van buiten verwerkt.

AFDELING MATHEMATISCHE BESLISKUNDE EN SYSTEEMTHEORIE

Mathematische besliskunde en systeemtheorie omvatten het onderzoek naar kwantitatieve modellen en methoden ter ondersteuning van optimaal handelen in beslissingssituaties. Motiverende problemen treden bijvoorbeeld op bij de bedrijfsvoering en in de communicatie- en regeltechniek. In methodologische zin is "mathematische besliskunde en systeemtheorie" een verzameling van sterk uiteenlopende onderwerpen. Er wordt een beroep gedaan op resultaten en technieken uit vrijwel alle onderdelen van de wiskunde en informatica. Het bindende element is de potentiële toepasbaarheid van de onderzochte modellen en methoden.

Bij de selectie van projecten gelden de volgende criteria:

- (a) Binnen het gehele vakgebied wordt een redelijke spreiding van de activiteiten nagestreefd. Zowel de deterministische als de stochastische aspecten van besliskunde en systeemtheorie dienen aandacht te krijgen.
- (b) Het onderzoek dient gericht te zijn op grensverleggende fundamentele resultaten.
- (c) Een project moet een nationale voortrekkersfunctie vervullen en aansluiten bij internationale ontwikkelingen.

In dit beleid past het aangaan van samenwerkingsovereenkomsten, het aantrekken van advieswerk en het ontwikkelen van programmatuur, mits dit aansluit bij het onderzoek en leidt tot originele resultaten.

Prioriteiten

De afgelopen jaren is het in ruime mate mogelijk gebleken tijdelijke aanstellingen te financieren uit bijzondere fondsen zoals INSP, NFI en STW, vooral ten behoeve van toepassingsgericht onderzoek. Dit mag echter niet resulteren in een vermindering van de reguliere CWI-financiering voor zuiver onderzoek. Als prioriteit voor 1987 geldt het herstellen van het evenwicht tussen deze componenten van de onderzoeksactiviteiten, door de aanstelling van vier juniormedewerkers voor MB1 (b,c) en MB3 (a,b) en een tweede seniormedewerker voor MB2. Het starten van de deelprojecten MB1 (c) en MB3 (a) heeft daarbij de hoogste urgentie.

De zwaartepunten van het onderzoek zijn ondergebracht in drie projecten:

- MB1 Combinatorische optimalisering;
- MB2 Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken;
- MB3 Systeem - en regeltheorie.

Bij de uitvoering van het onderzoek vindt, waar dat relevant is, afstemming plaats op het werk binnen de WGM Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie. Hieronder volgt voor elk van de projecten een korte schets van het onderzoeks- en toepassingsgebied en een concretisering van het beleid.

MB1 Combinatorische optimalisering

Het vakgebied omvat de bestudering van problemen waarbij een optimale configuratie van een eindig aantal objecten wordt gezocht. Voorbeelden zijn de bepaling van vestigingsplaatsen, distributiesystemen, productieschema's en lesroosters. De gevestigde onderzoeksthema's zijn:

- de complexiteitsanalyse van combinatorische problemen;
- het ontwerp van algoritmen: polynomiale algoritmen voor "gemakkelijke" problemen en aftelings- en benaderingsmethoden voor "moeilijke" problemen;
- de analyse van algoritmen: empirisch, "worst case", en probabilistisch.

Daarbij is er een toenemende aandacht voor meetkundige en kanstheoretische methoden en voor architecturen voor parallelle en interactieve berekeningen. De keuze van de deelprojecten weerspiegelt deze ontwikkelingen:

- (a) *Polyhedrale en polynomiale methoden.*

- (b) *Stochastische geheeltallige programmering*: de ontwikkeling van optimaliseringsalgoritmen voor een klasse meerstapsbeslissingsproblemen met probabilistische en combinatorische kenmerken, ten gevolge op in 1984 afgesloten onderzoek naar benaderingsalgoritmen voor deze klasse.
- (c) *Parallele aftellingsmethoden*: de implementatie van aftellingsmethoden op bestaande (pseudo)parallele architecturen en het ontwerp en de analyse van een algemeen model voor parallele aftellingsmethoden, ten gevolge op in 1986 af te sluiten onderzoek naar parallele combinatorische berekeningen.
- (d) *Interactieve planningsmethoden* (INSP, NFI): de ontwikkeling en implementatie van interactieve systemen ter ondersteuning van de model- en besluitvorming in combinatorische planningssituaties.

MB2 Analyse en besturing van informatiestromen in netwerken

Het vakgebied omvat de wiskundige modellering, analyse en besturing van verkeersstromen in netwerken. Toepassingsgebieden zijn allereerst de *telematica* (telecommunicatie- en computernetwerken), maar ook wegverkeer- en productiesystemen. Voor al dergelijke toepassingen kan men een abstract model formuleren in termen van een netwerk van bedieningscentra en klanten die deze centra bezoeken met een zekere bedieningsvraag. De gevestigde onderzoeksthema's zijn:

- de analyse van mathematische wachtrijmodellen;
- ontwerp, analyse en besturing van netwerken van telefoniesystemen (vooral blokkering in "circuit switched" netwerken);
- ontwerp, analyse en besturing van computercommunicatienetwerken (met een toenemende belangstelling voor gespreide systemen).

De keuze van de uit te voeren deelprojecten sluit nauw aan bij deze thema's.

- (1) *Analyse van mathematische wachtrijmodellen*. Dit is een verruiming van het oude project *Tijdsafhankelijk gedrag van wachtrijssystemen*, teneinde tevens aandacht te kunnen schenken aan de vele andere boeiende ontwikkelingen die zich, mede onder invloed van de telematica, binnen de wachtrijtheorie voordoen.
- (2) *Telefoonverkeertheorie*. Berekening van blokkerings- en verlieskansen in "circuit switched" telefonienetwerken is thans een praktisch belangrijk probleem met veel theoretisch interessante aspecten.
- (3) *Prestatie-analyse van computersystemen* (deels INSP). Dit onderwerp staat internationaal nogal in de belangstelling. De prestatie van een computernetwerk hangt af van de apparatuur en het besturingssysteem enerzijds en van de werklast anderzijds. De wachtrijtheorie biedt goede mogelijkheden tot een wiskundige analyse en optimalisering van deze prestatie. De afdeling schenkt aandacht aan actuele thema's zoals "window flow control", "local area" netwerken en gespreide systemen. Tevens wordt het beschikbare arsenaal aan standaardpakketten voor prestatie-evaluatie uitgebreid.

MB3 Systeem- en regeltheorie

Het vakgebied omvat de wiskundige modellering en analyse van dynamische verschijnselen en de ontwikkeling van algoritmen voor regel- en voorspellingsproblemen. Het maatschappelijk belang ligt in de groeiende behoefte aan automatische regeling en automatische gegevensverwerking, zoals de besturing van robots, elektriciteitsnetwerken, satellieten, wegverkeer, de voorspelling van economische indicatoren en spraak - en beeldverwerking.

Voortdurende aandachtspunten binnen dit project zijn de *deterministische, stochastische en algebraïsch-meetkundige* aspecten van de systeemtheorie. Enkele deelprojecten, te weten *puntprocessen, adaptief regelen en voorspellings - en regelproblemen voor autosnelwegen* (STW) lopen in 1987 af. Het STW- project *Regeling van communicatiesystemen tijdens overbelasting* is in uitvoering. Hierbij is samenwerking met Philips Telecommunicatie Industrie te Hilversum. Het zou gewenst zijn met twee nieuwe deelprojecten te starten:

- (a) *Systemen met gegeneraliseerde toestandsruimte*. Deze treden bijvoorbeeld op in de electrotechniek

en de economie als deterministische modellen, waarin naast differentiaalvergelijkingen ook algebraïsche vergelijkingen voorkomen. De meetkundige benadering voor traditionele lineaire systemen zal worden uitgebreid naar systemen van dit type.

- (b) *Realisatie- en regelproblemen voor systemen op eindige ruimtes.* Doel is realisatie- en regelalgoritmen te ontwikkelen voor deterministische en stochastische systemen op eindige ruimtes. Het onderzoek wordt gemotiveerd door problemen in de communicatietheorie en de informatica.

AFDELING NUMERIEKE WISKUNDE

Het vakgebied numerieke wiskunde behelst het ontwerp en de analyse van benaderende oplossingsmethoden voor wiskundige problemen. Veel problemen zijn afkomstig uit de natuurwetenschappen en zijn geformuleerd in termen van differentiaal- of integraalvergelijkingen, of van grote algebraïsche stelsels. In de WGM Numerieke Wiskunde vormen de numerieke analyse van differentiaalvergelijkingen en de numerieke algebra twee belangrijke thema's van onderzoek. De afdeling NW houdt zich in dit verband in het bijzonder bezig met partiële differentiaalvergelijkingen die samenhangen met numerieke stromingsproblemen. De aard van dit onderzoek varieert van zeer fundamenteel tot specifiek utilisatie-gericht.

De numerieke wiskunde is voortdurend beïnvloed door veranderingen in de computerapparatuur, niet alleen door de toegenomen geheugengrootte en rekensnelheid, maar ook door de veranderingen in de architectuur. Zo zijn in het komende decennium belangrijke stimulansen te verwachten van het parallel rekenen. Door de komst van de supercomputers zullen bijvoorbeeld veel dure en omslachtige laboratoriumexperimenten (zoals windtunnelproeven) op de computer gesimuleerd kunnen worden.

Voor het numeriek onderzoek bij het CWI is de beschikbaarheid van een supercomputer bij SARA van groot belang. De afdeling NW heeft haar aandacht dan ook mede gericht op het onderzoek naar vectoriseerbaarheid en parallelle aspecten van numerieke algoritmen. Wat dit betreft wordt gestreefd naar een centrale functie voor het CWI in Nederland. Daartoe wordt een bibliotheek opgebouwd van numerieke algoritmen, speciaal geschreven voor parallelle computers, waarin programmatuur wordt opgenomen die zowel op het CWI als elders (UvA, VU) is ontwikkeld. In een in samenwerking met de UvA en de TH Delft georganiseerd colloquium wordt geregeld over deze programmatuur gerapporteerd.

Het onderzoek op het CWI is ondergebracht in een viertal hoofdprojecten:

- NW1 : Discretisatie van beginwaardeproblemen;
- NW2 : Multiroostertechnieken en randwaardeproblemen;
- NW3 : Getaltheorie met behulp van de computer;
- NW4 : Programmatuur.

NW 1 Discretisatie van beginwaardeproblemen

Er zijn zes deelprojecten, waarvan de eerste vier van theoretische aard:

- *Stabiliteit en convergentie.* Het accent ligt op praktisch toepasbare methoden en op algemenere testproblemen dan de gebruikelijke zeer eenvoudige lineaire testvergelijking $y' = ay$.
- *Dispersie-analyse.* Het ontwerp van differentieschema's voor hyperbolische vergelijkingen met minimale dispersieve eigenschappen.
- *Navier-Stokesvergelijkingen.* In het bijzonder de bestudering van de incompressibele

- vergelijkingen.
- *Differentiaal-algebraïsche vergelijkingen.* Dit nieuwe deelproject, aangevangen medio 1986, betreft de bestudering van numerieke methoden voor systemen van differentiaalvergelijkingen gekoppeld met algebraïsche vergelijkingen. Dergelijke systemen vindt men bijvoorbeeld bij halfgeleiderproblemen en bij de numerieke behandeling van de incompressibele Navier-Stokesvergelijkingen. Met de huidige mankracht zal dit deelproject voorlopig in een verkennende fase blijven.
 - *Ondiep-water-berekeningen* (STW-project). Het betreft de ontwikkeling van een utilisatiegericht rekenprogramma speciaal geschreven voor de CYBER 205. Bij de keuze van de rekentechnieken wordt van de resultaten uit de Dispersie-analyse gebruik gemaakt.
 - *Adaptieve roostertechnieken* (STW-project, aangevraagd). Dit project beoogt de ontwikkeling van een verregaand automatische integratie van stelsels tijdsafhankelijke partiële differentiaalvergelijkingen. Men kan dan controle uitoefenen op de fouten tengevolge van de discretisatie van zowel de tijd- als de ruimtevariabelen. Het programma SPRINT (afkomstig van Shell Research en de Universiteit van Leeds) speelt hierbij een belangrijke rol.

NW 2 Multiroostertechnieken en randwaardeproblemen

Het onderzoek omvat 6 deelprojecten, waarvan de eerste vier van theoretische aard:

- *Defect-correctie-technieken.* De nadruk zal liggen op de behandeling van stelsels hyperbolische behoudswetten, in het bijzonder de convergentie-analyse voor multiroostermethoden.
- *Singulier-gestoorde randwaardeproblemen.* De bij het CWI op dit gebied opgebouwde expertise richt zich nu op grenslaagproblemen bij niet-lineaire stelsels en op verschijnselen waarbij convectietermen een overheersende rol spelen zoals contact-discontinuïteiten/wervelvlakken.
- *Adaptieve methoden.* Onderzocht wordt de roosteraanpassing voor de Eulervergelijkingen wanneer viscositeitstermen een rol gaan spelen (Navier-Stokes).
- *Toepassing op stromingsproblemen.* Hierbij wordt gedacht aan onderzoek van limiters bij hogere orde methoden voor de Eulervergelijkingen en aan een oriënterend onderzoek naar de halfgeleider-vergelijkingen.
- *Euler-vergelijkingen* (STW-project). Doel is de ontwikkeling van robuuste en efficiënte methoden voor het berekenen van niet-visceuze (gas)stromingen. Daarbij krijgt men te maken met bijzonder grote stelsels niet-lineaire vergelijkingen, die met multiroostertechnieken aangepakt kunnen worden. Het deelproject "Toepassing op stromingsproblemen" voorziet in het benodigde achtergrondonderzoek.
- *Halfgeleiderberekeningen* (STW-project, aangevraagd). Dit deelproject zal zich concentreren op de evaluatie en de ontwikkeling van betrouwbare en efficiënte methoden voor de numerieke oplossing van de halfgeleider-vergelijkingen.

NW 3 Getaltheorie met behulp van de computer

Dit onderzoek, dat wordt uitgevoerd in samenwerking met de afdeling ZW, beweegt zich op het grensvlak van de numerieke en de zuivere wiskunde. Essentieel is hierbij het gebruik van een vectorcomputer. Momenteel gaat de aandacht uit naar problemen op het gebied van priemgetallen, bevriende getallen en factorisatie.

NW 4 Programmatuur

De programmatuurgroep concentreert zich op twee deelprojecten:

- *Ada-programmatuur.* Dit deelproject speelt in op de internationale stimulering van informatietechnologie door de EG. Onderdeel daarvan is de invoering van de universele programmeertaal Ada. Het plan is om in samenwerking met partners uit Engeland, Ierland en de Bondsrepubliek modules te ontwikkelen voor numerieke programmatheken in Ada. Dit project wordt voor een deel gesubsidieerd door de EG. Hiertoe is de opbouw van een substantiële onderzoeksgroep van

- cruciaal belang.
- *Vector-programmatuur.* Doel van dit deelproject is het ontwikkelen en beschikbaar stellen van programmatuur voor vector- en parallelle computers, die zo efficiënt mogelijk werkt en een zo breed mogelijk scala van toepassingsgebieden kent. De beschikbaarheid bij SARA van een CYBER 205 en van een CRAY via het ENR te Petten biedt hiervoor uitstekende mogelijkheden. Het project is mede gericht op het opbouwen van een centrale ondersteunende functie op het gebied van vectorprogrammatuur in Nederland.

De hierboven genoemde (deel) projecten kunnen met de op dit moment beschikbare bezetting van de afdeling niet alle uitgevoerd respectievelijk gestart worden. Zonder versterking van de projectgroep NW2 met 1 wetenschappelijk medewerker zullen het tweede en derde deelproject ook in 1987 niet voortgezet worden; de realisatie van het eerste deelproject van NW4 vraagt extra inzet van 1.5 wetenschappelijk programmeur en dat van het tweede deelproject van NW4 de inzet van 1 wetenschappelijk medewerker (voor dit laatste is een aanvraag ingediend bij het PACER programma van CDC).

Tenslotte kan de honoreringsstop bij STW tot gevolg hebben dat de aangevraagde STW- projecten Adaptieve roostertechnieken en Halfgeleiderberekeningen hierdoor worden getroffen.

AFDELING PROGRAMMATUUR

Het onderzoek in de afdeling Programmatuur richt zich op de theorie, methodologie en technologie van het programmeren, en op Kunstmatige Intelligentie. Een belangrijk gedeelte van het afdelingswerk vindt plaats binnen een drietal ESPRIT-projecten, terwijl het project Expertsystemen wordt gesteund vanuit het INSP. Er wordt naar gestreefd om de samenwerking met andere instellingen verder te verbreden, in het bijzonder door deelname aan een aantal SPIN-aanvragen. De afdeling geeft op het moment prioriteit aan het scheppen van voorwaarden om het onderzoek binnen de Kunstmatige Intelligentie te laten groeien. Hoewel hiervoor onvoldoende INSP-middelen beschikbaar zijn, zal het CWI vanwege het grote belang van dit onderzoek wegen zoeken om tot een personele versterking te komen.

De afdeling heeft thans de volgende projecten:

- AP1 : Concurrency;
- AP2 : Specificatietalen;
- AP3 : Uitbreidbare programmeeromgevingen;
- AP4 : Tekstverwerking;
- AP5 : Expertsystemen en andere facetten van Kunstmatige Intelligentie.

API Concurrency

Dit project behelst de studie van wiskundige modellen van parallelisme, in het bijzonder gericht op syntactische, semantische en bewijstheoretische aspecten hiervan. Binnen het SION Landelijk Project Concurrency wordt samen met de Rijksuniversiteit Leiden en de TH Eindhoven gewerkt aan de semantiek van dataflow en functioneel programmeren. Het tot nu toe grootste ESPRIT-project is nr. 415: "Parallel Architectures and Languages for AIP: a VLSI directed approach". Begonnen eind 1984 zal het project in 5 jaar een kleine 300 manjaar vergen. Philips is prime contractor, het CWI subcontractor, In dit project worden semantiek en bewijstheorie ontwikkeld voor POOL (Parallel

Object Oriented Language), de door Philips ontworpen basistaal voor het ontwerpen van parallelle architectuur. Verder draagt het CWI bij aan de Werkgroep Semantiek en Bewijstechnieken van dit project, die studie maakt van de diverse programmeerstijlen die aan parallelle architecturen ten grondslag liggen.

In samenwerking met de Vrije Universiteit wordt voorts gewerkt aan de semantiek van "logic programming" en van de taal OCCAM, een op CSP (= Communicating Sequential Processes) lijkende taal, die de werking van parallel verlopende en boodschappen uitwisselende processen gestructureerd beschrijft. Ook maakt men gezamenlijk studie van de wiskundige grondslagen van modellen voor concurrency.

AP2 Specificatietalen

Deelonderwerpen zijn:

- procesalgebra, toegepast op specificatie en verificatie van eenvoudige communicatieprotocollen, en op de beschrijving van parallelle programmeertalen;
- algebraïsche specificaties, met toepassing op het ontwerp van specificatietalen (samen met Philips en met project AP3);
- herschrijfgeregels: theoretisch onderzoek naar het executeerbaar maken van algebraïsche specificaties.

Al deze onderwerpen komen aan de orde in de PAO-cursus "Moderne methoden en technieken in de software engineering", die enkele malen per jaar wordt gegeven. Wat betreft herschrijfgeregels wordt enig adviserend werk verricht t.b.v. het Reductiemachine Project. Voorts vindt een aanmerkelijk gedeelte van het werk plaats in het kader van ESPRIT-project nr. 432: "An Integrated Formal Approach to Industrial Software Development (METEOR)", met als partners Philips, CGE (Frankrijk), APT (België), COPS (Ierland), TXT (Italië) en de Universiteit van Passau (Bondsrepubliek).

Kleine delen van dit project zijn uitbesteed aan de Universiteit van Amsterdam en de Rijksuniversiteit Utrecht.

Naar verwachting zullen ook in 1987 de drie bovengenoemde thema's een hoofdrol spelen in het onderzoek van het project Specificatietalen. Mogelijk start dan ook nog een deelproject betreffende real-time systemen.

AP3 Uitbreidbare Programmeeromgevingen

Dit project richt zich op het genereren van interactieve programmeeromgevingen op de basis van formele (algebraïsche) taaldefinities. Deelonderwerpen zijn: formele definitie van syntax en semantiek van programmeertalen, modularisering en operationalisering van taaldefinities en afleiding van componenten van een programmeeromgeving (bijvoorbeeld een syntax-gestuurde editor) uit een taaldefinitie. Een gedeelte van dit werk vindt plaats binnen het ESPRIT-Project "Generating Interactive Programming Environments", met als partners INRIA (Frankrijk), SEMA (Frankrijk), en BSO (Nederland).

AP4 Tekstverwerking

Doel is het ontwerpen en implementeren van een interactief systeem voor het verwerken van teksten waarbij tijdens het invoeren van de tekst de uiteindelijke uitvoer meteen op een beeldscherm zichtbaar wordt. Het systeem sluit zo nauw mogelijk aan bij de in ontwikkeling zijnde ISO-standaard voor "text interchange and processing". Bij de STW is een aanvraag ingediend voor ondersteuning van dit project.

Speciale aandacht krijgen componenten voor de opmaak van ingewikkeld materiaal, zoals formules, tabellen en figuren. Voor de psychologische aspecten van het interactief werken is contact gelegd met de Vakgroep Functieer en Methodenleer van de Vrije Universiteit. Een verdere samenwerking met een industriële partner is thans in onderzoek.

De European Mathematical Council (EMC) heeft initiatieven genomen om te komen tot een geïntegreerd systeem voor uitwisseling van informatie tussen de wiskundigen in Europa. Voor dit EUROMATH -project wordt subsidie aangevraagd bij de EEG. Het CWI is bij deze aanvraag betrokken, en vanuit project AP4 wordt, in samenwerking met de Sector CST, een belangrijke bijdrage aan dit project voorzien.

AP5 Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie

Dit onderzoek richt zich op de grondslagen van expertsystemen, met name kennisrepresentatie (specificatie van kennis in produktieregels, frames en semantische netwerken) en "automatic reasoning" (inferentiemethoden, omgaan met onvolledige en inexacte informatie). Ook de volledigheid en correctheid van kennisbanken is in studie, alsmede de architectuur van kennisbanken en de toepassing van "expertsysteem-schillen", waarbij onder meer ontwerpmethodieken voor expertsystemen ("knowledge engineering") een rol spelen. In samenwerking met Philips Research Laboratorium wordt gewerkt aan de implementatie van een parallelle object-georiënteerde expertsysteem-schil in de programmeertaal POOL. Dit onderzoek is onderdeel van ESPRIT -project nr. 415.

Afhankelijk van verder ter beschikking komende middelen wordt uitbreiding van het project voorzien. Het CWI is betrokken bij een aanvraag t.b.v. het SPIN-project "A Highly Parallel Machine for Data and Knowledge Base Management". Bij verdere groei van het project zullen ook thema's als verwerking van natuurlijke taal, "theorem proving" en gespreide probleemoplossing aan de orde komen.

Software engineering

De hier beschreven activiteiten vormen geen zelfstandig project, maar zijn een bundeling van software engineering werkzaamheden binnen de projecten AP2, AP3, en AP4.

Op het gebied van systeem- en software engineering is in het kader van SPIN een landelijk project in voorbereiding ter verhoging van het kennisniveau van software engineering in ons land. Het idee is een centraal "laboratorium" op te richten, waarin ervaring wordt opgedaan met geavanceerde systemen op dat gebied. Ook gaat rond dit laboratorium een aantal kleinschalige onderzoeksprojecten van start. Hierbij vindt samenwerking plaats met de TH Twente, de TH Eindhoven, de Rijksuniversiteit Leiden, de Rijksuniversiteit Utrecht, de Katholieke Universiteit Nijmegen en de Universiteit van Amsterdam. De bij dit project betrokken onderzoekers verzorgen enkele malen per jaar een PAO-cursus "Moderne methoden en technieken in Software Engineering".

AFDELING ALGORITMIEK EN ARCHITECTUUR

Het onderzoek op het gebied van algoritmiëk en architectuur richt zich op systemen met betrekking tot gegevensverwerking: talen, besturingssystemen, informatiesystemen, e.d. Gespreide algoritmen en systemen vormen een belangrijk aandachtspunt.

In het algemeen zijn de projecten gekozen vanwege hun fundamenteel of strategisch belang. Abstractie en formele methoden spelen bij het onderzoek een grote rol. Het streven is echter tevens om in het algemeen onderzoeksresultaten te doen uitmonden in het vervaardigen van prototypen, eventueel -bij gebleken bruikbaarheid -gevolgd door pre-ontwikkeling.

Het onderzoek in de afdeling is ondergebracht in vijf projectgroepen:

- AA1 : Complexiteit en algoritmen;
- AA2 : Transparantie van architecturen;
- AA3 : Computersystemen en ergonomie;
- AA4 : Gespreide adaptieve informatiesystemen;

AA5 : Constructieve algoritmiëk.

Omdat er via het INSP aanzienlijk minder geld beschikbaar is dan in de CWI-plannen werd voorzien, wordt de uitvoering van een aantal projecten ernstig belemmerd. Het betreft hier onderdelen van AA1 (gedistribueerde algoritmen), AA2 en AA4 (M*).

Wil het onderzoek aan Abstracto (AA5) goed van de grond komen, dan is uitbreiding met tenminste één medewerker noodzakelijk.

AA1 Complexiteit en algoritmen

Voor veel exacte vraagstellingen waarvan men in het verleden alleen het bestaan van een oplossing kon bewijzen, is het nu mogelijk om met de computer deze ook daadwerkelijk uit te rekenen. Inherent aan de wens om steeds grotere problemen algoritmisch aan te pakken is het ontwerp van efficiëntere algoritmen. Algoritmische problemen vormen een belangrijk onderdeel van het onderzoek aan computernetwerken, niet-conventionele architecturen en informatiesystemen. Deze omvatten ontwerp, constructie en operatie van de systeemarchitectuur en de realisering van de toepassingen. Resultaten van fundamenteel onderzoek in het ontwerpen van algoritmen en berekeningscomplexiteit dienen hierbij als basis voor de oplossing van deze algoritmische problemen uit de praktijk van netwerken, parallelle architecturen, heuristische AI-algoritmen, e.d.

Het onderzoek in deze projectgroep betreft:

- gedistribueerde algoritmen, protocollen en architecturen (in samenwerking met AA2 en AA4);
- complexiteit, architecturen en berekeningsmodellen voor geïntegreerde schakelingen;
- machine-complexiteit: vergelijkingen van de efficiëntie van berekeningen bij het gebruik van verschillende datastructuren;
- primaliteit en factorisatie van polynomen.

Het laatste onderzoek, onder meer van belang voor protectie en authenticatie in gedistribueerde systemen, zal worden voortgezet zodra de personeelsbezetting het weer toelaat. In dat geval zal er samenwerking zijn met het cryptografisch onderzoek bij de afdeling ZW.

Met andere CWI-afdelingen zijn er contacten op het gebied van combinatorische optimalisering en parallelle berekeningen (MB1), wachttijdproblemen in netwerken (MB2) en de toegepaste analyse. Binnen Nederland bestaan er vooral contacten met de Universiteit van Amsterdam en de Rijksuniversiteit Utrecht, terwijl er in het buitenland samenwerking is met onder meer een aantal Amerikaanse instellingen (de Universiteiten van Rochester en Washington, Ohio State University en MIT).

AA2 Transparantie van architecturen

Werd in de beginjaren van de computer een machine met velen gedeeld, nu is te voorzien dat in de toekomst per persoon een groot aantal processoren beschikbaar zal zijn, met elkaar verbonden in een computernetwerk. Op het ogenblik is zo'n netwerk nog hinderlijk zichtbaar: gebruikers moeten bij het noemen van bestanden en het draaien van programma's weten op welke machine het bestand zich bevindt en op welke machine het programma moet draaien. Ook verloopt de communicatie tussen de machines niet "vanzelf". Het onderzoek in dit project heeft tot doel software-architecturen te ontwikkelen voor het transparant maken van niet-conventionele hardware-architecturen, toegespitst op gespreide systemen (netwerken van gekoppelde apparatuur). Uitgangspunt is de architectuur van het Amoeba Distributed Operating System. Het onderzoek wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met de Vrije Universiteit.

Naast dit op snelle locale netwerken gerichte onderzoek participeert de projectgroep in een gedeeltelijk door de Europese Gemeenschap gefinancierd COST-11 project om de Amoeba-principes in een grootschalig (langzaam) Europees netwerk toe te passen. In dit project, met achttien partners uit elf

landen, speelt het CWI een toonaangevende rol. Het belangrijkste onderwerp voor 1987 is de realisering van een proefimplementatie.

AA3 Computersystemen en ergonomie

De voor eindgebruikers beschikbare functies en voorzieningen in de huidige computersystemen bestaan helaas nog altijd goeddeels uit niet geïntegreerde (slecht op elkaar afgestemde) en weinig flexibele deelsystemen. Het onderzoek in deze projectgroep betreft algoritmische en architectonische vraagstukken van flexibele integratie en vindt plaats in een tweetal vooralsnog nauw samenhangende projecten:

(1) ABC

ABC is een eenvoudige, gestructureerde, interactieve programmeertaal die beantwoordt aan moderne inzichten en mogelijkheden op het gebied van persoonlijk computergebruik. Bij het ontwerp van ABC heeft het gebruikersgemak voorrang gehad boven verwerkingssnelheid. De taal is ingebed in een volledig op ABC gerichte omgeving, waarbij alle communicatie van de gebruiker met het systeem via de editor verloopt. Hoofddoel in 1987 is de realisering van en het opdoen van ervaring met deze omgeving, die tevens dient als basis voor het onderzoek in het volgende project:

(2) Mens-computer Interfaces

De basisfilosofie van de ABC-omgeving is ook bruikbaar bij algemenere informatiesystemen. Moderne gebruikersinterfaces berusten op twee onderling samenhangende principes: WYSIWYG ("what you see is what you get") en "directe manipulatie". Als basis voor het consequent doorvoeren van deze principes met behoud van een modulaire architectuur kan gebruik worden gemaakt van de onder AA4 (Godel) ontwikkelde aanpak. Deel van het onderzoek is de realisering van experimentele versies. Uitwisseling van ideeën vindt plaats met de projecten IS2, IS3 en IS4.

AA4 Gespreide adaptieve informatiesystemen (DAISY)

Doel van dit project is het ontwerpen van adaptieve informatiesystemen die veel flexibeler zijn dan op de klassieke database-architectuur gebaseerde systemen. Uitgangspunt is de AMOS-architectuur, een gelaagde opdeling van de deelaspecten: applicaties, mens-computer interface, operaties en "storage". Er lopen thans twee deelprojecten:

(1) Godel

Het gaat hier om het ontwerp van hulpmiddelen voor het realiseren van object-gecentreerde databases. Centraal in de benadering is het "guardian"-concept. Een guardian is een hoog-niveau, declaratieve beschrijving van een proces dat algoritmisch reageert op toestanden en toestandswijzigingen in de database. Dit concept biedt een goed aanknopingspunt voor het bewaken van de database-integriteit en de database-evolutie. Bij dit project komen vraagstukken en technieken van kunstmatige intelligentie aan de orde.

*(2) M**

Dit project (Multiprocessor Main Memory Data Base Machine) beoogt kennisverwerving op het gebied van database-machines door de bouw van een prototype voor een rationeel database management systeem (DBMS). Het uitgangspunt hierbij is dat verdergaande prestatieverbetering en betrouwbaarheid alleen te verkrijgen is met een heterogeen gespreid DBMS, dat functioneel sterk gebonden is.

In dit project wordt de nadruk gelegd op de DBMS-component met een zeer grote hoeveelheid direct toegankelijk geheugen. Mede door het potentiële commerciële belang is, samen met de Amoeba-groep, dienaangaande een STW-voorstel in voorbereiding.

De DAISY-groep is voorts mede-aanvrager van twee omvangrijke projecten in het kader van het

SPIN: (1) MOKUM, het ontwerp en de constructie van een prototype van een kennisbanksysteem (samen met de Vrije Universiteit, de Universiteit van Amsterdam, de TH-Twente en Database Consultants Europe) en (2) het gebruik van een object-georiënteerde taal en machine-architectuur als basis voor een parallelle (data- en kennisverwerkende) machine in de jaren negentig (samen met Philips N.V., AP5, de TH-Twente, de Universiteit van Amsterdam en de Rijksuniversiteit Utrecht).

AA5 Constructieve algoritmiëk

Doel van dit onderzoek is de afleiding van programma's uit een formele specificatie. Er zijn twee deelprojecten:

(1) VLSI-ontwerp

Bij het ontwerpen van VLSI-systemen (chips) treedt een aantal implementatieproblemen niet op, als het samenstel der basiscomponenten ongevoelig is voor vertraging. In dit deelproject zoekt men naar een methode om een formele specificatie hiërarchisch te ontbinden totdat een programma is afgeleid, opgebouwd uit basiscomponenten. Zo'n programma kan dan door vaste transformaties worden afgebeeld op een VLSI-systeem. Er bestaat contact met de TH Eindhoven en Washington University in St. Louis (VS).

(2) Abstracto

Algoritmen dienen in het algemeen niet alleen correct, maar ook efficiënt te zijn. Het streven naar efficiëntie introduceert vaak complexiteit die de correctheid in gevaar brengt. Een moderne benadering van dit probleem is om uit te gaan van een correcte specificatie, en deze door een reeks van transformaties over te voeren in een efficiënte implementatie. Doelstelling van dit deelproject is de bruikbaarheid van deze benadering te verhogen door te komen tot één formalisme voor het specificatie- en het algoritmische niveau en van uiteenlopende algoritmische stijlen (imperatief, functioneel, deductief), alsmede door de ontwikkeling van (pre-) algoritmische concepten en notaties op een hoger abstractieniveau dan het thans gangbare. Internationale uitwisseling van resultaten vindt plaats via IFIP Working Group 2.1.

AFDELING INTERACTIEVE SYSTEMEN

Het onderzoek in deze afdeling richt zich op fundamentele problemen bij de communicatie van een computersysteem met de buitenwereld, alsmede op het ontwerp en de constructie van systemen die deze communicatie mogelijk moeten maken.

De uitwisseling van informatie kan plaatsvinden met een menselijke gebruiker of met systemen die een proces besturen (robot, chemisch proces, e.d.). Al zijn de technische realiseringen veelal zeer verschillend, de fundamentele problemen voor beide klassen van systemen vertonen veel overeenkomst.

Een van de belangrijkste ontwikkelingen in het werken met computers is de mogelijkheid om interactief gegevens te manipuleren via een weergave op een beeldscherm. Daarom is het onderzoek in belangrijke mate gericht op deze vorm van informatie-uitwisseling, en met name op de constructie van interactieve systeemcomponenten voor het toepassen van computergrafiek. Op langere termijn zullen ook vormen van machine-machine communicatie als experimenteel systeem worden gebruikt.

Binnen de afdeling zijn er thans vier projectgroepen:

IS1 : Computergrafiek;

- IS2 : Interactieve werkstations;
 IS3 : Dialoogprogrammering;
 IS4 : Intelligente CAD-systemen.

De hieronder nader beschreven projecten hebben alle hoge prioriteit vanwege reeds aangegane verplichtingen en vanwege regelmatige inkomsten. Hierboven hecht het CWI belang aan de verwerving van nieuw personeel voor project IS4. Daarbij hangt uitbreiding van dit project, dan wel het starten van nieuwe projecten, af van nog te verwerven extra inkomsten.

IS1 Computergrafiek

Doel van dit project is het ontwerpen van functioneel complete grafische basissystemen, met speciale aandacht voor interactief gebruik. Het resultaat dient mede als bijdrage aan internationale standaards, terwijl de implementaties zijn gericht op efficiënte interactie.

Er bestaat een uitgebreide internationale kring van gebruikers van de tot dusver ontworpen en ontwikkelde systemen. In Nederland wordt samengewerkt met diverse universitaire vakgroepen (TH Eindhoven, TH Delft, Rijksuniversiteit Leiden), zelfstandige instellingen (TNO-IBBC, ECN, MARIN, ACCU), de ISO-werkgroep TC 97/SC21/WG5-2 en industrie (Philips, Systeem Experts, Hoogovens). Via de Europese Associatie voor Computer Grafiek en ACM-SIGGRAPH bestaan contacten met de TH Darmstadt (Bondsrepubliek), INRIA (Frankrijk), Rutherford Labs. in Abingdon (Engeland) en George Washington University (V.S.).

Het deelproject Rastergrafiek wordt uitgevoerd als STW-project samen met de TH Eindhoven en de Rijksuniversiteit Leiden.

Het belangrijkste probleem is hoe de vele aspecten van het genereren en manipuleren van tekeningen te integreren tot één systeem. Integratie leidt tot eenvoudiger programmeermethoden en tot nieuwe architecturen voor grafische werkstations, die de voor deze integratie benodigde extra capaciteit moeten opbrengen.

Tot nu toe is de integratie van (abstracte) geometrie en verschijningsvorm (kleur, lijndikte, real-time beweging) voor twee-dimensionale tekeningen gerealiseerd. De verdere integratiestappen vinden plaats in een tweetal deelprojecten:

(1) GKS-3D

Hier gaat het om drie-dimensionale lijntekeningen. Het eraan ten grondslag liggende programmeersysteem leent zich voor standaardisatie. Binnenkort komt een proefimplementatie van GKS-3D gereed in de programmeertaal C onder UNIX TM. Daarnaast wordt een nieuwe methode geïntroduceerd om faciliteiten voor verborgen objecten te integreren.

(2) RGF (Raster Graphics Facilities) / PHIGS

Het STW-project voor rastergrafiek is gericht op feedback technieken voor interactie. In eerste instantie ontwerpt de groep een nieuwe hardware-architectuur (zie ook project IS2 : Interactieve werkstations). Er staat een proefimplementatie op stapel, waarin door een nieuwe manier van patronen weergeven zeer snelle real-time rasterisering mogelijk is. Inbedding van deze patroonrepresentatie in de hiërarchieke datastructuren van PHIGS (= Programmers Hierarchical InterGraphics System) moet dan interactie met rasterbeeldschermen mogelijk maken, waarbij de feedback berust op veranderende beelden.

Onderzocht zal worden in hoeverre de ontwikkelde patroonrepresentatie en -behandeling in VLSI (op een chip) is te realiseren. Deze chips zullen zowel in GKS- als PHIGS-achtige hardware kunnen worden gebruikt.

In de toekomst zal de nadruk meer op het interactie-aspect komen te liggen. Hierbij wordt gedacht

aan klassen van "picture editors", die enerzijds aansluiten bij de standards, maar anderzijds bij speciale toepassingen moeten kunnen overschakelen naar een hogere efficiëntie. Deze is te bereiken door meer toepassingsgerichte programmatuur, maar ook door een beknopter dialoog.

IS2 Interactieve werkstations

Interactieve, "intelligente" werkstations moeten in staat zijn tot een snelle flexibele feedback in de vorm van echo's, beeldwisselingen en animaties, afhankelijk van de toepassing. Om dit in real-time te realiseren moet het werkstation op zeer laag niveau de juiste context voor een interactie-element kunnen vinden. Daartoe moet op hoger niveau alle informatie over context aan het werkstation worden gedelegeerd.

Dit project betreft de analyse van de gegevensstructuren die hiervoor in het werkstation nodig zijn en de inbedding van interactietechnieken in deze structuren. Voorts wordt een model ontwikkeld voor de communicatie tussen het werkstation en de gebruikende processen, waarbij in vérgaande mate parallellisme wordt gebruikt.

Voor een geavanceerd interactief werkstation zijn, behalve de beheersfuncties (virtuele terminal, resource management, display- en interactie-procesbesturing), basisfuncties nodig voor het feedback-mechanisme en voor de besturing en koppeling aan de host. Deze worden naast elkaar ontworpen. De programmatische kant hiervan sluit aan bij project IS3 (dialoogcellen), met name het onderzoek naar de parametrizeerbaarheid van de elementaire feedbackprocessen en interactietechnieken.

De functionaliteit van het werkstation zal worden uitgebreid met nieuwe primitieven: "generalized rubberbanding", een combinatie van grafiek en window management en vooral een nieuwe controlestructuur die autonoom de conflicten tussen operateur en programma kan behandelen (bijvoorbeeld schermindelingsperikelen). Bij de huidige generatie werkstations zijn deze mogelijkheden onbekend. Het is de bedoeling het werkstation te realiseren zonder er zelf hardware voor te ontwikkelen. Uit het prototype kan echter wel vrij nauwkeurig een concrete hardware-architectuur worden afgeleid.

Met behulp van dit prototype werkstation zal een "picture editing" machine worden gebouwd die de basis is voor een "object editor". Hier wordt, evenals bij IS3 en IS4, vruchtbare samenwerking met complementaire projecten zoals AA3 nagestreefd.

IS3 Dialoogprogrammering

Voor een goede communicatie tussen mens en machine is het van belang systemen te ontwerpen, waarmee de gebruiker op voldoende hoog niveau en zo veel mogelijk onder uitsluiting van desastreuze fouten kan communiceren.

Eén van de belangrijkste aspecten daarvan is het vraag- en antwoordspel (dialoog) tijdens een interactieve sessie. Het onderzoek in dit project betreft de dialoogprogrammering: het specificeren van mogelijke vragen en antwoorden, alsmede de toestand van het beeldscherm gedurende elke stap in de dialoog. Doel is de ontwikkeling van een complete methode voor interactieve dialogen, waarin niet alleen een dialoogtaal, maar ook alle daarmee verbonden effecten syntactisch worden vastgelegd.

Basiseenheid in de programmering van het dialooggedeelte is de *dialoogcel*, een input-output eenheid die een complete beschrijving geeft van een stap in een dialoog, inclusief de veranderingen aan het gebruikersgrensvlak.

Het project dialoogcellen wordt uitgevoerd in samenwerking met TNO-IBBC en Philips-ISA. Er is een Nederlandse werkgroep geformeerd die zich ten doel stelt in de komende twee jaar een professionele implementatie te produceren, alsmede een aantal toepassingen. Ontwerp van taal en implementatie en het hiervoor benodigde fundamentele onderzoek blijven in handen van het CWI.

De in dit kader ontwikkelde programmeertechnieken lenen zich ook voor andere toepassingen dan mens-machine dialogen, waarvan vooral adaptieve controle en robotbesturing de aandacht zullen krijgen.

Tot eind 1986 zal de nadruk liggen op het mens-machine communicatie-deel. Daarna zal de aandacht zich richten op toepassingen als adaptieve controle en robotprogrammering.

IS4 Intelligente CAD-systemen

Aan de hand van CAD case studies wordt de problematiek bestudeerd rond de opbouw en de manipulatie van gegevensstructuren die, typisch voor de ontwerp-situatie (a) zeer veel onderlinge relaties hebben, (b) interactief gemanipuleerd worden, en (c) toepassing van AI-technieken noodzakelijk maken. In dit kader zijn thans drie onderwerpen aan de orde:

- Ontwerptheorie: hoe moet CAD-informatie worden georganiseerd? Hiervoor wordt getracht het ontwerpproces en de bijbehorende informatie te formaliseren.
- Experimenteel CAD-systeem: IICAD (= Intelligent, Integrated, Interactive CAD).
In dit systeem wordt ontwerptheorie toegepast: opsplitsing van CAD-informatie in een aantal abstractieniveaus, ieder met hun eigen visualisering. De gebruikers interface wordt onderhouden in een aparte processor die op elk niveau, autonoom, met de abstracte informatie communiceert.
- Interactieve methodenbanken: dit zijn informatiesystemen waarin naast gegevens ook interactieve procedures zijn opgeslagen om gegevens te genereren. De gebruiker kan on-line gegevens en procedures met elkaar combineren op basis van scenario's.

Dit project heeft een belangrijke toepassingsgerichte component: de overgang mogelijk maken van klassieke informatiesystemen naar AI-georiënteerde systemen. Samenwerking in het kader van IOP-projecten is voorzien met NLR, TNO-instituten en belangrijke industrieën (Fokker, FDO, Scheepsbouw, e.d.). Een belangrijke reden voor deze samenwerking is dat de algemeen toepasbare oplossingen uit het IICAD-Systeem getoetst worden in CAD-toepassingen bij de diverse partners.

SECTOR COMPUTERSYSTEMEN EN TELEMATICA

De sector ComputerSystemen en Telematica (CST), die op 1 januari 1986 uit het Computer-Laboratorium van de toenmalige Dienst Opdrachten en Ondersteuning ontstond, heeft als voornaamste taak het verzorgen van computerfaciliteiten voor de wetenschappelijke afdelingen van het CWI. Dit werk valt in twee activiteiten uiteen: (1) aanschaf en onderhoud van apparatuur en bijbehorende software en (2) onderzoek en ontwikkeling van nieuwe software die van nut is voor de wetenschappelijke afdelingen.

Het beleid ten aanzien van de eerste hoofdactiviteit is de wetenschappelijke afdelingen te voorzien van geavanceerde apparatuur van voldoende capaciteit. Dit beleid is de laatste jaren niet of nauwelijks verwezenlijkt, daar de sector CST (cq. het ComputerLab) te kampen had met een ernstig gebrek aan menskracht, een enorme uitbreiding van het computergebruik door de wiskunde-afdelingen en de niet-wetenschappelijke afdelingen, en een gebrek aan financiële middelen. Niettemin blijft het beleid gericht op het realiseren van voldoende en uitstekende computerfaciliteiten.

Het geprefereerde bedrijfssysteem in de wetenschappelijke afdelingen is UNIX. Naast de UNIX-systemen is er echter een groeiend aantal personal computers, zoals de MacIntosh, die voornamelijk worden gebruikt voor het invoeren van tekst. Langzamerhand zullen de grote UNIX-machines worden aangevuld door UNIX-werkstations, die nu eindelijk een betere prijs/prestatie verhouding beginnen te vertonen dan de grote machines. Verder neemt het gebruik van speciale apparatuur toe. Er komen bijvoorbeeld Smalltalk-machines, Prolog-machines en Lisp-machines.

Door deze ontwikkelingen zal meer menskracht nodig zijn voor onderhoud. Het aantal machines neemt toe, maar ook de diversiteit van de systemen neemt toe. Vooral dit laatste moet enigszins in de hand gehouden worden, om toch een onderhoudbaar machinepark te houden.

De tweede hoofdactiviteit van de afdeling CST is onderzoek en ontwikkeling. Er zal in 1987 een viertal grote projecten in uitvoering zijn. Hieronder volgt een korte beschrijving:

Netwerken

Het CWI is al jaren de Europese spil van het UNIX-netwerk *Usenet*. Ooit is dit netwerk begonnen als een netwerk van telefoonverbindingen via modems, maar deze tijd ligt nu ver achter ons. Usenet maakt tegenwoordig dankbaar gebruik van netwerkfaciliteiten, zoals X.25, Arpanet, leased lines, Ethernet, etc. Verder verzorgt het CWI *Gateway* functies voor de koppeling van verschillende andere netwerken. Mede hierdoor heeft de afdeling CST een sleutelpositie in de standaardisatie van netwerken in Europa.

Het netwerkproject is zeer belangrijk gebleken voor de internationale zichtbaarheid van het CWI in de wereld. Het zal dan ook in 1987 worden voortgezet door de implementatie en realisatie van standaarden op netwerkgebied en een verdere medewerking aan de integratie van de verschillende Europese netwerken.

Remote File System

De komst van grote aantallen persoonlijke werkstations maakt de onderlinge communicatie er binnen het instituut niet eenvoudiger op: elk werkstation heeft zijn eigen filesysteem, waardoor software-ontwikkeling in teams van enige omvang zeer wordt bemoeilijkt. Het doel van het Remote File System project is mogelijkheden te scheppen waardoor de filesystemen van alle aanwezige werkstations als één groot filesysteem kunnen worden beschouwd. Het project wordt op het ogenblik uitgevoerd door D.P. Kingston, die speciaal hiervoor een jaar te gast was bij het CWI, maar zal volgend jaar door anderen worden voortgezet.

Tekstverwerking

De naam die het CWI heeft opgebouwd als producent van prima verzorgde wiskundige publicaties moet behouden blijven. Hiervoor is het noodzakelijk de fotozetfaciliteiten voortdurend te verbeteren. Op het ogenblik wordt gewerkt aan een project om op verschillende uitvoerapparaten (diverse bit-mapped displays en laser printers) zogenaamde *previewing* te doen van zetsel voor de fotozetmachine. Verder moet het eenvoudiger worden om met vrijwel dezelfde commando's uitvoer te verkrijgen op de verschillende uitvoermedia. Tevens zal worden gewerkt aan de verbetering van het invoeren van wiskundige tekst. Het is de bedoeling programmatuur te ontwikkelen waardoor de onderzoeker cq. typiste op het scherm direct de gezette tekst te zien krijgt. Dit project zal hopelijk worden gefinancierd door de Europese Commissie in het kader van het Euromath project en wordt uitgevoerd in samenwerking met de afdeling Programmatuur (AP4).

Euromath

De afdeling CST hoopt vanaf januari 1987 een rol te gaan spelen in het zogenaamde Euromath-project, waarvoor in juni 1986 een aanvraag van rond 2.5 miljoen ECU zal worden ingediend bij de Stimulation Action van de E.C. Dit project behelst het opzetten van een netwerkinfrastructuur voor Europese wiskundigen waarmee zij elektronische post, waaronder wiskundige documenten, en nieuws kunnen uitwisselen. Ook komt er een Europese literatuur database die vanuit elk participierend instituut zal kunnen worden geraadpleegd.

Als een van drie of vier partners zal CST in dit project R&D werk verrichten op het gebied van netwerken en tekstverwerking. Met name is het de bedoeling een document-editor te vervaardigen voor documenten met wiskundige tekst, plaatjes, grafieken, etc., en wel zo dat het scherm voortdurend zoveel mogelijk toont hoe het uiteindelijke document er uit komt te zien. Het ziet er naar uit dat dit werk ook van betekenis is voor het CWI, met name voor de groep tekstverwerking van de Publicatiedienst.

Naast deze grote projecten is er een voortdurende stroom van kleinere activiteiten: ontwikkeling van software ten behoeve van onderzoekers; installatie van nieuwe apparatuur, hetgeen vaak het nodige programmeerwerk met zich meebrengt; adviezen voor apparatuuraanschaf, en nog vele andere.

De benodigde menskrachtuitbreiding zal in 1986 gedeeltelijk zijn gerealiseerd met de komst van een vaste chef CST en twee systeemprogrammeurs. Dit brengt de sterkte van CST op een chef, vier

systeemprogrammeurs, twee programmeurs, een operateur en een part-time secretaresse, maar dit zal nog niet voldoende zijn om het werk aan te kunnen, dat noodzakelijk is om het voorgenomen beleid te realiseren. Uitbreiding met nog twee systeemprogrammeurs is dringend geboden.

6. Wetenschappelijk Beleid van de Werkgemeenschappen en Landelijke Samenwerkingsverbanden

WGM NUMERIEKE WISKUNDE

In Nederland wordt binnen het vakgebied van de numerieke wiskunde aandacht besteed aan: numerieke algebra, optimalisering, numerieke analyse van differentiaalvergelijkingen, numerieke programmatuur (opbouw van programmatheken, relatie met programmeertalen en gebruik van supercomputers) en numerieke methoden in toepassingsgebieden (stromingsleer, statistiek, systeemtheorie). Ideeën en ervaringen worden tussen Nederlandse onderzoekers onder meer uitgewisseld op een jaarlijkse conferentie over Numerieke Wiskunde. Met name onderhoudt de WGM Numerieke Wiskunde contacten met de afdeling NW van het CWI.

Aandachtsgebieden

Uit ervaring is gebleken dat veel wiskundig onderzoek zich niet op middellange termijn laat plannen. Voorbeelden hiervan in de numerieke wiskunde zijn bijvoorbeeld de recente ontwikkelingen m.b.t. ICCG- en multigridmethoden, waarvan het belang 5-10 jaar geleden niet te voorspellen was. Het blijft daarom belangrijk op betrekkelijk korte termijn op nieuwe ontwikkelingen te kunnen inspelen door subsidiëring van projectonderzoek.

Toch kunnen op grond van de bovengenoemde achtergronden wel aandachtsgebieden worden genoemd. Een kernthema in de numerieke wiskunde binnen de WGM zal in het komende decennium het onderzoek aan *partiële differentiaalvergelijkingen* zijn. De vraagstelling zal hier dikwijls geïnspireerd worden door de praktijk en de aard zal variëren van toegepast-wetenschappelijk tot zuiver-wetenschappelijk onderzoek. De beide SMC-projecten binnen de WGM kunnen in dit kader worden gezien. Bij een groot aantal instituten wordt onderzoek op het gebied van partiële differentiaalvergelijkingen verricht en in een aantal gevallen wordt tussen de diverse instituten samengewerkt. Zo bestaat er o.a. samenwerking op verschillende onderdelen tussen CWI-THD-WL-RWS, CWI-THD-NLR, THD-MARIN-THT-WL-NLR en CWI-KUN. In de eerste twee gevallen is deze samenwerking gegroeid tot een niveau waarop STW-projecten zijn geformuleerd en gestart. De mogelijkheid bestaat dat deze samenwerking in de toekomst nog hechter zal worden en dat dan meer gezamenlijke projecten kunnen worden geformuleerd.

Een tweede thema betreft onderzoek aan *numerieke algoritmen* in verband met de nieuwste hardware-ontwikkelingen. Hoewel onderzoek aan supercomputers (vectormachines of pipeline machines CRAY 1, CYBER 205) op gang begint te komen (vectorresearch), wordt in Nederland op het ogenblik nauwelijks onderzoek gedaan aan andere recente architecturen (ICL-DAP, DENELCOR-

HEP, real-time computation, enz.) De beschikbare know-how op dit gebied is (evenals de beschikbaarheid van de hardware) in Nederland waarschijnlijk te gering. Een stimulans op dit terrein, dat een typisch grensgebied is tussen de wiskunde en informatica, is wenselijk.

Lopend onderzoek

- Iteratieve methoden voor lineaire en niet-lineaire partiële differentiaalvergelijkingen (prof.dr. A.O.H. Axelsson, KU Nijmegen)
- Analyse van numerieke methoden voor het oplossen van beginwaardeproblemen (prof.dr. M.N. Spijker, RU Leiden)

WGM STOCHASTIEK

Het onderzoek in de mathematische statistiek en kansrekening wordt sterk bepaald door de aanwezige deskundigheid en belangstelling van de onderzoeksleders aan de verschillende universitaire instellingen en het CWI. Het grootste deel van het onderzoek wordt bovendien gefinancierd door de universitaire instellingen. Dit impliceert dat de WGM niet zozeer een zelfstandige programmatische planning van onderzoek in het vakgebied moet nastreven, maar zich veeleer dient te richten op ondersteuning en versterking van bestaande onderzoeksstromen, daarbij rekening houdend met op korte termijn te verwachten ontwikkelingen. Voor de coördinatie van het onderzoek in ons land wordt voornamelijk zorg gedragen door de Werkgemeenschapscommissie die door een brede samenstelling het hele vakgebied goed kan overzien. De jaarlijkse bijeenkomsten van stochastici in Lunteren, mede georganiseerd door CWI en VVS, zijn een bijzonder vruchtbare gelegenheid voor onderling contact tussen Nederlandse onderzoekers. De deelname van buitenlandse toponderzoekers maakt het mogelijk de nieuwste ontwikkelingen goed te volgen. De WGM Stochastiek onderhoudt goede betrekkingen met de afdeling MS van het CWI.

Aandachtsgebieden

Aansluitend op de in de algemene inleiding geschetste ontwikkelingen streeft de WGM ernaar drie aandachtsgebieden met een zekere prioriteit te ondersteunen:

Asymptotische statistiek. Het gaat hier om een breed scala van asymptotische methoden en technieken. Enerzijds verschaffen deze veel inzicht in de structurele relaties binnen de theorie, anderzijds vormen ze onmisbaar gereedschap voor de praktische statistiek, omdat de ervaring leert dat asymptotische resultaten vaak reeds bij betrekkelijk kleine steekproeven bruikbaar zijn. Veel nieuwe theoretische ontwikkelingen vinden juist op dit terrein plaats en het Nederlandse onderzoek heeft hierin een positie van betekenis die behouden dient te blijven.

Statistiek van meer variabelen. Dit is een thema uit de toegepaste statistiek waarin veel nieuwe ontwikkelingen zijn te verwachten. De computer speelt er dikwijls een grote rol in. Goede voorbeelden zijn 'projection pursuit', robuuste regressietechnieken, correspondentie-analyse en discriminantanalyse. Grafische weergave van de data vanuit verschillende gezichtspunten en modelonderstellingen (computer graphics!) is hierbij van wezenlijk belang. Het onderwerp biedt tevens gelegenheid direct in te spelen op problemen uit de toepassingsgebieden, die dikwijls op dit gebied liggen.

Stochastische processen. Het betreft hier een groot terrein van fundamenteel onderzoek waarin veel van de moderne ontwikkelingen in de ‘zuivere’ kansrekening plaatsvinden. De kansmodellen hebben vooral betrekking op een ontwikkeling in de tijd. Hierbij wordt de aandacht gericht op diverse grootheden in relatie met het proces, maar vooral op de structuur van de realisaties (padstructuur) van het proces.

Anderzijds spelen ook limietstellingen een grote rol. Stochastische integralen kunnen hierbij een gewichtig hulpmiddel zijn. Bijzondere onderwerpen zijn Brownse beweging en verwante processen, excursietheorie, speciale stochastische processen, ergodentheorie, percolatie en wachttijdprocessen.

Hoewel abstract van aard zijn er verrassend veel toepassingen, niet alleen in de theoretische fysica (dynamische systemen!) maar ook in de statistiek en de informatica; zo komen uit de informatica veel vragen naar voren over stochastische scheduling en allocatie.

Overigens zij nadrukkelijk opgemerkt, dat WGM evenzeer aandacht wil schenken aan originele projecten op andere gebieden; de kwaliteit van het onderzoeksvorstel blijft een uiterst gewichtig criterium. De WGM is echter van mening, dat bovenstaande aandachtsgebieden in de nabije toekomst de meeste steun behoeven.

Lopend onderzoek

- Coderingsproblemen in ergodentheorie (prof.dr. M.S. Keane, TH Delft)
- Statistische analyse van tijdreeksen (prof.dr. C.L. Scheffer, TH Delft)
- Structuur van limietstellingen in de kanstheorie (prof.dr. W. Vervaat, KU Nijmegen)
- Het convex omhulsel van een steekproef in \mathbb{R}_k (prof.dr. L.F.M. de Haan, EU Rotterdam)
- Multivariate statistische analyse met hoog breekpunt (prof.dr. P. Rousseeuw, TH Delft)

WGM MATHEMATISCHE BESLISKUNDE EN SYSTEEMTHEORIE

De mathematische besliskunde houdt zich bezig met het opstellen en analyseren van wiskundige modellen van beslissingssituaties, en met het ontwikkelen van bijbehorende oplossingsmethoden. In de systeemtheorie worden dynamische verschijnselen bestudeerd met het oog op regeling en voorspelling. Het terrein dat aldus door de werkgemeenschap Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie wordt bestreken kenmerkt zich door een veelheid aan mogelijke toepassingsgebieden en een veelheid aan potentieel bruikbare technieken. De werkgemeenschap stelt zich ten doel op dit brede terrein stimulerend op te treden op punten waar wezenlijke vooruitgang valt te boeken, uitgaande van de in Nederland aanwezige deskundigheid. Er bestaan goede werkcontacten met de afdeling MB van het CWI. Jaarlijks komen Nederlandse onderzoekers op dit gebied in Lunteren bijeen om over hun werk te vertellen.

Aandachtsgebieden

Op de volgende gebieden vinden relevante ontwikkelingen plaats op internationaal vlak:

1. mathematische besliskunde:
 - *combinatorische optimalisering*: polyhedrale methoden, probabilistische analyse, parallelle berekeningen;
 - *niet-lineaire optimalisering*: niet-differentieerbare en globale optimalisering, parallelle berekeningen;
 - *stochastische modellen*: analyse en besturing van communicatienetwerken, flexibele

- produktiesystemen, risico- en betrouwbaarheidsanalyse;
- *speltheorie*: oplossingsbegrippen voor coöperatieve spelen, axiomatische onderhandelings-theorie;
- 2. systeem- en regeltheorie:
 - *realisatie en systeemidentificatie*: stochastische realisatie, systeemidentificatie van multivariabele systemen, benaderende realisaties;
 - *regeltheorie*: robuustheid, regelproblemen voor niet-lineaire systemen, adaptieve regeling, dynamische spel- en team- problemen;
 - *filtertheorie*: eindig-dimensionale filters voor niet-lineaire systemen, adaptief filteren, filteren met puntproceswaarnemingen, gespreid waarnemen en schatten.

In deze ontwikkelingen speelt de computer op diverse wijzen een rol: als rekentuig, als interactief instrument, en als voorwerp van onderzoek (computersystemen). De stroom van toepassingen versterkt de behoefte aan theoretisch onderzoek. Het toenemend gebruik van communicatienetwerken (onder meer in de genoemde computersystemen) vraagt om voortgezet onderzoek op het gebied van de wachtrijtheorie en de stochastische regeltheorie. Nieuwe ontwikkelingen in de combinatorische optimalisering ontleen onder meer hun betekenis aan toepassingen op interactieve plan-ningsmethoden voor distributie- en productieprocessen. Combinatorische en stochastische aspecten spelen beide een rol bij theorievorming rond flexibele productiesystemen. Begripsvormend onderzoek op het terrein van zowel lineaire als niet-lineaire systemen kan bijdragen tot het verbeteren van bestaande regel- en identificatie-algoritmen. Voor ondersteuning door de werkgemeenschap komen projecten in aanmerking die een bijdrage kunnen leveren aan de versterking van de Nederlandse onderzoekspositie op de genoemde gebieden en andere actuele terreinen van onderzoek zoals Markov beslissingsprocessen, speltheorie, reëeltallige programmering, stochastische filtertheorie en adaptieve regeltheorie.

Lopend onderzoek

- Stochastische wandelingen en wachttijdmodellen (prof.dr. J.W. Cohen, RU Utrecht)
- Meetkundige aspecten van oneindig-dimensionale systemen (prof.dr. R.F. Curtain, RU Gronin-gen)
- Polyhedrale en polynomiale methoden in de combinatorische optimalisering (prof.dr. A. Schrij-ver, KH Tilburg)
- Singuliere en singulier gestoorde optimale-besturings-problemen (prof.dr.ir. M.L.J. Hautus, TH Eindhoven)
- Structurele eigenschappen van stochastische spelen en hun toepassingsgebieden (prof.dr. S.H. Tijs, KU Nijmegen)
- Methoden voor niet-lineaire geheeltallige optimalisatie (dr. G. van der Hoek, EU Rotterdam)
- Markov beslissingsprocessen (prof.dr. A. Hordijk, RU Leiden)

WGM DISCRETE WISKUNDE

De discrete wiskunde kent een omvangrijke uitwisseling van methoden en problemen met o.a. algebra, meetkunde, besliskunde, informatietheorie en informatica. Zwaartepunten van het in Nederland ver-richte onderzoek liggen op het gebied van de eindige meetkunde, de coderingstheorie, de grafentheorie en de combinatorische optimalisering. Veel resultaten zijn direct of indirect toepasbaar, bijvoorbeeld in de telecommunicatie, in de cryptografie of in de besliskunde.

Op sommige deelgebieden van de discrete wiskunde is in de laatste jaren spectaculaire vooruitgang geboekt. Men kan hierbij denken aan:

- de classificatie van eindige enkelvoudige groepen;
- de constructie van codes beter dan de 'Gilbert bound';
- de basisreductie-algoritme voor roosters;
- het kraken van cryptosystemen gebaseerd op de 'knapzak';
- Seymour's decompositiestellingen voor grafen en matroiden;
- het gebruik van polyeders in de combinatorische optimalisering.

Veel Nederlands onderzoek is direct gerelateerd aan deze nieuwe ontwikkelingen en is veelal internationaal erkend als zijnde van hoge kwaliteit. Voor een groot deel sluit het discreet wiskundig onderzoek in Nederland aan bij toepassingsgebieden als besliskunde, informatietheorie en theoretische informatica.

De WGM ziet vooralsnog weinig aanleiding om hier sterk sturend op te treden. Wel wordt uitbreiding van lopend onderzoek gestimuleerd op het gebied van de combinatorische optimalisering. Over het onderzoek bestaan contacten met de afdeling ZW van het CWI.

Het beleid is er tevens op gericht de reeds bestaande vruchtbare samenwerking tussen de Nederlandse en de Belgische onderzoekers op het terrein van de discrete wiskunde te ondersteunen en te versterken.

Onderzoekers op dit terrein ontmoeten elkaar jaarlijks op een Combinatorische Dag.

Lopend onderzoek

- Grenzen en constructies voor codes (prof.dr. J.H. van Lint, TH Eindhoven)

WGM ANALYSE

Het onderzoek binnen de WGM Analyse bestrijkt een breed terrein binnen de zuivere en toegepaste wiskunde. In het algemeen heeft de werkgemeenschap een voorkeur voor projecten met een sterk innovatief element. De SMC blijft ernaar streven het aantal nieuwe analyseprojecten per jaar op te voeren.

Het aandeel van het door de SMC gesubsidieerde projectonderzoek in het werk van de WGM is betrekkelijk gering. Mede daarom is het weinig zinvol om te trachten hiervoor een zelfstandige planning aan te houden. Het beleid van de WGM Analyse is er dan ook de komende tijd op gericht het onderzoek meer te organiseren via *Grote Projecten* (GP). De kwalificatie "groot" slaat meer op de omvang van het onderzoeksgebied dan op het aantal onderzoekers. Promotie-onderzoeken zullen veelal subprojecten zijn van een GP. Bij een GP zijn betrokken een of meer onderzoekers, (eventueel) adviseurs en onderzoekers. Deze organisatievorm bevordert de flexibiliteit en sluit beter aan bij de realiteit. Het onderzoek in de analyse laat zich nu eenmaal moeilijk in detail plannen of afbakenen in kleine deelgebieden.

Een voorbeeld van een GP is het project Liegroepen, waarbinnen onderzoek plaatsvindt in Amsterdam (CWI) en aan de universiteiten van Leiden, Utrecht, Nijmegen en Groningen. Slechts een klein deel hiervan (twee promotieprojecten) wordt via de WGM Analyse door ZWO gesubsidieerd. Ten aanzien van de invoering van GP's denkt de werkgemeenschap in eerste instantie aan het transformeren en groeperen van bestaande promotieprojecten.

Lopend onderzoek (voor zover ondersteund via de SMC)

- Lie groepen (prof.dr. G. van Dijk, RU Leiden en prof.dr. E.G.F. Thomas, RU Groningen)

- Spectraalanalyse van Wiener-Hopf-integraalvergelijkingen met operatorwaardige kernen en operatormatrices in Toeplitz-vorm (prof.dr. M.A. Kaashoek, dr. H. Bart en prof.dr. I. Gohberg, VU Amsterdam)
- Analytische functies van meer veranderlijken (prof.dr. J. Korevaar, Universiteit van Amsterdam)
- Invariante tori in dynamische systemen (prof.dr. B.L.J. Braaksma, RU Groningen)
- Asymptotische methoden voor de analyse van singuliere storingen in dynamische systemen (prof.dr.ir. W. Eckhaus en dr. A. van Harten, RU Utrecht)
- Quantisatie van 3-vrijheidsgraden systemen (dr. J.A. Sanders, VU Amsterdam en dr. F. Verhulst, RU Utrecht)
- Semi-lineaire, elliptische eigenwaarden problemen (prof.dr. Ph. Clément, TH Delft)
- Asymptotische analyse van resonantie beschreven door niet-lineaire tweede orde hyperbolische differentiaalvergelijkingen (dr.ir. A.H.P. van der Burgh en prof.dr.ir. J.W. Reijn, TH Delft)
- Asymptotische analyse van stromingsgeïnduceerde trillingen (dr.ir. A.M.P. van der Burgh en prof.dr.ir. J.W. Reijn, TH Delft)

LSV ALGEBRA EN MEETKUNDE

De onderzoeksactiviteiten binnen het LSV richten zich vooral op de getaltheorie en de algebraïsche en analytische meetkunde.

Bij de beoordeling van projectvoorstellen op het gebied van de algebra en meetkunde zijn de inhoudelijke kwaliteiten en de waarborg voor een goede begeleiding doorslaggevend. Er worden dus geen prioriteitsgebieden aangewezen. Vermoedelijk hangt het aanbod van goede projecten vooral af van de beschikbaarheid van gekwalificeerde projectuitvoerders. Omdat de ervaringen met grote projecten zoals de nu binnen enkele jaren te beëindigen projecten *Moduli* en *Singulariteiten* erg goed zijn, zullen enkele leden van het LSV binnenkort starten met een nieuw groot project *Arithmetisch-algebraïsche Meetkunde*. Met de afdeling ZW van het CWI onderhoudt het LSV werkcontacten.

Aandachtsgebieden

De voornaamste Nederlandse onderzoeksactiviteiten in de algebra en meetkunde betreffen:

- de getaltheorie, voornamelijk de algebraïsche getaltheorie, de diophantiek en de getaltheorie van een algoritmisch karakter;
- de algebraïsche en analytische meetkunde, met name bijzondere variëteiten, ontappingsen en singulariteiten, De Rham-achtige cohomologieën en arithmetisch-algebraïsche meetkunde;
- groepen en algebra's, waaronder algebraïsche en formele groepen, groepentheorie en algebraïsche K-theorie;
- meetkunde en topologie, waaronder differentiaaltopologie en algebraïsche topologie, differentiaalmeetkunde, meetkundige topologie, algemene topologie, verzamelingstopologie en topologische algebra.

Op het gebied van de algebraïsche en analytische meetkunde is er op dit moment, voor wat betreft het door ZWO gesubsidieerde onderzoek, binnen het LSV sprake van twee zwaartepunten:

- *Singulariteiten*: onderzoek naar ontappingsen en singulariteiten en naar De Rham-achtige cohomologieën (gemengde Hodge-structuren, periode-afbeeldingen, kristallijne cohomologie, D-modulen). Veel van dit onderzoek in Nederland, dat internationaal goed staat aangeschreven, vindt plaats binnen het kader van het door de SMC gesteunde landelijk project.
- *Moduli*: onderzoek naar bijzondere variëteiten (krommen, oppervlakken, drievouden, abelse variëteiten e.d.) en op het gebied van de arithmetisch-algebraïsche meetkunde. Ook dit onderzoek

speelt internationaal een belangrijke rol en is voor een belangrijk deel samengebracht binnen het door de SMC gesteunde project met dezelfde naam.

Lopend onderzoek

- Moduli (dr. C.A.M. Peters, RU Leiden; dr. G.B.M. van der Geer, Universiteit van Amsterdam; prof.dr. F. Oort, RU Utrecht)
- Singulariteiten (prof.dr. J.H.M. Steenbrink, RU Leiden; prof.dr. E.J.N. Looijenga, KU Nijmegen; prof.dr. D. Siersma, RU Utrecht)
- Diophantische approximatie (prof.dr. R. Tijdeman, RU Leiden)
- Primaliteitstests (prof.dr. H.W. Lenstra jr. en dr. P. van Emde Boas, Universiteit van Amsterdam)
- Differentiaalvergelijkingen en formele groepen (prof.dr. M. van der Put, RU Groningen; prof.dr. B. Ditters, VU Amsterdam)

LSV LOGICA EN GRONDSLAGEN VAN DE WISKUNDE

Aandachtsgebieden

Het onderzoek binnen het LSV betreft de volgende gebieden:

- intuïtionisme, constructieve wiskunde;
- combinatorische logica, lambda calculus;
- intensionele logica's;
- verzamelingentheorie, modeltheorie.

De eerste twee onderwerpen zijn zwaartepunten. Dit LSV speelt internationaal een vooraanstaande rol op deze vakgebieden. Naast de traditionele richtingen in het intuïtionisme (waarin Nederland van nature een leidinggevende rol heeft gespeeld) is er in het laatste decennium een nieuwe richting ontstaan. Een topos (ingevoerd door Grothendieck) is in feite een universum voor intuïtionische hogere orde verzamelingenleer. Een aantal constructies van Grothendieck kunnen dan ook verkregen worden als interpretaties van intuïtionistische bewijzen. Hierdoor is er een wederzijds stimulerende invloed ontstaan tussen intuïtionisme en categoriëtheorie.

Het onderzoek in de combinatorische logica staat momenteel internationaal sterk in de belangstelling, doordat het onderwerp theoretisch de basis vormt van een nieuw te ontwikkelen computer, een zogenaamde reductiemachine. Met steun van het Ministerie van O & W, in het kader van het INSP, wordt een interuniversitair project *Parallele reductiemachines* uitgevoerd.

Lopend onderzoek

- Intuïtionistische metamathematica en toepassingen (prof.dr. A.S. Troelstra, Universiteit van Amsterdam; prof.dr. D. van Dalen, RU Utrecht)

LSV MATHEMATISCHE FYSICA

In maart 1983 hebben enige fysici en wiskundigen het initiatief genomen tot de vorming van een samenwerkingsverband op het interdisciplinaire gebied tussen theoretische natuurkunde en wiskunde. Dit samenwerkingsverband is per juni 1986 geformaliseerd en wordt ondersteund vanuit de Stichting FOM en de SMC.

De naam Mathematische Fysica is gekozen in overeenstemming met de terminologie van de International Association of Mathematical Physics (IAMP). Het centrale thema van onderzoek betreft de mathematische structuur van natuurkundige theorieën. Beoefenaren van dit vakgebied zijn wiskundigen en theoretisch natuurkundigen, die proberen enerzijds reeds bestaande doch vaak gebrekkig geformuleerde natuurkundige theorieën wiskundig te onderbouwen en anderzijds uit de structuur van natuurkundige theorieën ideeën op te doen voor nieuwe ontwikkelingen in de wiskunde.

Hoewel het erg moeilijk is een nauwkeurige afbakening van dit vakgebied aan te geven, is een van de criteria de onderlinge wisselwerking van wiskunde en natuurkunde op niet-triviaal niveau. Voorbeelden van onderzoeksgebieden waar die interactie wederzijds vruchten afwerpt, zijn ijktheorieën en vezelbundels, supersymmetrie en Lie-groepen, oneindige quantumsystemen en operatoralgebra's, solitonen en differentiaalmeetkunde, incommensurabele kristallen en groepentheorie, quantumvelden en stochastische processen.

Het gaat hier om onderzoek dat zowel bijdraagt tot de wiskunde als tot de natuurkunde en technische wetenschappen. Nederland heeft op dit interdisciplinair gebied enige achterstand die extra stimulering wenselijk maakt. Het CWI neemt deel in het onderzoek binnen dit LSV.

Lopend onderzoek

- Vertex operatoren en string theorieën (prof.dr. M. Hazewinkel, CWI, en prof.dr. B.Q.P.J. de Wit, RU Utrecht)
- Klassieke mechanica en quantummechanica van systemen met oneindig veel vrijheidsgraden (prof.dr. N.M. Hugenholtz en prof.dr. M. Winnink, RU Groningen)
- Quantum waarschijnlijkheidstheorie (prof.dr. C.L. Scheffer, TH Delft, en prof.dr. N.M. Hugenholtz, RU Groningen)

Appendix: Verklaring van afkortingen

AA	afdeling Algoritmie en Architectuur, CWI
ACCU	Academisch Computer Centrum Utrecht
ACM-SIGGRAPH	Association for Computing Machinery, Special Interest Group on Computer Graphics
AP	afdeling Programmatuur, CWI
BSO	Buro voor Systemontwikkeling BV
CAD	computer aided design
CDC	Control Data Corporation NV
COST	Coopération Scientifique et Technique
CST	Sector Computersystemen en Telematica, CWI
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam
DAISY	Distributed Adaptive Information System
EC	Europese Commissie
ECN	Energie Centrum Nederland
ECU	European Currency Unit
EG	Europese Gemeenschap
ENR	ECN-NSP-Rekencentrum v.o.f.
ESPRIT	European Strategic Programme of Research in Information Technology
FOM	Nederlandse organisatie voor fundamenteel onderzoek der materie
FVI	Facultaire Vakgroep Informatica, Universiteit van Amsterdam
Fte	full time equivalent
GKS	graphical kernel system (basissysteem voor grafische gegevensverwerking)
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, Bonn
IAS	Intentioneel Apparaat Schema
IBM	International Business Machines
IFIP	International Federation of Information Processing
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, Rocquencourt
INSP	Informatica-Stimuleringsplan
IOP	Innovatiegericht Onderzoekprogramma
IS	afdeling Interactieve Systemen, CWI
ISA	Informatie Systemen en Automatisering, Philips
ISO	International Organization for Standardization
ITI-TNO	Instituut voor Toegepaste Informatica TNO
kf	duizend gulden
KNAW	Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen
KUN	Katholieke Universiteit, Nijmegen
LSV	Landelijk Samenwerkingsverband, SMC
MARIN	Maritiem Research Instituut Nederland
MB	afdeling Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie, CWI
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA
MOKUM	Manipulating Objects and Knowledge with Understanding in Mokum
MS	afdeling Mathematische Statistiek, CWI

Mf	1 miljoen gulden
NFI	ationale faciliteit informatica (de in het kader van de Taakverdeling en Concentratie extra te verstrekken middelen voor de informatica)
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
NSP	Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation
NW	afdeling Numerieke Wiskunde, CWI
OBV	Sector Onderzoeksbeheer en -Voorlichting, CWI
PAO	Post Academisch Onderwijs
R&D	Research and Development
RWS	Rijkswaterstaat
SARA	Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam
SEZ	Sector Sociaal Economische Zaken, CWI
SION	Stichting i.o. Informatica Onderzoek in Nederland
SMC	Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam
SPIN	Stimuleringsprojectteam Informatica
STO	Sector Technische Ondersteuning, CWI
STW	Stichting voor de Technische Wetenschappen, Utrecht
SURF	Stuurgroep Samenwerking Universitaire Rekencentra Faciliteiten
THD	Technische Hogeschool Delft
THT	Technische Hogeschool Twente
TNO-IBBC	Instituut voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies TNO
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TW	afdeling Toegepaste Wiskunde, CWI
UvA	Universiteit van Amsterdam
VLSI	very large scale integration
VU	Vrije Universiteit, Amsterdam
VVS	Vereniging voor Statistiek
WGM	Werkgemeenschap, SMC
WL	Waterloopkundig Laboratorium
ZW	afdeling Zuivere Wiskunde, CWI
ZWO	Nederlandse organisatie voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek