

**Beleid Werkgemeenschappen en  
Landelijke Samenwerkingsverbanden  
STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM**

**1989-1993**

**Oktober 1987  
Cur 2758/b**

## Inleiding

Veel van de landelijke projecten binnen de Stichting worden in de eerste plaats gehonoreerd vanwege de hoge kwaliteit van het voorgestelde onderzoek en het vertrouwen dat de projectleider geniet. Het beleid van de Stichting blijft er ook op gericht een groot deel van de financiële ruimte te besteden aan dergelijke projecten. Daarbij zal aan projecten in gebieden van onderzoek die voor de toekomst van groot belang geacht worden extra aandacht worden gegeven.

Daarnaast stimuleert de Stichting een beperkt aantal grotere projecten. Dat geldt vooral voor nieuwe onderzoeksgebieden en daar waar de ondersteuning van landelijke samenwerking van belang wordt geacht. Projecten van deze aard, zoals *Moduli* en *Singulariteiten*, beide in het Landelijk Samenwerkingsverband Algebra en Meetkunde, zijn bijzonder waardevol gebleken. Deze twee projecten lopen binnenkort af en een derde project binnen dit Samenwerkingsverband: *Arithmetisch-algebraïsche Meetkunde* is inmiddels gestart. Ook in andere werkgemeenschappen, zoals de WGM Analyse en de WGM Stochastiek ontstaan dergelijke grote samenwerkingsprojecten.

Het groeiende belang van het wiskunde-onderzoek blijkt ook duidelijk uit het aantal projectaanvragen bij de Stichting. Het aantal nieuw toegekende plaatsen op projecten is, in verhouding tot het aantal aangevraagde plaatsen, van 1983 tot 1986 gedaald van 69% tot 41%. De omvang van het wiskunde-onderzoek in de tweede-geldstroom is, zo blijkt ook in de herbezinningsnota van ZWO, te klein. In de nota, en dit wordt ook van de zijde van de Stichting sterk bepleit, wordt versterking van de wiskunde voorgesteld. In de voorliggende begroting is een stijging over de planningperiode voorgesteld van ongeveer 10 % van het totaal over 1988.

In de volgende bijdragen van de Werkgemeenschappen (WGM-en) en Landelijke Samenwerkingsverbanden (LSV-en) wordt kort een overzicht gegeven van het werkgebied en de lopende projecten. In globale zin wordt vervolgens aangegeven welke onderzoeksgebieden extra stimulering behoeven en op welke terreinen het opzetten van grote projecten zal worden gestimuleerd.

### 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 het gebruik van nieuwe computerarchitecturen) en numerieke methoden in toepassingsgebieden (stromingsleer, statistiek, systeemtheorie).

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 enige jaren 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 SMC-projecten van prof.dr. A.O.H. Axelsson en prof.dr. M.N. Spijker 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 bijvoorbeeld samenwerking op verschillende deelgebieden tussen CWI-TUD-WL- RWS, CWI-TUD-NLR, TUD-MARIN-UT-WL-NLR en CWI-KUN. In de eerste twee gevallen is deze samenwerking gegroeid tot een niveau waarop STW-projecten worden uitgevoerd. 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 hardware) in Nederland waarschijnlijk te gering. Een stimulans op dit terrein, dat een typisch grensgebied is tussen wiskunde en informatica, is wenselijk.

#### *Lopend onderzoek*

- Iteratieve methoden voor lineaire en niet-lineaire partiële differentiaalvergelijkingen (prof.dr. A.O.H. Axelson, KU Nijmegen)
- Analyse van numeriek methoden voor het oplossen van beginwaardeproblemen (prof.dr. M.N. Spijker, RU Leiden)
- Numerieke methoden voor vrije-randproblemen, die niet beschreven worden met (partiële) differentiaalvergelijkingen (prof.dr.ir. P.Wesseling, TU Delft)

#### **WGM Stochastiek**

Het onderzoeksterrein omvat de kansrekening en de statistiek. Mathematische statistiek is de theorie van wiskundige modellen, die geschikt zijn voor praktische problemen waarin toevallige verschijnselen een grote rol spelen. De wiskundige basis van de statistiek is de kansrekening. Bij de ontwikkeling van deze modellen wordt in het bijzonder gelet op de doeltreffendheid, robuustheid en de aanpassing aan de praktische situatie.

De mathematische statistiek is erop gericht methoden te ontwikkelen voor het aanpassen van modellen aan een beperkt aantal waarnemingen, maar ook asymptotische methoden zijn van groot belang. De opzet van experimenten in coördinatie met modelkeuze en statistische analyse van de resultaten vormt een apart hoofdstuk van de statistiek.

Tezamen genomen vormen opzet, modelkeuze, analyse en wijze van trekken van

konklusies een statistische procedure. De taak van de mathematische statistiek kan worden samen gevat als het ontwerpen, bestuderen en vergelijken van statistische procedures. Daarnaast wordt ook de analyse van massale data, vaak zonder duidelijke kans theoretische achtergrond, tot de statistiek gerekend.

De kansrekening is, formeel wiskundig, nauw verwant aan de analyse, i.h.b. de maattheorie. Het eigen karakter van de kansrekening ligt vooral in de bijzondere heuristiek. Zo hebben de kans theoretische toepassingen in o.a. potentiaaltheorie en ergodentheorie een diepere betekenis dan alleen maar een nieuwe wiskundige techniek: zij voegen een nieuwe dimensie toe aan het inzicht in deze onderwerpen. Daarnaast vindt men ook toepassingen, die meer op klassieke analyse gebaseerd zijn. Dit geldt voor een groot deel van de mathematische statistiek, maar b.v. ook in de typische kans theoretische leer van de wachttijden.

Op het gebied van de mathematische statistiek is het onderzoek van verdelingsvrije methoden, empirische verdelingsfuncties en asymptotische statistiek voortgezet. Daarbij wordt thans vooral veel aandacht geschonken aan schattingstheorie bij grote parameterruimten.

Er is voorts veel belangstelling voor tal van meer toegepaste onderwerpen, zoals tijdreeksen, levensduurproblemen, discriminantenanalyse, regressie- en variantie-analyse en toetsen voor aanpassing. In de kansrekening is voortgegaan met het onderzoek naar limietstellingen, stochastische systeemtheorie en speciale stochastische processen zoals: Brownse beweging, stochastische wandeling, Markov ketens, maxima en records, meerdimensionale puntprocessen, stabiele processen, martingaaltheorie, wachttijd- en vernieuwingstheorie en met dit alles direkt verband houdende niet-stochastische wiskundige hulpmiddelen.

Verder wordt onder meer onderzoek verricht naar coderingsproblemen en ergodentheorie, stochastiek in combinatoriek en oneindig deelbaarheid.

#### *Lopende projecten*

- Coderingsproblemen in de ergodentheorie (prof.dr. M.S. Keane, TU Delft)
- Het convex omhulsel van een steekproef in  $R^n$  (prof.dr. L. de Haan, Erasmus Universiteit)
- Multivariate statistische analyse met hoog breekpunt (prof.dr. P. Rousseeuw, TU Delft)
- Statistiek voor grote parameterruimten (prof.dr. F.H. Ruymgaart, KU Nijmegen)

#### **WGM Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie**

De mathematische besliskunde houdt zich bezig met het opstellen 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 breed scala van potentieel bruikbare technieken.

Als voorbeelden van punten waarop onderzoek binnen de werkgemeenschap zich richt kunnen worden genoemd:

1. binnen de mathematische besliskunde:
  - *combinatorische optimalisering*: polyhedrale methoden, probabilistische analyse, parallele berekeningen;
  - *niet-lineaire optimalisering*: niet-differentieerbare en globale optimalisering, parallele berekeningen;
  - *stochastische modellen*: analyse en besturing van communicatienetwerken, risico- en betrouwbaarheidsanalyse;
  - *speltheorie*: oplossingsbegrippen voor coöperatieve spelen, axiomatiche onderhandelingstheorie;
2. binnen de systeem- en regeltheorie :
  - *realisatie en systeemidentificatie*: stochastische realisatie, systeemidentificatie van multivariabele systemen, benaderende realisaties, modelleringsproblemen;
  - *regeltheorie*: robuustheid, regelproblemen voor niet-lineaire systemen, adaptieve regeling;
  - *filtertheorie*: eindig-dimensionale filters voor niet-lineaire systemen, adaptief filteren, filteren met puntproceswaarnemingen.

De motiverende problemen van de besliskunde en de systeemtheorie komen voort uit een breed scala van toepassingsvelden, waaronder de bedrijfskunde, de econometrie, de informatica, de electrotechniek en de werktuigbouwkunde. Voor de ontwikkeling van het vakgebied is het van vitaal belang dat er levendige contacten blijven bestaan tussen theorie en praktijk. De werkgemeenschap, die naar zijn aard als onderdeel van de SMC voornamelijk het meer theoretische deel van het onderzoeksspektrum bestrijkt, stelt zich uitdrukkelijk ten doel de contacten met in de praktijk werkzame onderzoekers te handhaven en waar mogelijk te verstevigen.

#### *Lopende projecten*

- Polyhedrale en polynomiale methoden in de combinatorische optimalisering (prof.dr. A. Schrijver, KU Brabant/CWI)
- Meetkundige aspecten van oneindig dimensionale systemen (prof.dr. R.F. Curtain, RU Groningen)
- Singuliere en singulier gestoorde optimale-besturingsproblemen (prof.dr.ir. M.L.J. Hautus, TU 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, Erasmus Universiteit Rotterdam)
- Markov beslissingsproblemen (prof.dr. A. Hordijk, RU Leiden)
- Gevoeligheidsanalyse voor combinatorische optimalisering (dr.ir. A.W.J. Kolen)

#### **WGM Discrete Wiskunde**

De discrete wiskunde onderzoekt discrete, vaak eindige, wiskundige

structuren. Aangezien dergelijke structuren ook in andere takken van de wiskunde te voorschijn komen, bestaat er een omvangrijke uitwisseling van methoden en problemen tussen de discrete wiskunde en o.a. algebra, meetkunde, besliskunde, informatica. Binnen de discrete wiskunde is een aantal deelgebieden te noemen, zoals (eindige) meetkunde en automorfismengroepen van eindige structuren, designtheorie, coderingstheorie en cryptografie, grafen- en hypergrafentheorie, combinatorische verzamelingsleer.

Zwaartepunten van het in Nederland verrichte onderzoek op het gebied van de discrete wiskunde liggen op de *eindige meetkunde*, de *coderingstheorie*, de *grafentheorie* en de *combinatorische optimalisering*. Hoewel deze deelgebieden onderling vrij onafhankelijk zijn, kan toch een aantal constanten in het in Nederland verrichte onderzoek worden genoemd: vaak wordt gebruik gemaakt van methoden uit de algebra en meetkunde (groepen, lichamen, algebraïsche getaltheorie, eigenwaarden, polyeders); veel van de problemen komen neer op het vinden van een optimale 'stapeling' of 'overdekking' (zie bijvoorbeeld MC Tract 106 Packing and Covering in Combinatorics); de resultaten zijn vaak direct of indirect toepasbaar (b.v. bij het verzenden van informatie, bij het ontwerpen van algoritmen en in de cryptografie).

Mede gezien de te verwachten maatschappelijke behoefte zal de werkgemeenschap waar mogelijk uitbreiding van lopend onderzoek in de algoritmische richting stimuleren. In het bijzonder verdienen hierbij de coderingstheorie, de cryptografie en de combinatorische optimalisering de aandacht.

#### *Lopende projecten*

- Codes en algebraïsche krommen (prof.dr. J.H. van Lint, TU Eindhoven)
- Matrices met lage sneden-rang (prof.dr. A. Schrijver, CWI/KU Brabant)

#### **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.

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-onderzoekers zullen veelal werkzaam zijn in subprojecten van een GP. Bij een GP zijn betrokken één of meer onderzoeksleiders, (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

wordt via de WGM Analyse door ZWO gesubsidieerd. Ten aanzien van de invoering van GP's denkt de WGM in eerste instantie aan het transformeren en groeperen van bestaande promotieprojecten.

#### *Lopende projecten*

- Functietheorie van meer complexe veranderlijken  
(prof.dr. J. Korevaar, UvA)
- Asymptotische analyse van stromingsgeïnduceerde trillingen  
(dr.ir. A.H.P. van der Burgh, TU Delft)
- Liegroepen (prof.dr. G. van Dijk, RU Leiden)
- Semi-lineaire elliptische eigenwaarde problemen  
(prof.dr. Ph. Clément, TU Delft)
- Asymptotische analyse van resonantie beschreven door niet-lineaire tweede orde hyperbolische differentiaalvergelijkingen.  
(dr.ir. A.H.P. van der Burgh, TUD)
- Niet-lineaire elliptische vergelijkingen en Emden-Fowler theorie  
(prof.dr.ir. L.A. Peletier, TU Delft)

#### **Samenwerkingsverband FOM/SMC Mathematische Fysica**

Het Samenwerkingsverband is een interdisciplinair werkverband dat ten doel heeft de bevordering van het wetenschappelijk onderzoek op het disciplinaire gebied van de mathematische fysica. Het samenwerkingsverband is op 19 juni 1986 opgericht tijdens een conferentie te Scheveningen door de daar aanwezige wiskundige en natuurkundige onderzoekers.

De naamgeving van het onderzoeksgebied sluit aan bij de terminologie van de International Association of Mathematical Physics (I.A.M.P.). Het centrale thema van onderzoek betreft de mathematische structuur van natuurkundige theorieën. Beoefenaren van dit vakgebied zijn wiskundigen en theoretische natuurkundigen, die proberen enerzijds reeds bestaande doch minder exact geformuleerde natuurkundige theorieën wiskundig te onderbouwen en anderzijds uit de structuur van natuurkundige en wiskundige theorieën ideeën op te doen voor nieuwe ontwikkelingen in de wiskunde respectievelijk de natuurkunde.

Het samenwerkingsverband stelt zich ten doel in Nederland de communicatie te bevorderen tussen beoefenaars van de wiskunde enerzijds en die van de theoretische fysica anderzijds. Hieruit volgt dat het samenwerkingsverband niet alleen onderzoek op het tussengebied wil bevorderen, maar ook als verbindingskanaal wil dienen tussen de twee genoemde disciplines. Juist in Nederland is deze versterking van de contacten hard nodig: Waar in naburige landen als Engeland en Duitsland om structurele redenen de overgang van natuurkunde naar wiskunde vloeiend verloopt, en waar in de Verenigde Staten de laatste tien jaar veel van de communicatie tussen de vakgebieden is hersteld, dreigt in Nederland de sinds lange tijd bestaande wederzijdse onbekendheid voort te duren, met onvermijdelijk schadelijke gevolgen.

Het samenwerkingsverband richt zich op die contactgebieden tussen wis- en natuurkunde die voor beide disciplines fundamenteel en vernieuwend zijn. Nationaal en internationaal zijn op dit ogenblik de meest actieve terreinen

van contact tussen wis- en natuurkunde de volgende:

- (a) De theorieën van supersymmetrie, "strings" en solitonen, versus de theorieën van Kac-Moody-algebra's en integreerbare systemen;
- (b) De statistische Mechanica en de quantumveldentheorie versus de theorieën van stochastische processen en operator-algebra's;
- (c) IJktheorie versus differentiaalmeetkunde en de theorie van vezelbundels;
- (d) Golfmechanica tegenover niet-lineaire analyse;
- (e) Theorie van quasi-kristallen versus groepentheorie;

Het doel van het Samenwerkingsverband is op al deze terreinen de samenwerking tussen wiskunde en natuurkunde te bevorderen, en algemene bekendheid te geven aan de vorderingen.

#### *Lopende projecten*

- Vertexoperatoren en Stringtheorie (prof.dr. M. Hazewinkel, CWI/RU Utrecht)
- Quantum-kanstheorie (prof.dr. C. Scheffer, TU Delft)
- Benaderingsmethoden voor het berekenen van fase-diagrammen voor random "roostersystemen" (prof.dr. M. Winnink, RU Groningen)

#### **LSV Algebra en Meetkunde**

Het werkterrein van het LSV richt zich op de algebra, de getaltheorie, de algebraïsche en analytische meetkunde, alsmede de topologie. Daarbij worden hulpmiddelen uit andere gebieden van de wiskunde, zoals de analyse, de stochastiek en de discrete wiskunde benut en worden impulsen tot nieuw onderzoek ook gevonden in ontwikkelingen op andere gebieden zoals de informatica en de fysica.

Bij de beoordeling van projectvoorstellen op het gebied van de algebra en meetkunde zijn de inhoudelijke kwaliteiten en de waarborg van 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 nu binnen enkele jaren te beëindigen projecten *Moduli* en *Singulariteiten* erg goed zijn, zijn enkele leden van het LSV inmiddels gestart met een nieuw groot project *Arithmetische-algebraïsche Meetkunde*.

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 arithmetische-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 drie zwaartepunten:

- *Singulariteiten*: onderzoek naar ontaarding 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 arithmetische-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.
- *Arithmetische algebraïsche meetkunde*

#### *Lopend onderzoek*

- Moduli (dr. C.A.M. Peters, RU Leiden)
- Singulariteitentheorie (prof.dr. J.H.M. Steenbrink, RU Leiden)
- Primaliteitstests (prof.dr. H.W. Lenstra jr., UvA)
- Arithmetische algebraïsche meetkunde (prof.dr. J.H.M. Steenbrink)
- Absolute retracten en de compacte uitbreidingseigenschap (prof.dr. J. van Mill, VU Amsterdam)

#### **LSV logica en Grondslagen van de Wiskunde**

Het onderzoek in het LSV is vrij gevarieerd. Er is een substantieel deel van het onderzoek onder de constructieve (intuïtistische) logica, metamathematica en modeltheorie gegroepeerd. Daaronder valt in het bijzonder de bewijstheorie.

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 oorsprong 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 intuïtionistische 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

intuitionisme en categorietheorie.

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.

*Lopende projecten: geen*