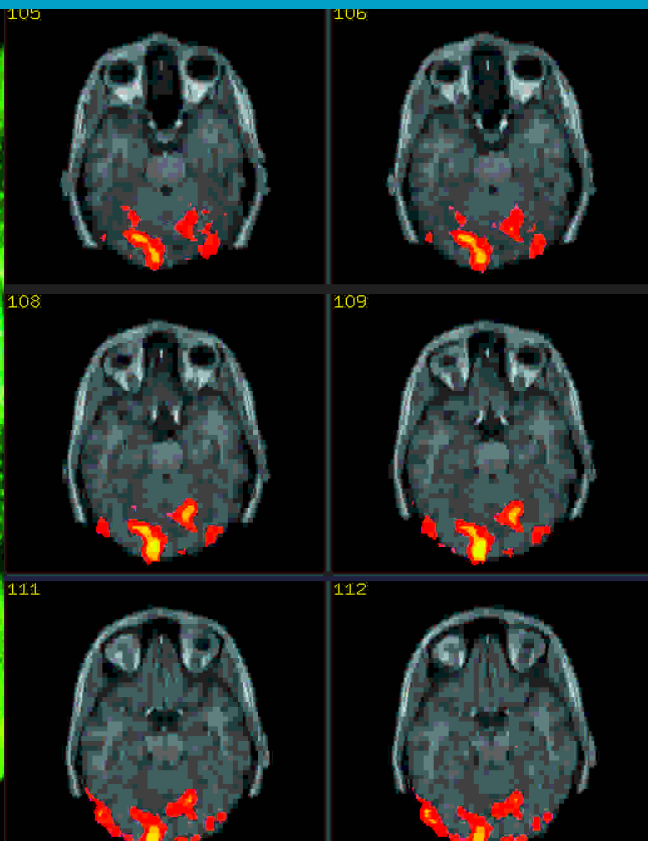
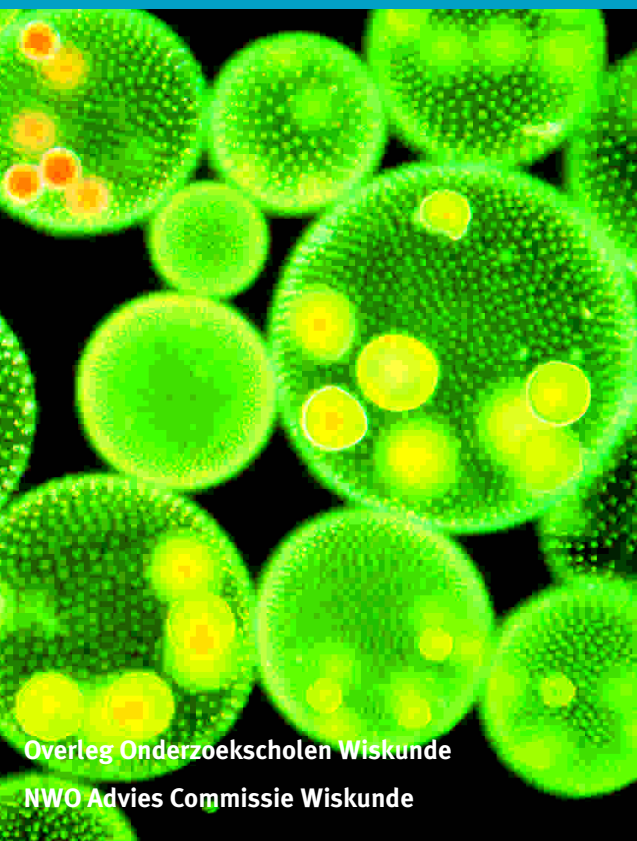


Nieuwe dimensies, ruimer bereik

Een nationale strategie voor wiskundeonderzoek en gerelateerde masteropleidingen



Overleg Onderzoekscholen Wiskunde
NWO Advies Commissie Wiskunde

Nieuwe dimensies, ruimer bereik

Een nationale strategie voor wiskundeonderzoek
en gerelateerde masteropleidingen

Uitgebracht door het nationaal Overleg
Onderzoekscholen Wiskunde in samen-
werking met de NWO Advies Commissie
Wiskunde met ondersteuning van het
bureau NWO

Den Haag, voorjaar 2002

Zelfportretten: wat wiskundigen beweegt

Wiskunde is een springlevend vak dat beoefend wordt door mensen van vlees en bloed. Om dit te benadrukken is deze nota verluchtigd met zelfportretten van zeven jonge onderzoekers die in hun eigen woorden vertellen wat hen motiveert en wat hun ambities zijn.

Alle geportretteerde personen doen wiskunde-onderzoek 'op raakvlakken'. De keuze van deze zeven is vrij willekeurig tot stand gekomen en staat los van het in deze nota gepresenteerde beleid.

Colofon

Deze nota is uitgebracht door het nationaal Overleg Onderzoekscholen Wiskunde in samenwerking met de NWO Advies Commissie Wiskunde met ondersteuning van het gebiedsbureau Exacte Wetenschappen van NWO.

Redactie

prof.dr. M.A. Kaashoek
prof.dr. H.A. van der Vorst
dr. L. Zandee

Redactieadres

NWO Exacte Wetenschappen/Wiskunde
Postbus 93460, 2509 AL Den Haag
E-mail: zandee@nwo.nl

Eindredactie

drs. C.G. Zaal
A. Hafkenscheid

Vormgeving

Kitty Molenaar, Amsterdam

Druk

Giethoorn Ten Brink, Meppel

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
Verantwoording	6
Voorwoord	7
1 Achtergrond en positiebepaling	8
1.1 Voorgeschiedenis	8
1.2 Positie Nederlands wiskundeonderzoek	8
1.3 Nieuwe kansen	9
1.4 Nieuwe onderzoeksleiders, een nieuw elan	10
1.5 Instroom, export en arbeidsmarkt	11
2 Uitgangspunten en doelstelling	13
2.1 Uitgangspunten	13
2.2 Doel van de nota	13
3 Nationale onderzoekambitie	16
3.1 Wiskunde op raakvlakken	16
3.2 Verankering in de wiskunde	17
3.3 Beschrijving thema's 'Wiskunde op raakvlakken'	18
4 Nieuwe koers	23
4.1 Vergroting en concentratie van onderzoeksgroepen	23
4.2 Onderzoekclusters	23
4.3 Omvang hooglerarenbestand en onderzoekclusters	24
4.4 Clustervorming	26
5 Masteropleidingen	28
6 Flankerend beleid	31
6.1 Kennisoverdracht	31
6.2 Centrum voor Wiskunde en Informatica	32
6.3 EURANDOM	32
6.4 Vrouwen in de wiskunde	32
6.5 Studieuomgeving	33
7 Maatregelen	35
7.1 Voorgestelde maatregelen	35
7.2 Kosten	37
7.3 Procedures	37
Bijlagen	
1 Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde	39
2 Public relations	40
3 Raakvlakken met bedrijfsleven en exacte en technische wetenschappen	41
4 Omvang wiskundestaf in 1980, 1990, 2000, 2005	42
5 Verwachte omvang voltijdse leerstoelen in 2005 bij ongewijzigd beleid	43
6 Omvang vaste wiskundestaf in 2000/2001 per deelgebied	44
Referenties	45
Lijst van gebruikte afkortingen en begrippen	48

Samenvatting

Deze nota schetst een beeld van de ambities en mogelijkheden van het wiskundeonderzoek in Nederland vanuit een nationaal perspectief. Uitgangspunt is dat het voor de Nederlandse wetenschap en economie noodzakelijk is dat Nederland aanwezig blijft in de voorhoede van het internationale wiskundeonderzoek. De nota mondt uit in een pleidooi voor een gerichte versterking van het universitaire wiskundeonderzoek en doet daartoe een aantal concrete voorstellen. Omdat in de optiek van deze nota onderzoek en onderwijs nauw verweven zijn, hebben deze voorstellen ook consequenties voor het universitaire onderwijs.

Nieuwe kansen

Het bereik van de wiskunde heeft zich in de laatste decennia enorm uitgebreid. Waren vroeger alleen de klassieke bètawetenschappen afnemers van geavanceerde wiskunde, tegenwoordig vinden de modernste wiskundige technieken hun weg in de financiële sector, telecommunicatie, de levenswetenschappen, medische techniek, informatica, economie en datamanagement.

Bij verschillende Nederlandse onderzoekinstellingen zijn nieuwe onderzoeksleiders aangetreden of worden in de komende jaren aangesteld. Om adequaat op het bredere onderzoeksbereik in te spelen heeft de nieuwe generatie van onderzoeksleiders meer middelen nodig dan de eerste en tweede geldstroom nu bieden. De onderzoeksleiders worden verder geconfronteerd met een te lage instroom van wiskundestudenten, dalende budgetten en een krimpende personeelsbezetting. Kon tot 1990 het veld van afnemers redelijk door de academische wiskundewereld worden bediend, daarna werden steeds meer tekorten merkbaar. Deze ontwikkeling, die bedreigend is voor de positie van Nederland als kennisland, mag niet tot gevolg hebben dat het universitaire wiskundeonderzoek zijn nationale functie niet kan waar maken.

Stimulering van onderzoek op raakvlakken

Grensverleggend onderzoek vindt veelal plaats wanneer inzichten van verschillende specialisaties kunnen worden overgedragen, vaak onder invloed van klemmende problemen die van buiten de wiskunde komen. Om het wiskundeonderzoek voldoende massa te geven en zo kansrijk mogelijk te

positioneren, stelt deze nota voor om het Nederlandse wiskundeonderzoek richting te geven vanuit het koepelthema 'Wiskunde op raakvlakken'. In concreto betekent dit dat het zwaartepunt van het onderzoek gelegd wordt op raakvlakken tussen de wiskunde en problemen buiten de wiskunde en op raakvlakken tussen wiskundige deelgebieden onderling.

Om zowel de positie in de internationale voorhoede te behouden, de nationale kennismarkt adequaat te kunnen bedienen, verbodde van het onderzoek tegen te gaan en samenwerking met andere disciplines te bevorderen, wordt het onderzoek gestructureerd langs een aantal thema's: 'Wiskunde en levenswetenschappen', 'Wiskunde en beeldverwerking', 'Wiskunde en scientific computing', 'Wiskunde en netwerken', 'Financiële wiskunde', 'Wiskunde en dynamica' en 'Wiskunde en theoretische natuurkunde'. Deze thema's overdekken gezamenlijk een belangrijk deel van het wiskundeonderzoek. Hiermee kan de Nederlandse kennismarkt goed bediend worden.

Voor het universitaire wiskundeonderzoek zouden er, inclusief de onderwijsvraag, ongeveer 120 hoogleraren in de wiskunde werkzaam moeten zijn. Dit komt neer op een inzet van 15 hoogleraren gemiddeld per thema. Dit komt goed overeen met de grootte van concurrerende onderzoeksgroepen in het buitenland. De gevraagde capaciteit van 120 hoogleraren staat tegenover het huidige aantal van 90 en 72 à 74 in 2005 bij ongewijzigd beleid. Dit betekent op termijn een verschil van ongeveer 45-50 hoogleraarposities en een toename van 30 ten opzichte van de huidige situatie.

Concentratie van onderzoek

Om het universitaire wiskundeonderzoek in Nederland doelmatig te laten zijn en toegankelijker te maken voor problemen van buitenaf, is een vergroting en concentratie van onderzoeksgroepen nodig. Een *onderzoekcluster* is een dynamische onderzoeksgroep van een grootte die bepaald wordt door een breed takenpakket in het onderzoek en een taak in kennisoverdracht. Een onderzoekcluster heeft de volgende samenstelling: vier à zes hoogleraren, vier UHD's, vier UD's, acht tot twaalf promotieonderzoekers en een aantal postdoctorale onderzoekers. Een onderzoekcluster omvat wiskundigen met verwante disciplinaire expertise, maar zal in het algemeen meer dan één raakvlakthema bedienen om verstarring van het onderzoek tegen te gaan. In Nederland dient er ruimte te zijn voor twaalf à veertien onderzoekclusters.

Masteropleidingen wiskunde

De masteropleidingen zijn in de optiek van deze nota direct aan het onderzoek gerelateerd. Het ligt voor de hand dat gespecialiseerde (delen van de) masteropleidingen plaats zullen vinden rond onderzoekclusters. Deze nota pleit daarom voor een landelijke aanpak voor de masteropleidingen wiskunde. In het bijzonder wordt voorgesteld twee internationaal concurrerende, thema-gerichte

masteropleidingen in te stellen aansluitend bij 'Wiskunde op raakvlakken'.

Voorgestelde maatregelen

- 1 Stel extra onderzoeksleders aan van hoogleraar-niveau met bijbehorende onderzoeksgroep. Aansluitend bij de lokale initiatieven en de reeds bestaande profilering kan de vorming van twaalf à veertien onderzoekclusters op deze wijze over een periode van vijf tot tien jaar plaatsvinden.
- 2 Vergroot het NWO-wiskundeonderzoeksbudget.
- 3 Zet twee internationaal concurrerende masteropleidingen op. Stel deze via een beurzenprogramma in staat om buitenlands talent te werven.
- 4 Breid het NWO-programma 'Leraar in onderzoek' uit naar twintig posities per jaar.
- 5 Ondersteun de verdere opbouw van EURANDOM.
- 6 Geef vrouwen betere kansen in het wiskundeonderzoek en financier op dit gebied stimulerende maatregelen.
- 7 Neem jonge wiskundestudenten via student-assistentieschappen vroeg op in de wiskundige werkomgeving.

Kosten

De totale kosten van deze maatregelen bedragen 39,8 miljoen euro over een periode van vijf jaar, zie tabel 1.

jaar	2002	2003	2004	2005	2006	totaal
kosten	2,8 M€	5,2 M€	8,6 M€	11,2 M€	12,0 M€	39,8 M€

Tabel 1 Financieel overzicht van de voorgestelde maatregelen

Verantwoording

Deze nota is uitgebracht door het nationaal Overleg Onderzoekscholen Wiskunde (OOW) in samenwerking met de NWO Advies Commissie Wiskunde (ACW) met ondersteuning van het gebiedsbureau Exacte Wetenschappen NWO. De inhoud is tot stand gekomen in overleg met het bestuur van de Akademie Raad voor de Wiskunde en met vertegenwoordigers van de Nederlandse wiskunde-instituten.

Samenstelling Overleg Onderzoekscholen

Wiskunde

- Prof.dr. M.A. Kaashoek (voorzitter)
- Prof.dr. J.H.M. Steenbrink
(wetenschappelijk directeur MRI)
- Prof.dr. R. Tijdeman
(wetenschappelijk directeur Stieltjes Instituut)
- Prof.dr.ir. H.C.A. van Tilborg
(wetenschappelijk directeur EIDMA)
- Prof.dr. R.M.M. Mattheij
(vertegenwoordiger Burgerscentrum)
- Prof.dr. H. Nijmeijer (vertegenwoordiger DISC)
- Prof.dr. H.A. van der Vorst
(voorzitter Adviescommissie Wiskunde NWO)
- Prof.dr. H.W. Broer
(voorzitter kamer Wiskunde VSNU)
- Vertegenwoordiger CWI
- Vertegenwoordiger EURANDOM

Adviseurs Overleg Onderzoekscholen Wiskunde

- Prof.dr.ir. O.J. Boxma
(lid gebiedsbestuur NWO-EW)
- Dr. A.P. Meijler (directeur NWO-EW)

Leden Advies Commissie Wiskunde NWO

- Prof.dr. H.A. van der Vorst (voorzitter)
- Prof.dr. G.B.M. van der Geer - tot 1 dec 2001
- Prof.dr. W.Th.F. den Hollander
- Prof.dr. J.K. Lenstra
- Prof.dr. I. Moerdijk - vanaf 1 dec 2001
- Prof.dr. S.M. Verduyn Lunel

Instituutvertegenwoordigers

- Prof.dr. H.W. Broer (RUG)
- Prof.dr. F.M. Dekking (TUD)
- Prof.dr. G. van Dijk (UL)
- Prof.dr.ir. E.W.C. van Groesen (UT)
- Prof.dr. T.H. Koornwinder (UVA)
- Prof.dr. J.K. Lenstra (TUE)
- Prof.dr. J.M. Schumacher (KUB)
- Prof.dr. D. Siersma (UU)
- Prof.dr. J.H.M. Steenbrink (KUN)
- Prof.dr. A.W. van der Vaart (VU)

Leden bestuur Akademie Raad voor de Wiskunde

- Prof.dr.ir. L.A. Peletier (voorzitter)
- Prof.dr. J. van de Craats
- Prof.dr. M.A. Kaashoek
- Prof.dr. M.S. Keane
- Drs. A.T. Langeveld
- Prof.dr. J.K. Lenstra

Voorwoord

Bijna dagelijks vindt recent wiskundeonderzoek nieuwe toepassingen: in de optiehandel, de computerindustrie, de mobiele telefonie, in databeveiliging, satellietcommunicatie, routeplanners, het modelleren en sturen van goederenstromen, in de chipknip, het groot-schalig rekenen ten behoeve van hydrodynamica en aerodynamica, et cetera. Weinigen zijn zich ervan bewust dat het hier ook om *wiskundige* nieuwigheden gaat: dat al deze innovaties voortdurend vragen om de ontwikkeling van nieuwe stukken wiskunde of om de aanscherping van wiskundige ideeën en resultaten op nieuwe situaties.

Wiskunde is een wetenschap in ontwikkeling. Wiskunde is nooit 'af'. Er is een overvloed aan onopgeloste vragen. Veel van die vragen komen vanuit de wiskunde zelf. Binnen de wiskunde worden voortdurend nieuwe ontdekkingen gedaan. Daarnaast geven nieuwe toepassingen aanleiding tot de ontwikkeling van nieuwe stukken wiskunde. De opkomst van de computer heeft hierbij voor een geweldige stroomversnelling gezorgd.

Het maatschappelijke nut van de wiskunde, zoals dat tot uiting komt in mogelijkheden om de werkelijkheid te simuleren, om modellen door te rekenen en consequenties van maatregelen en beleidsbeslissingen te analyseren, is daarmee op een tot voor kort ondenkbaar geachte wijze toegenomen. Maatschappelijk nut betekent ook economisch nut. Nederland als kennisland is gebaat bij voortdurende innovaties in wetenschap, techniek en dienstverlening. Bij zulke innovaties speelt de wiskunde een sleutelrol.

Deze nota beschrijft vanuit nationaal perspectief het kader waarbinnen de Nederlandse wiskunde haar belangrijke maatschappelijke rol ook in de toekomst kan blijven vervullen. De gezamenlijke onderzoekscholen Wiskunde en de NWO Adviescommissie voor de Wiskunde beogen daarmee beleidsmedewerkers bij de overheid, bestuurders van universitaire instellingen en het bedrijfsleven een leidraad te verschaffen bij de besluitvorming met betrekking tot het wiskundeonderzoek. Over de nota is uitgebreid overleg geweest met de onderzoekers zelf en met de vertegenwoordigers van de wiskunde-instituten. Zodoende is reeds een breed draagvlak verworven.

De nota sluit aan bij de NWO-EW Strategienota 2002-2005, zowel wat betreft de doelstellingen als wat betreft de voorgestelde maatregelen, en mag mede gezien worden als reactie op de AWT-nota *Vitaliteit en kritische massa*.

Aan de totstandkoming van de nota hebben velen bijgedragen. Voorbereidende en afrondende discussies werden met verschillende personen en gremia gevoerd. Alle gesprekspartners, ook degenen die schriftelijk hebben gereageerd, verdienen onze dank. In het bijzonder zijn wij dank verschuldigd aan mevr. dr. A.P. Meijler, directeur NWO-gebied Exacte Wetenschappen, voor haar adviezen en suggesties en aan dr. L. Zandee, beleidsmedewerker wiskunde bij NWO-EW, voor de beleidsondersteuning en hulp bij de redactie. Drs. C.G. Zaaij heeft ons op voortreffelijke wijze geholpen bij de uiteindelijke vormgeving van de nota.

Prof.dr. M.A. Kaashoek voorzitter OOW

Prof.dr. H.A. van der Vorst voorzitter ACW

1 Achtergrond en positiebepaling

Het Nederlandse wiskundeonderzoek bevindt zich anno 2002 in een spannende fase. Er verandert veel, op verschillende fronten tegelijk. Meer dan vroeger worden ontwikkelingen landelijk gecoördineerd. In internationale vergelijkingen doet het Nederlandse wiskundeonderzoek het uitstekend. Er dienen zich tal van nieuwe onderzoeksmogelijkheden aan, waarop de nieuw aantredende onderzoeksleders zouden moeten inspringen. Ze worden daarbij gehinderd door een lage studenteninstroom, export van kennis en concurrentie van het bedrijfsleven bij het werven van schaars talent.

1.1 Voorgeschiedenis

In het rapport *De toekomst van het Wiskundeonderzoek in Nederland*, in 1999 uitgebracht door de Akademie Raad voor de Wiskunde (zie referentie [6]), wordt de Nederlandse wiskundeonderzoekscholen gevraagd een platform te vormen dat landelijke zwaartepunten en stimuleringsgebieden kiest. Deze aanbeveling werd ingegeven door de conclusie dat zonder verder ingrijpen “*de kwaliteit en capaciteit van de wiskundebeoefening zodanig wordt aangetast dat een veelheid van wetenschapsgebieden en maatschappelijke sectoren daarvan schade zullen ondervinden*”. Deze aanbeveling lag in het verlengde van een discussie over de verwachte en gewenste ontwikkeling van het wiskundeonderzoek, geïnitieerd door het Rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde [1] uit 1992, een discussie die door het verschijnen van het AWT-rapport *Vitaliteit en kritische massa* [5] extra urgent werd. De betreffende aanbeveling heeft geleid tot de vorming van het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde (OOW) en tot de onderhavige nota.

In het OOW participeren het *Euler Institute for Discrete Mathematics*, het *Mathematisch Research Instituut* en het *Thomas Stieltjes Instituut voor Wiskunde*, alle drie onderzoekscholen met wiskunde als hoofdtaak. Verder zijn twee onderzoekscholen betrokken die belangrijke activiteiten hebben op het gebied van de wiskunde: het *J.M. Burgerscentrum* en het *Dutch Institute for Systems and Control*. In het overleg participeren ook de Advies Commissie Wiskunde (ACW) van het Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen van NWO

en de kamer Wiskunde van de VSNU. De meningsvorming binnen het OOW wordt gecoördineerd met de directeurs van het CWI en EURANDOM en het bestuur van de Akademie Raad voor de Wiskunde. Op deze wijze is een goed nationaal kader gevormd voor overleg over en afstemming van het wiskundeonderzoek in Nederland (zie verder bijlage 1).

1.2 Positie Nederlands wiskundeonderzoek

Het wiskundeonderzoek in Nederland is van hoog niveau. Veel van het onderzoek behoort tot de wereldtop. Deze kwalificaties zijn afkomstig uit het rapport van de VSNU Visitatiecommissie voor Wiskunde en Informatica van 1997. Het beeld wordt bevestigd door een Science-publicatie eveneens uit 1997: in een ‘ranking’ van alle landen volgens de relatieve citatie-impact (dat wil zeggen het aantal citaties gedeeld door het aantal publicaties) eindigde Nederland in 1997 in de top vijf [4]. De omvang van het wiskundeonderzoek is (vergeleken met andere EU-landen) echter relatief klein. De wetenschap- en technologie-indicatoren 2000 in [8] geven een zelfde beeld. Tabel 3.5 op pagina 50 in [8] laat zien dat de specialisatiegraad van de wiskunde (dat wil zeggen, het aandeel van Nederlandse artikelen op het gebied van de wiskunde in het totaal van alle Nederlandse wetenschappelijk publicaties) 31% lager is dan het EU-gemiddelde, terwijl anderzijds de mondiale citatie-impact niet afwijkt van het EU-gemiddelde en ten opzichte van de top (1% van meest geciteerde publicaties) ongeveer 25% hoger ligt. Dat laatste is weer in

overeenstemming met de eerder genoemde ‘ranking’ in het artikel uit Science.

Het universitaire wiskundeonderzoek omvat meer dan alleen het onderzoek binnen de wiskunde-afdelingen en -instituten. Kwalitatief goed wiskundeonderzoek, op hoogleraarsniveau, vindt ook plaats binnen faculteiten zonder een eigen wiskunde-opleiding. Dit betreft niet alleen de universitaire instellingen zonder een studierichting Wiskunde (EUR, KUB, WU en UM) maar ook enkele faculteiten voor economische en technische wetenschappen bij andere instellingen.

1.3 Nieuwe kansen

Het werkkterrein van de wiskunde is de laatste decennia aanzienlijk verbreed. Dit is een internationale ontwikkeling. Ook binnen de eigen nationale universiteiten en onderzoeksinstellingen is de laatste jaren veel veranderd. Al deze veranderingen bieden de Nederlandse wiskunde nieuwe mogelijkheden.

Ruimer bereik

Onze kennismaatschappij ontwikkelt zich in hoog tempo. De snelle veranderingen nopen tot een verbreding en verschuiving van het wiskundig werkgebied. Geavanceerde modellering van industriële en economische processen, de zich snel ontwikkelende levenswetenschappen, moderne communicatietechnieken, veiligheids- en privacy-vraagstukken, grootschalige gegevensverwerking in wetenschappelijke en maatschappelijke vraagstukken – al deze ontwikkelingen vragen om nieuwe wiskundige technieken en toepassingen. Meer dan voorheen is fundamenteel wiskundeonderzoek hier een bepalende voorwaarde voor succes, zie de publicaties [2a]-[2c]. Dit geldt niet alleen voor de traditionele sectoren zoals industrie en techniek, maar in toenemende mate ook voor de dienstensector: banken en verzekeraars, communicatie en transport.

We noemen een paar ontwikkelingen die het ruimere bereik en de onmisbaarheid van de wiskunde illustreren.

- **Biomathematica en levenswetenschappen.** De biologie verruimt meer en meer haar werkkterrein van beschrijving en taxonomie (wat ook de nodige wiskunde vraagt) naar een natuurwetenschappelijke analyse en verklaring. Dit is een gevolg van de ongekende mogelijkheden tot controle van individuele biologische processen en moleculen door middel van gerichte genetische modificatie en door de ontwikkeling van geavanceerde fysische technieken voor het volgen van levensprocessen ‘in vitro’ en ‘in vivo’. Het resultaat is enorme hoeveelheden data over het collectieve gedrag van processen in de tijd (bijvoorbeeld de concentratie van zogenaamde biomarkers in een levend organisme). Dit vereist een verdere mathematisering die zich uitstrekt naar alle sectoren van de levenswetenschappen. Hierin spelen ook vragen op het terrein van de populatiedynamica en populatiegenetica een rol. Tomografie is eveneens een belangrijk interactiegebied voor wiskunde en levenswetenschappen. Het reconstrueren van driedimensionale vormen (bijvoorbeeld van tumoren) uit tweedimensionale projecties is een cruciale toepassing van wiskundige techniek, met nog vele open vragen, bijvoorbeeld hoe met minder stralingsbelasting dezelfde informatie verkregen kan worden.
- **Grootschalig rekenen.** Nieuw is de toenemende omvang en complexiteit van de problemen die wiskundig moeten worden gemodelleerd. Dit stimuleert weer de vraag naar nog verfijnder en realistischer modellen, waarvoor doorgaans nieuwe wiskunde ontwikkeld moet worden. Onzekerheid in de gegevens kan bij het onderzoek van kleinschalige goed geformuleerde fysische modelproblemen verwaarloosd worden, maar dit is onverantwoord bij het analyseren van grootschalige problemen met verschillende componenten, zoals bij biologische processen of medische toepassingen. Dit levert nieuwe wiskundige uitdagingen waarbij de huidige grenzen van wat mogelijk is worden overschreden.
- **Security, privacy en automatisering.** De explosief toenemende automatisering vraagt enerzijds om nieuwe wiskundige kennis voor privacy en security, anderzijds om overdracht van bestaande wiskun-

dige kennis nodig om betrouwbare software te garanderen. Er zijn uitdagende verbanden met combinatorische en getaltheoretische problemen zoals de structuur van elliptische krommen en de priemontbinding van grote getallen.

- **Datamining.** Automatische gegevensverwerking in genoomanalyses, biotechnologie, medische techniek, economie en marketing leidt tot enorme databestanden die geanalyseerd moeten worden. Dat kan niet met de hand. Vaak moet dit ook nog in 'real time' gebeuren, bijvoorbeeld bij medische toepassingen. Voor systematisch onderzoek naar structuur en patronen zijn wiskundige methoden nodig. Dat eist kennis van de meest geavanceerde wiskunde en oplossing van nieuwe wiskundige problemen.
- **Maatschappij- en gedragswetenschappen.** Voor de wiskunde ligt hier een enorm terrein braak met interessante en belangrijke uitdagingen (zie [2c]) verband houdend met een onvermijdelijke mathematisering en analytische inbedding van deze wetenschappen. Het beschikbaar komen van immense hoeveelheden ongelijksoortige en vaak incomplete data, en het ook hier sterk toegenomen computergebruik vereist geavanceerde wiskundige modellen om de slag met de complexiteit aan te gaan.

Dat het bereik van de wiskunde zich in de laatste decennia enorm uitgebreid heeft, is natuurlijk geen specifiek Nederlandse aangelegenheid, maar een internationale ontwikkeling die prachtig in kaart is gebracht in het volumineuze *Mathematics Unlimited - 2001 and Beyond* (zie [10]).

Richtinggevende wiskundige problemen

Het wiskundeonderzoek wordt ook gestuurd door grote richtinggevende problemen uit de wiskunde zelf. Zo heeft het *Clay Mathematics Institute* voor de oplossing van zeven fundamentele problemen geldprijzen van elk een miljoen dollar uitgelooft (zie [9]).

Dit vanuit de wiskunde gestuurde onderzoek is niet introvert en staat niet op zichzelf. Bijvoorbeeld het eeuwenlang zoeken naar een bewijs van de

laatste stelling van Fermat heeft belangrijke nieuwe wiskunde met zich mee gebracht: omstreeks 1840 de ontwikkeling van de algebraïsche getaltheorie en in 1980-2000 die van de arithmetische algebraïsche meetkunde op het raakvlak van de getaltheorie en de meetkunde. Dergelijke ontwikkelingen brengen ook vaak onverwachte mogelijkheden voor toepassingen met zich mee.

De nieuwe bachelor-master structuur

De nieuwe opdeling van de doctoraal-programma's in een bachelor- en een masterfase biedt de mogelijkheid aantrekkelijke aan het onderzoek gekoppelde master-programma's te vormen die een harde kern hebben van fundamentele wiskunde en een aantrekkelijke interactie met verwante toepassingsgebieden. Met dergelijke hoogwaardige en internationaal concurrerende programma's kan het beroepsperspectief voor aanstaande onderzoekers verbeterd worden.

1.4 Nieuwe onderzoeksleiders, een nieuw elan

Bij verschillende onderzoekinstellingen in Nederland zijn nieuwe leiders voor het wiskundeonderzoek aangetreden of worden in de komende jaren aangesteld. Het aantreden van de nieuwe onderzoeksleiders, waaronder een Spinoza-laureaat en twee NWO-pioniers, zorgt voor een nieuw elan. Ook de start in 1998 van het onderzoeksinstituut EURANDOM, gericht op Europese samenwerking, biedt nieuwe mogelijkheden, met name voor de stochastische onderdelen van de wiskunde. De afgelopen twee jaar zijn onderzoeksthema's geëntameerd die er op gericht zijn wiskunde te ontwikkelen in samenhang met nieuwe en maatschappelijk aantrekkelijke toepassingsgebieden. Zo was in 2000 Financiële Wiskunde onderwerp van een nationaal jaarthema. Ook heeft de Nederlandse wiskunde haar betrokkenheid bij de levenswetenschappen vergroot. EURANDOM heeft een speciaal programma opgezet rond moleculaire biologie. Vanuit de sectie Wiskunde van NWO is 'Wiskunde en levenswetenschappen' voor 2001 aangemerkt als jaarthema met als doel toekomstige researchthema's op dit terrein te identificeren.

Deze ontwikkelingen zijn veelbelovend en verdienen verdere steun.

Profilering

Van onderen af is bij de wiskundeafdelingen en -instituten een zekere profilering en vorming van speerpunten ontstaan. Met een speerpunt van onderzoek wordt bedoeld een meer dan gewone (kwalitatief en/of kwantitatief) inspanning van een instelling vanuit de eerste geldstroom op een deelgebied, tot uitdrukking komend in een clustering van samenhangende leerstoelen. Bijlage 6 toont de verschillen bij de instellingen per deelgebied van de wiskunde en concentraties van onderzoek zoals deze in de afgelopen jaren zijn ontstaan. Maar er is meer gaande. Achter de concentratie op deelgebieden is er bij sommige instellingen sprake van een (niet in de tabel zichtbare) profilering op welgekozen onderzoeksrichtingen. Voorbeelden: getaltheorie aan de Universiteit Leiden en mathematische fysica aan de Universiteit van Amsterdam.

Samenwerking

Van bovenaf werken de onderzoekscholen wiskunde nationaal samen om hoogwaardige en internationaal vooraanstaande post-doctorale opleidingen te organiseren. Deze samenwerking heeft zich uitgebreid tot een samenwerking op het gebied van onderwijs aan aio's, oio's en hogerejaars studenten: geslaagde voorbeelden zijn de masterclasses van het MRI, de E IDMA-minicursussen, de landelijke cursussen van DISC en de Stieltjesweken. Aanbevelingen uit het AWT-rapport (zie [5]) zijn hier op een voor de wiskunde aantrekkelijke wijze uitgevoerd.

Het nieuwe elan is ook zichtbaar in de verschillende stappen die de Nederlandse wiskundige gemeenschap heeft genomen ter versterking van de positie van de wiskunde. In het bijzonder is er sprake van een beduidende toename in de 'public relations', erop gericht het imago van de wiskunde in Nederland te verbeteren (zie bijlage 2). Ook richting industrie en bedrijfsleven zijn stappen gezet die leiden tot intensivering van de samenwerking (zie bijlage 3). De totstandkoming van het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde, mede geïni-

tieerd door de Akademie Raad voor de Wiskunde, heeft gezorgd voor een versterking van de bestuurlijke positie van het wiskundeonderzoek in Nederland.

De hier geschetste initiatieven en ontwikkelingen zijn hoopgevend, maar hangen nog te veel af van het enthousiasme van een klein aantal personen. Een blijvende verankering moet vaak nog plaatsvinden.

1.5 Instroom, export en arbeidsmarkt

Er is een belangrijke reden om vanuit een nationaal perspectief meer dan gewone aandacht aan de wiskunde te geven. De relatief kleine maar sterke onderzoekspositie van de wiskunde wordt bedreigd.

Al meer dan tien jaar worden de universitaire instellingen in Nederland geconfronteerd met een te lage instroom van wiskundestudenten. Als gevolg hiervan staan bij alle instellingen de budgetten voor de wiskundeafdelingen en -instituten onder zeer hoge druk. Dit heeft een dramatische reductie van de wiskundestaf met zich mee gebracht (zie bijlage 4) en een aanzienlijke netto export van excellente jonge onderzoekers naar het buitenland ([6], pagina 46). Bij ongewijzigd beleid zal deze negatieve ontwikkeling zich de komende jaren voortzetten, zie bijlagen 4 en 5. Deze ontwikkeling is bedreigend voor de positie van Nederland als kennisland. Kon tot 1990 het veld van afnemers redelijk door de academische wiskundewereld worden bediend, daarna werden steeds meer tekorten merkbaar. Zo is er bijvoorbeeld nu, begin 2002, een nijpend tekort aan statistici. Niet alleen in het bedrijfsleven – ook in de academische wereld blijven vacatures voor statistici onvervuld.

**Geboren**

27 januari 1969

Werkzaam bij

- Centrum voor Wiskunde en Informatica (Amsterdam)
- TU Eindhoven

Onderzoeksterrein

- Partiële differentiaalvergelijkingen

Promotie

- 'Problems in Degenerate Diffusion', Universiteit Leiden, 1997.

Promotor

- Prof.dr.ir. C.J. van Duijn

Werkt samen met

- Joke Blom
- Ignacio Guerra
- Bob Planqué (allen CWI)
- Hans van Duijn
- Johan Dubbeldam (beiden TUE)
- Instituut voor Moleculair-Biologische Wetenschappen (VU)
- Swammerdam Institute for Life Sciences (UvA)
- University of Utah
- Thomas Jefferson University (Philadelphia)
- University of Bath (UK)
- Heriot-Watt University (Edinburgh)
- University College (London, UK)
- Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)
- Université de Savoie

Financiering

- CWI
- EPSRC (UK)
- NWO
- ICES-KIS
- EU (TMR)

Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Mark Peletier

Eén van mijn interesses is de mechanica van cellulaire systemen. De biologie en biochemie hebben zich traditioneel gestort op de chemische aspecten van cellulaire processen. Veel ruimtelijke aspecten van het cellulaire leven zijn daarbij buiten beschouwing gebleven. Vooral de mechanica van de verschillende componenten van de cel is een onderbelicht onderwerp.

Op de schaal van een levende cel komen twee tot voorheen gescheiden wiskundige gebieden samen: reactie-diffusiesystemen, die de reactie en het transport van chemisch actieve stoffen beschrijven, en continue mechanica, die beschrijft hoe vaste stoffen en vloeistoffen reageren op vervorming. De versmelting van deze twee typen levert niet-lokale reactie-diffusievergelijkingen op van een type waarover wiskundig nog niets bekend is. Vóór ons ligt de uitdaging om de theorie van deze systemen te ontwikkelen!

Motivatie Onze samenleving legt een steeds grotere nadruk op technologie. Niet alleen de technologie van bruggen, dijken, auto's, en mobiele telefoons, maar ook de technologie van het levende organisme. Als wij betere geneesmiddelen willen maken, dan moeten wij de technologie van de levende cel beter beheersen. Als wij in de interactie tussen mens en natuur verstandige keuzes willen maken, moeten we begrijpen hoe onze daden in het ecosysteem ingrijpen. De roep om gedegen begrip van levende systemen neemt alsmaar toe.

In de woorden 'begrip' en 'technologie' ligt een belangrijke component van wiskunde verborgen. Levende systemen zijn lastig te begrijpen vanwege hun enorme complexiteit. Temidden van deze complexiteit is de wiskunde essentieel voor ordening, simplificatie, reductie en inzicht. Mijn bijdrage bestaat uit het ontwikkelen van de theorie die daarvoor nodig is.

Ambitie De wereld om ons heen is een uitdaging: ik wil wiskunde ontwikkelen en gebruiken om die wereld beter te begrijpen.

Werkwijze Wetenschap is teamwork. Dit is meer dan een simpel 'twee weten meer dan één'. Uit de mix van verschillende achtergronden ontstaat een soort begrip dat uniek is voor samenwerking. In een multidisciplinaire context is dit effect sterker dan ooit: communicatie tussen disciplines vergt een enorme investering, maar het resultaat is navenant. Onze banden met wiskundigen en anderen, zowel in Nederland als elders, zijn daarom essentieel voor ons onderzoek.

2 Uitgangspunten en doelstelling

In het vorige hoofdstuk is de complexe situatie geschetst waarin het Nederlandse wiskundeonderzoek zich bevindt. In deze nota presenteert het landelijk Overleg Onderzoekscholen Wiskunde een strategische, op de toekomst gerichte visie. De fundamenten van deze visie worden in dit hoofdstuk uiteengezet.

2.1 Uitgangspunten

Ten behoeve van een heldere presentatie worden eerst de uitgangspunten geformuleerd die ten grondslag liggen aan de uitwerking van een nationale strategie voor het wiskundeonderzoek.

- Het is voor de Nederlandse kenniseconomie noodzakelijk dat de Nederlandse wiskunde actief blijft in de voorhoede van het internationale wiskundeonderzoek.
- Het is voor het wetenschappelijk onderwijs noodzakelijk om sterke wiskunde onderzoekskernen te hebben zodat de aansluiting bij moderne ontwikkelingen gewaarborgd blijft.
- Het is voor het technisch-wetenschappelijk en zuiver wetenschappelijk onderzoek noodzakelijk op niveau toegang te hebben tot en samen te werken met internationale wiskundige kennisnetwerken.
- Het Nederlandse wiskundeonderzoek dient van een zodanige omvang te zijn dat het een aantrekkelijk carrièreperspectief biedt voor jonge onderzoekers.

Omvang van onderzoek en instroom

Door de daling van de instroom van studenten is de omvang van het Nederlandse wiskundeonderzoek in de loop van de laatste twintig jaar sterk achtergebleven bij de omvang die nodig is voor het blijvend goed functioneren van de Nederlandse kennisinfrastructuur. De lage instroom mag de toekomst van het wiskundeonderzoek, en daarmee de hele kennisinfrastructuur niet in gevaar brengen. Vandaar dit extra uitgangspunt:

- De lage instroom van studenten, die al het bèta-onderzoek betreft, mag niet tot gevolg hebben dat het wiskundeonderzoek zijn nationale functie niet kan waarmaken.

In deze nota wordt uitgegaan van de veronderstelling dat er de komende vijf jaar geen substantiële toename zal zijn van de instroom van wiskundestudenten vanuit Nederland. De huidige omvangrijke inspanningen van de instellingen gericht op de toename van de studenteninstroom (verbreding van het curriculum, de nieuwe masteropleidingen) zullen pas later effect sorteren.

Werving van buitenlands talent, net zoals dat gebruikelijk is in andere westerse landen, is nodig. De onderzoekscholen kunnen hier met hun masterclasses en tweedefasecursussen een sleutelrol vervullen.

2.2 Doel van de nota

Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde wil met deze nota de nieuwe kansen en uitdagingen maximaal benutten om daarmee ook de bedreigingen in positieve zin om te buigen.

De nieuwe generatie onderzoeksleiders moet op de nieuwe ontwikkelingen een passend antwoord zien te vinden. Hun taak is het voor de nieuwe mogelijkheden ruimte te creëren. Een onmogelijke opgave, gezien de krimpende personeelsbezetting van de onderzoekinstellingen, de geringe instroom van wiskundestudenten en de krappe arbeidsmarkt die zit te springen om steeds meer wiskundigen. Om op de nieuwe behoeften in te spelen heeft de nieuwe generatie onderzoeksleiders meer middelen nodig dan de eerste geldstroom nu biedt. Deze nota bepleit daarom een gerichte versterking van het wiskundeonderzoek vanuit een nationaal perspectief.

Doel is het wiskundeonderzoek en de daaraan gerelateerde masteropleidingen op een (kwalitatief en kwantitatief) hoog niveau te brengen in

overeenstemming met de wetenschappelijke en economische sleutelpositie van de wiskunde in onze kenniseconomie. Dit betekent dat voor de nieuwe onderzoeksleiders door clustering en profilering ruimte moet worden gecreëerd om, aansluitend bij de lokale ontwikkelingen, nieuwe internationale topposities te scheppen. Deze nota stelt een aantal concrete maatregelen voor om het Nederlandse wiskundelandschap naast voldoende niveau ook reliëf te geven. De aard van de maatregelen is tweeledig:

- 1 clustering van het onderzoek,**
- 2 aantrekken van talent.**

**Geboren**

3 februari 1968

Werkzaam bij

- Aarhus University (DK)

Onderzoeksterrein

- Cryptologie

Promotie

- 'Modular design of practical yet secure cryptographic protocols', Universiteit van Amsterdam, 1997.

Promotors

- Prof.dr. Paul Vitányi
- Prof.dr. Ivan Damgaard (Aarhus)

Werkt samen met

- Victor Shoup (IBM Zürich Research Laboratory)
- Ivan Damgaard
- Serge Fehr (beiden Aarhus)
- Ueli Maurer (ETH Zürich)
- IBM Thomas Watson Research Center (NJ, USA)
- Technion (IL)
- Bell Labs (NJ, USA)
- NTT (JP)
- Polytechnical University of Catalunya (Barcelona)

Financiering

- Eerste geldstroom (Universiteit van Aarhus)

Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Ronald Cramer

Cryptologie onderzoekt welke functionaliteiten in digitale netwerken veilig ten uitvoer gebracht kunnen worden in de aanwezigheid van kwaadwillende oponenten. Bekende voorbeelden zijn geheimhouding (encryptieschema's) en authenticiteit van digitale communicatie (digitale handtekeningen). Momenteel werk ik aan encryptieschema's die de meest bedreigende aanvallen van hackers weerstaan, en aan secure multi-party computation, waarmee in principe een willekeurige rekentaak van een computer over een netwerk van samenwerkende computers gedistribueerd kan worden zó, dat de berekeningen geheim blijven voor een hacker die zich meester maakt van een deel van de computers, en dat deze zelfs geen invloed op de correctheid van die geheime berekening kan uitoefenen.

Motivatie Het maatschappelijk en economisch belang van toepassingen van de cryptologie in het digitale tijdperk is evident: beveiliging van computernetwerken en internet. Toepassingen op het gebied van gebruikers (anonimiteit, elektronisch stemmen en betalingsverkeer) winnen bovendien sterk aan terrein. Academisch onderzoek in de cryptologie kan direct toepasbare resultaten opleveren. Met het oog op de toekomst is het van eminent belang om zowel de theoretische mogelijkheden als ook de grenzen van de cryptologie fundamenteel te onderzoeken.

Ambitie Fundamenteel en wiskundig begrip van digitale veiligheid levert een bijdrage aan de verdere ontwikkeling van de theorie en de praktijk ervan. Ik vind het een uitdaging om veilige en praktisch relevante constructen te ontwikkelen door een samenspel van wiskunde en cryptografie.

Werkwijze Ik werk samen met een kleine groep van internationale collega's, meestal theoretische informatici en wiskundigen. Zulke verbanden groeien spontaan en zijn, bij voldoende bestaansrecht en robuustheid, duurzaam. Het bundelen van (elkaar aanvullende) kwaliteiten en het uitwisselen van ideeën in een vroeg stadium leiden tot goede onderzoeksresultaten, maar een gezonde competitie draagt eveneens bij aan vooruitgang.

3 Nationale onderzoekambitie

Gegeven de gekozen uitgangspunten vereist een adequate reactie op de geschetste nieuwe uitdagingen een noodzakelijke verbreding van en verschuiving in het wiskundig werkgebied. Deze aanpassingen vergen keuzes van de Nederlandse wiskundige gemeenschap en een nationale strategie daarvoor. Dat kan niet zonder een gerichte nationale stimulering van het wiskundeonderzoek.

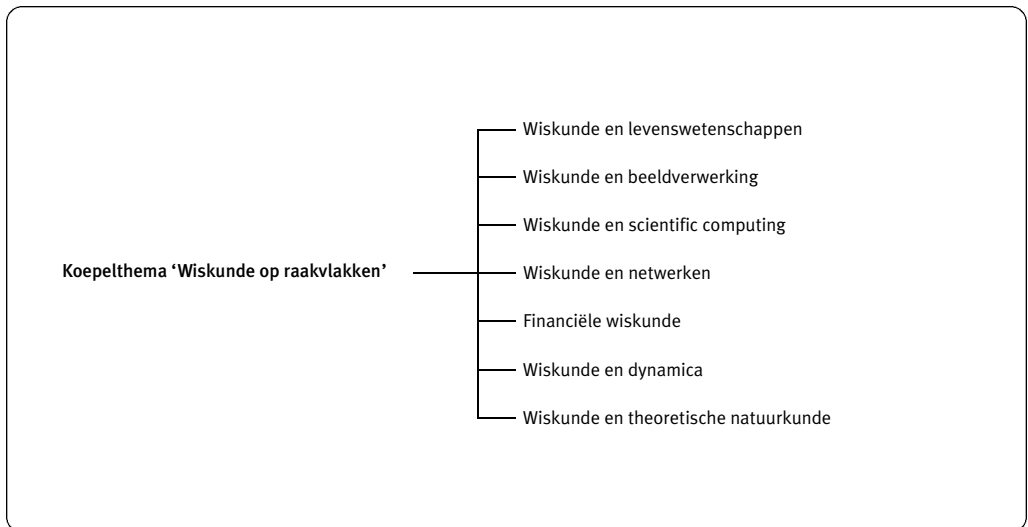
3.1 Wiskunde op raakvlakken

De in paragraaf 1.3 geschetste nieuwe kansen kunnen alleen efficiënt tegemoet worden getreden binnen één nationaal kader. Deze nota stelt voor Nederlands wiskundeonderzoek bijeen te brengen onder het koepelthema ‘Wiskunde op raakvlakken’. Dit is een voortzetting van de strategische lijn die door de ACW is uitgezet en ook is verwoord in de NWO-EW Strategienota 2002-2005. Dit nationale onderzoeksthema verenigt twee aspecten: onderzoek op raakvlakken tussen de wiskunde en haar toepassingen en op raakvlakken tussen wiskundige deelgebieden onderling. Deze beleidslijn heeft een breed draagvlak in de Nederlandse wiskunde en wordt met name vanuit de toepassingen heel herkenbaar gevonden.

Zeven thema’s

Ten behoeve van een actief stimuleringsbeleid wordt het wiskundeonderzoek onderverdeeld in zeven thema’s met een gemeenschappelijke focus en inspiratie ontleend aan het koepelthema ‘Wiskunde op raakvlakken’.

De zeven thema’s zijn: ‘Wiskunde en levenswetenschappen’, ‘Wiskunde en beeldverwerking’, ‘Wiskunde en scientific computing’, ‘Wiskunde en netwerken’, ‘Financiële wiskunde’, ‘Wiskunde en dynamica’, ‘Wiskunde en theoretische natuurkunde’. Dit zijn brede onderzoeksthema’s, die regelmatig bijgesteld en zo nodig vervangen kunnen worden. Hiermee kan de Nederlandse kennismarkt adequaat bediend worden. Van elk van deze thema’s wordt in paragraaf 3.3 een korte omschrijving gegeven.



Figuur 1 Ten behoeve van een actieve stimulering wordt het wiskundeonderzoek verenigd in het koepelthema ‘Wiskunde op raakvlakken’ onderverdeeld in deze zeven thema’s.

Toepassingsgebieden

In tabel 2 wordt het verband geschetst tussen de thema's en de niet-wiskundige disciplines en toe-

levensprocessen', 'Digitalisering en Informatisering' en 'Systeem Aarde'.

Bepleit wordt het Nederlands universitaire wiskundeonderzoek te structureren via een nationaal koepelthema: 'Wiskunde op raakvlakken'. Dit betekent toespitsing van onderzoek op raakvlakken tussen wiskundige deelgebieden onderling en op raakvlakken tussen de wiskunde en haar toepassingen.

passingsgebieden waarvoor het thema relevant is en waar verdere samenwerking voor de hand ligt.

3.2 Verankering in de wiskunde

De thema's van 'Wiskunde op raakvlakken' zijn toegesneden op de Nederlandse context, zowel voor wat betreft de noodzakelijke beschikbare expertise als voor de relevantie van toepassingen op langere en kortere termijn. Zij sluiten ook aan bij NWO-programma's als Biomoleculaire Informatica, Computational Science en Netwerken. Ook kan op deze wijze vanuit de wiskunde een maximale inbreng gevonden worden in de NWO-brede thema's, met name 'Fundamenten van

Met deze keuzes profileert de wiskunde zich niet alleen aan de fundamentele kant, maar streeft ze naar een vruchtbare wisselwerking tussen abstractie en realiteit. In dat streven past het doel om de wiskunde niet expliciet te verkavelen in deelgebieden zoals zuivere en toegepaste wiskunde, maar juist de dynamiek, die door een veelheid van invalshoeken kan ontstaan, in een breder verband te bevorderen. In navolging van Berkhout (zie [7]) hanteert deze nota de volgende typering in het onderzoek:

- 1 fundamenteel eigenstandig onderzoek (gestuurd vanuit de discipline, zeer lange termijn),
- 2 fundamenteel toepassingsgericht onderzoek (extrovert, middellange termijn),
- 3 toegepast onderzoek (transfer, front office, korte termijn).

Thema's 'Wiskunde op raakvlakken'	Toepassingsgebieden
Wiskunde en levenswetenschappen	genetica, biomathematica, biochemie, geneeskunde
Wiskunde en beeldverwerking	geneeskunde, natuurwetenschappen, technische wetenschappen, telecommunicatie
Wiskunde en scientific computing	exacte en technische wetenschappen, bedrijfsleven en dienstensector
Wiskunde en netwerken	telecommunicatie, informatica, internetgebruik, dienstensector
Financiële wiskunde	economische wetenschappen, dienstensector
Wiskunde en dynamica	biologie, biochemie, geneeskunde, natuurwetenschappen, economische wetenschappen, technische wetenschappen
Wiskunde en theoretische natuurkunde	natuurwetenschappen, astronomie

Tabel 2 De zeven thema's en hun toepassingsgebieden

Plaats van de deelgebieden binnen de thema's

Per thema spelen verschillende wiskundige deelgebieden een rol. Daarbij worden de volgende zes deelgebieden van de wiskunde onderscheiden: 'Algebra, meetkunde en getaltheorie', 'Analyse en numerieke wiskunde', 'Discrete wiskunde en beslistkunde', 'Statistiek en kansrekening', 'Mathematische fysica en systeem- (en regel)theorie', 'Logica en grondslagen'. Tabel 3 geeft de onderlinge relatie weer tussen de eerste vijf deelgebieden van de wiskunde en de nationale onderzoeksthema's. Het gebied Logica en grondslagen is niet ondergebracht in een thema. Dit gebied ligt op de grens van wiskunde en informatica en heeft belangrijke raakvlakken met wijsbegeerte. In Nederland heeft dit vakgebied een bijzondere traditie.

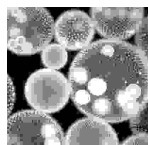
	Wiskunde en levenswetenschappen	Wiskunde en beeldverwerking	Wiskunde en scientific computing	Wiskunde en netwerken	Financiële wiskunde	Wiskunde en dynamica	Wiskunde en theoretische natuurkunde
Algebra, meetkunde en getaltheorie		●	●			●	●
Analyse en numerieke wiskunde	●	●	●		●	●	●
Discrete wiskunde en beslistkunde	●	●	●	●	●	●	
Statistiek en kansrekening	●	●	●	●	●	●	●
Mathematische fysica en systeemtheorie	●		●	●	●	●	●

Tabel 3 De relatie tussen de eerste vijf deelgebieden van de wiskunde en de nationale onderzoeksthema's.

3.3 Beschrijving thema's 'Wiskunde op raakvlakken'

Het koepelthema 'Wiskunde op raakvlakken' is onderverdeeld in zeven thema's die hieronder worden beschreven. In elk thema raakt wiskundeonderzoek aan een of meerdere ontwikkelingen van de moderne Nederlandse samenleving.

Wiskunde en levenswetenschappen

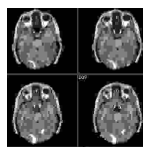


De biologische disciplines gericht op leven, celbiologie en neurobiologie hebben zich de laatste jaren spectaculair ontwikkeld. Het gevolg is een sterk hernieuwde aandacht voor wiskundige biologie. Modern experimenteel onderzoek naar het genoom, naar het ontstaan van ziektes zoals kanker en naar de werking van de hersenen leidt tot grote hoeveelheden gegevens. De analyse hiervan vraagt om een grondige aanpak gebaseerd op natuurwetenschappelijke analyse en wiskundige modelvorming. De ontwikkeling van nieuwe numerieke modelleringstechnieken die gebruik maken van de ongekende groei in het rekenvermogen van computers maken het mogelijk om niet slechts de componenten van biologische systemen (zoals geïsoleerde eiwitten of membranen) te modelleren, maar de geïntegreerde werking van diverse componenten in biologische deelsystemen, zoals een cel, orgaan of organisme.

Binnen de Nederlandse wiskundige gemeenschap zijn reeds de eerste stappen gezet in de richting van nieuw en oorspronkelijk onderzoek op het gebied van de wiskundige biologie. Het is zaak deze initiatieven te versterken om zo een langetermijnthema 'Wiskunde en levenswetenschappen' te realiseren. Binnen zo'n langetermijnthema kunnen vruchtbare vormen van samenwerking met biologen ontstaan die in Nederland tot grote voortgang zullen leiden op het onderzoeksterrein van de levenswetenschappen en de wiskundige biologie.

Wiskundige disciplines die binnen dit thema bijdragen leveren zijn onder meer: analyse, numerieke wiskunde, statistiek en kansrekening, discrete wiskunde, systeemtheorie en wiskundige fysica.

Wiskunde en beeldverwerking



Beeldverwerking en transmissie van beelden hebben hun eigen specifieke problematiek: herkennen van beeldstructuren, reconstructie, codering, datatransmissie van elektrische en optische pulsen, datacompressie, enzovoort. Het thema geeft aanleiding tot directe samenwerking met medici, biologen en informatici. Resultaten van het onderzoek kunnen toegepast worden in de geneeskunde, natuurwetenschappen, technische wetenschappen en telecommunicatie. Binnen diverse wiskundige deelgebieden – analyse, discrete wiskunde, meetkunde, numerieke wiskunde en stochastiek – worden onderling sterk verschillende wiskundige structuren bestudeerd die relevant zijn voor dit thema.

Wiskunde en scientific computing



Computers worden op tal van manieren ingezet bij het wiskundeonderzoek. Zij maken het mogelijk om steeds meer natuurwetenschappelijke verschijnselen realistisch te simuleren. De vereiste rekencomplexiteit neemt daarbij vele malen sneller toe dan de toch al indrukwekkende mogelijkheden van de computer.

Om een voorbeeld te noemen, de huidige krachtigste klimaatmodellen werken met een resolutie van circa 200 kilometer over het aardoppervlak. Hierdoor is het niet mogelijk om kustlijnen adequaat te behandelen. Om de modellen realistischer te maken, urgent in verband met het analyseren van broeikaseffecten, zijn veel kleinere tijd- en lengteschalen nodig. Elke verfijning met slechts een factor twee leidt tot minstens zestien keer zoveel rekentijd. Dit soort problemen vergt het uiterste van het onderzoek naar effectievere en nauwkeurigere rekenmodellen en stelt grote uitdagingen aan het onderzoek naar het gedrag van de onderliggende partiële differentiaalvergelijkingen. De kloof tussen de grootschaligheid en complexiteit van de systemen en ons begrip van de vergelijkingen is groot. Voor doorbraken is daarom een nauwe samenwerking tussen analyse

(asymptotische eigenschappen van de oplossingen voor zeer grote of juist zeer kleine parameters in het model, het mogelijk singulier worden van oplossingen) en numerieke wiskunde essentieel. Grote onderzoekslaboratoria staan permanent in de startblokken om nieuwe vorderingen meteen op te pikken. Nederland bezet internationaal op dit gebied een leidende positie, zowel fundamenteel als toegepast.

Analyse (niet-lineaire partiële differentiaalvergelijkingen, functionaalanalyse, dynamische systemen), numerieke wiskunde, discrete wiskunde, stochastiek, mathematische fysica en getaltheorie zijn relevante wiskundige deelgebieden voor dit thema.

Wiskunde en netwerken



Recente ontwikkelingen in de telecommunicatie, gegevensbeveiligingstechnieken en de distributie- en productielogistiek hebben geleid tot tal van nieuwe

wiskundige ontwikkelingen: mathematische programmeringstechnieken voor routing en planning, wachrijmodellen voor de analyse en besturing van netwerken voor breedbandige en mobiele telecommunicatie en digitale input-output systemen.

Het thema vereist samenwerking met onderzoekers in de telecommunicatie en de informatica. Resultaten van het onderzoek zijn relevant voor efficiënt gebruik van internet en voor de dienstensector. De telecommunicatiesector is een belangrijke afnemer van wiskundigen die zich op dit gebied bekwamen hebben.

Discrete wiskunde, mathematische besliskunde, stochastiek en systeemtheorie zijn relevante wiskundige deelgebieden voor dit thema.

Financiële Wiskunde



Financiële wiskunde houdt zich bezig met de ontwikkeling van mathematische methoden voor de bank- en verzekeringswereld. Dit vakgebied heeft in de afgelopen decennia een sterke evolutie gekend in

wisselwerking met het toenemend gebruik van

gecompliceerde financiële producten ('derivaten'). Deze producten worden soms gebruikt voor speculatie. De werkelijke drijfveer achter de explosieve groei van derivatenmarkten is echter de behoefte van bedrijven om risico's af te dekken in een wereld van toenemende volatiliteit en deregulering.

De vaak grootschalige toepassingen van de financiële wiskunde leveren een krachtige impuls op voor grensverleggend onderzoek. Tegelijk is er een duidelijke maatschappelijke vraag naar afgestudeerden met kennis van financiële wiskunde. Om aan deze vraag tegemoet te komen, zijn verschillende Nederlandse universiteiten reeds (onderzoeks)opleidingen in de Financiële Wiskunde gestart.

De wiskundige modellen die tegenwoordig worden gebruikt voor risicomanagement zijn gestoeld op resultaten uit de stochastiek, wiskundige analyse, numerieke wiskunde, systeemtheorie en mathematische besliskunde.

Wiskunde en dynamica



Panta Rhei, alles stroomt. De vraag is echter hoe en waarom. Voor het gedrag van lasers, bij signaalvoortplanting door kabels of langs zenuwbanen, in de

moleculaire genetica, bij het meanderen van rivieren en voor het langetermijngedrag van het klimaat wordt wiskundeonderzoek gebruikt dat gevat kan worden onder de noemer *Wiskunde en Dynamica*. Hierin wordt het kwalitatieve gedrag van niet-lineaire dynamische systemen onderzocht onder andere ook op stabiliteitsgedrag.

Niet-lineaire systemen leiden tot complex gedrag waarin wiskundigen gaandeweg structuur aan het ontdekken zijn, zoals singulier gedrag, patroonvorming, chaos en meervoudige attractoren. Voor het begrijpen van stabiliteitseigenschappen van evenwichtsopties en het ontstaan van singulariteiten zijn vaak verschillende tijd- en ruimteschalen nodig die in hun onderlinge samenhang moeten worden gebruikt. Om deze problemen te ontwarren is nieuw wiskundig inzicht vereist.

Centrale thema's zijn: bifurcatietheorie, tijdreeksen, niet-lineaire diffusie-, reactie- en transportproces-

sen, en vrije-randproblemen. Het gebied heeft directe raakvlakken met het onderzoek van biologen, chemici, economen, natuurkundigen, ingenieurs en meteorologen. De discrete dynamica heeft ook belangrijke toepassingen in de informatica. Het onderzoek heeft een spanwijdte van uiterst fundamenteel tot technisch toegepast. Illustratief is dat de Nederlandse zuiver wiskundige Takens in 2001 een eredoctoraat van de TUD in ontvangst mocht nemen vanwege de enorme betekenis van zijn werk voor het technisch toegepaste onderzoek. Getaltheorie, discrete wiskunde, analyse (in volle breedte), meetkunde (topologie), systeemtheorie en stochastiek zijn wiskundige disciplines die sterke bijdragen aan dit thema moeten leveren.

Wiskunde en theoretische natuurkunde



Theoretische natuurkunde is al eeuwen één van de belangrijkste inspiratiebronnen van de wiskunde. Vanaf 1980 vond evenwel een serie doorbraken plaats, die tot nieuwe raakvlakken binnen de wiskunde zelf, alsmede tussen de wis- en natuurkunde hebben geleid. De inspiratie hierbij kwam zowel van de statistische fysica (Yang-Baxter vergelijking, conforme invariantie en Wulff-constructies) als van de hoge-energie fysica (stringtheorie en veldentheorie). Verrassend genoeg heeft juist deze fysische inspiratie het mogelijk gemaakt een reeks lang openstaande zuiver wiskundige problemen op te lossen en nieuwe probleemstellingen te suggereren. Omgekeerd bracht de ontwikkeling van de niet-commutatieve meetkunde in de zuivere wiskunde de traditionele mathematische fysica, waaronder de wiskundige beschrijving van kritieke verschijnselen respectievelijk van de quantummechanica, tot nieuwe bloei. Tezamen heeft dit tot tal van uitdagende wiskundige ontwikkelingen geleid, die hier onder de noemer ‘Wiskunde en theoretische natuurkunde’ bijeengebracht worden. Relevante wiskundige deelgebieden zijn onder meer stochastiek en functionaalanalyse, algebraïsche en complexe meetkunde, operator-algebra's, Lie-theorie, en algebraïsche topologie.



Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Rob van der Mei

Geboren

30 april 1966

Werkzaam bij

- KPN Research en Vrije Universiteit

Onderzoeksterrein

- Performance van communicatienetwerken

Promotie

- 'Polling Systems and the Power-Series Algorithm', Katholieke Universiteit Brabant, 1995.

Promotores

- Prof.dr.ir. O.J. Boxma
- Dr. J.P.C. Blanc

Werkt samen met:

- Willa Ehrlich
- Paul Reeser (beiden AT&TLabs, USA)
- Rema Hariharan (Sun Microsystems, USA)
- Tava Olsen (Washington University, USA)
- Kostya Avrachenkov (INRIA, Frankrijk)
- Frank Huebner (Concert Technologies, USA)
- Hans van den Berg
- Bart Gijsen (beiden KPN Research)
- Marcel Harkema (Universiteit Twente)
- CWI
- TU Eindhoven
- Universiteit Twente

Financiering

- De business projecten worden intern gefinancierd door de business units van KPN Telecom. De samenwerking met andere bedrijven en universiteiten wordt deels betaald door KPN Research, deels door middel van Nederlandse en Europese subsidies. Het onderzoek op de VU wordt gefinancierd door middel van subsidies van NWO en het Senter (EZ).

Door de sterke opkomst van informatie- en communicatietechnologie (ICT) moeten communicatienetwerken steeds grotere hoeveelheden digitale informatie afhandelen. Daardoor ontstaan regelmatig verkeersopstoppingen ('files'). De eindgebruiker ervaart dit als een slechte 'performance' van het netwerk. Een bekend voorbeeld is het WWW, dat vaak spottend het World Wide Wait wordt genoemd.

Mijn onderzoek betreft de vraag: "Hoe kan het verkeer in een netwerk op kostenefficiënte wijze worden gereguleerd, zodanig dat de performance die de eindgebruiker ervaart van een voldoende hoge kwaliteit is?" Denk hierbij aan routeringsvraagstukken, verkeersomleidingen, voorrangregels, en eventueel het weigeren van gebruikers als het netwerk te vol is. Twee soorten wiskunde komen hierbij om de hoek kijken: enerzijds het ontwikkelen (en valideren) van performance-modellen, anderzijds het oplossen van die modellen met behulp van kennis van bijvoorbeeld netwerkoptimalisatie, wachtrijanalyse en Markov-beslissingstheorie.

Motivatie Performance-onderzoek heeft belangrijke maatschappelijke consequenties voor de instandhouding van de kwaliteit van communicatiediensten als telefoonnetwerken, mobiele netwerken, pincode-automaten en internet, en voor de prijsbeheersing van communicatiediensten. Performance-problemen kunnen soms worden opgelost door overdimensioneren, dat wil zeggen door overcapaciteit (denk aan transmissiecapaciteit) in het netwerk te plaatsen. De kosten daarvan kunnen echter enorm zijn en moeten worden doorberekend aan de klant. Telefoneren of internetten kan daardoor erg duur worden en uiteindelijk onbereikbaar worden voor de gewone burger. Investerings in kennis zijn daarom noodzakelijk om op wetenschappelijk en economisch gebied een rol te blijven spelen.

Ambitie Communicatienetwerken zijn niet meer uit het dagelijkse leven weg te denken. Praktisch relevante problemen zoals die spelen in de telecommunicatiewereld kunnen vaak worden teruggebracht tot fundamentele wiskundige modellen met een enorme wetenschappelijke diepgang. De praktische toepasbaarheid van de fundamentele resultaten uit het onderzoek vormen voor mij een enorme bron van inspiratie.

Werkwijze Bij KPN Research lopen veel projecten voor business units van KPN Telecom die min of meer concrete problemen hebben op het gebied van het plannen van netwerken. Daarnaast verrichten wij ook lange-termijn ('strategisch') onderzoek in nauwe samenwerking met andere bedrijven, maar ook met onderzoeksinstituten en universiteiten, zowel in het binnen- als in het buitenland.

4 Nieuwe koers

In het vorige hoofdstuk is gewezen op de noodzaak van een nationale strategie voor het wiskundeonderzoek. Het kader wordt gevormd door een nationaal koepelthema 'Wiskunde op raakvlakken'. In dit hoofdstuk wordt de beoogde nationale strategie uitgewerkt.

4.1 Vergroting en concentratie van onderzoeksgroepen

Om het wiskundeonderzoek geconcentreerd rond het koepelthema 'Wiskunde op raakvlakken' doelmatig te doen zijn, heeft het een zekere omvang nodig. Vergroting en concentratie van onderzoeksgroepen is daarvoor een essentiële stap.

Zoals in de eerdere paragrafen is voorgesteld, moet het wiskundeonderzoek met succes in kunnen spelen op vragen uit samenleving en maatschappij en eventueel snel nieuwe toepassingsgebieden kunnen betreden. Daartoe zijn groepen van een zekere grootte nodig. Dit is goed zichtbaar bij de buitenlandse groepen die zich in de internationale voorhoede bevinden. Het is voor een grote onderzoeksgroep veel eenvoudiger dan voor een kleine groep om te anticiperen op

4.2 Onderzoekclusters

Een effectieve dynamische onderzoeksgroep (verder aan te duiden als *onderzoekcluster*) zou wat kwaliteit en invloed betreft zich moeten kunnen meten met vergelijkbare groepen in het buitenland. Een onderzoekcluster heeft de volgende taken:

- ontwikkeling van de eigen discipline,
- verkenning en ontwikkeling van nieuwe toepassingsgebieden,
- verrichten van excellent onderzoek en uitvoering van onderzoeksprojecten op 'raakvlakken',
- opleiding van jonge onderzoekers,
- transfer van kennis,
- participatie in nationale en internationale kennisnetwerken.

Om het wiskundeonderzoek in Nederland doelmatig te laten zijn, is een vergroting en concentratie van onderzoeksgroepen nodig.

belangrijke vraagstellingen van buitenaf. Nieuwe wiskundige vraagstukken kunnen in de beperkte tijd van een geïsoleerd werkende wiskundige niet altijd voldoende aandacht krijgen. Het is voor een individueel opererende wiskundige ook minder makkelijk om met succes mee te doen aan grotere EU-projecten.

Te kleine onderzoeksgroepen zijn ook een gevaar op lange termijn. Zo zijn in de loop van de laatste twintig jaar in Nederland tal van internationale onderzoeksvoorhoedeposities verloren gegaan na emeritaat van de enkele hoogleraar waar ze op gebaseerd waren.

Samenstelling

Een onderzoekcluster behoeft voor de uitvoering van deze taken ruwweg gesproken de volgende samenstelling:

- vier à zes hoogleraren met overlappende expertise,
- een viertal senior onderzoekers (UHD's) en een gelijk aantal junior onderzoekers (UD's),
- acht tot twaalf promotieonderzoekers en een aantal postdoctorale onderzoekers.

De Verkenningcommissie Wiskunde constateerde reeds in 1992 (zie [1]) dat het wiskundeonderzoek te kleinschalig is en dat de vaste staf in een

onderzoeksgroep tot rond vijftien fte gemiddeld uitgebreid dient te worden. Vergelijking met succesvolle onderzoekclusters van de ons omringende landen leert dat ook daar de groepsomvang minimaal twaalf fte bedraagt. De omvang en opzet van een onderzoekcluster draagt bij aan een aantrekkelijk carrièreperspectief voor jonge onderzoekers. De leeftijdsopbouw moet doorstroming van nieuw talent en van nieuwe inzichten bevorderen. De expertise en excellentie, nodig voor deelname aan internationale kennisnetwerken, moet worden bewerkstelligd door het aanstellen van leidende onderzoekers als hoogleraar. Naast het verrichten van excellent onderzoek behoort ook transfer van kennis tot de taken van een onderzoekcluster. Men kan hierbij denken aan het houden van workshops en aan het organiseren en geven van mastercursussen, niet alleen ten behoeve van de eigen discipline, maar ook voor studenten en staf van verwante toepassingsgebieden. Onderzoekclusters dienen voldoende armslag te hebben voor het exploreren van nieuwe toepassingsgebieden. Multidisciplinaire onderzoeksprojecten zorgen voor uitstraling van kennis. Belangrijke nieuwe kennis wordt binnengehaald door de mogelijkheid internationale zwaargewichten tijdelijk aan te stellen (via posities voor sabbaticals) en een actief bezoekersprogramma.

Kosten verbonden aan een onderzoekcluster
Uitgaande van de veronderstelling dat voor een

onderzoekcluster aanstelling van promotieonderzoekers en postdocs voornamelijk plaatsvindt via de open competitie van NWO en middels EU-projecten, is met een onderzoekcluster jaarlijks ongeveer een bedrag van M€ 1,1 gemoeid. De verplichtingen voor een onderzoekcluster worden in principe aangegaan voor een periode van tien jaar, met een evaluatie na vijf jaar.

4.3 Omvang hooglerarenbestand en onderzoekclusters

Om de discussie over omvang te vereenvoudigen richten we ons nu op het hooglerarenbestand. Uit de geschetste clusteromvang volgt dan de getalshouding voor het overige personeel. De thema's van 'Wiskunde op raakvlakken' dienen als uitgangspunt voor clustering. De conclusies van de vorige paragraaf worden vervolgens terugvertaald naar de wiskundige deelgebieden. Veelal zijn er bij een thema drie of meer deelgebieden van de wiskunde betrokken. Gezien de reikwijdte en het belang van elk van de thema's zijn we van oordeel dat elk thema gemiddeld door vijftien hoogleraren moet worden bewerkt. Recente ervaringen met enkele succesvolle op themabasis georganiseerde NWO-programma's laten zien dat zo'n inzet alleszins redelijk is. Ook de 'Sonderforschungsbereiche' in Duitsland hebben een vergelijkbare omvang. Naast de inzet voor de thema's achten we nog ongeveer vijftien hoog-

	situatie 2005 bij ongewijzigd beleid	geplande toename	totaal
Algebra, meetkunde en getaltheorie	16	9	25
Analyse en numerieke wiskunde	20	10	30
Discrete wiskunde en besliskunde	14	6	20
Statistiek en kansrekening	12	8	20
Mathematische fysica en systeemtheorie	9	6	15
Logica en grondslagen	2	2	4
Vrije leerstoelen	0	6	6
Totaal	73	47	120

Tabel 4 Verdeling van de voorgestelde 120 hoogleraarplaatsen over de zes deelgebieden van de wiskunde.

leraren nodig voor veelbelovend onderzoek dat daarbuiten valt en dat op termijn zou kunnen leiden tot bijstelling of vervanging van thema's. Samen met de onderwijsvraag vereist dit een capa-

tise die nodig is vanuit dit gebied voor de thema's van 'Wiskunde op raakvlakken' zijn ongeveer negen hoogleraren extra nodig. Deze extra inzet zou dan vorm moeten krijgen in twee sterke onder-

Deze nota vraagt om 120 hoogleraren voor het Nederlandse wiskundeonderzoek, een toename van 30 ten opzichte van de huidige situatie en van 47 in 2005 bij ongewijzigd beleid.

citeit van ongeveer 120 hoogleraren tegenover 90 nu en bij ongewijzigd beleid een aantal van rond 72-74 in 2005 (zie bijlage 5). Dit betekent een verschil van ongeveer 46-48 hoogleraarposities en een toename van 30 ten opzichte van de huidige situatie.

Verdeling van hoogleraarposities

Rekening houdend met de opleidingscapaciteit (de onderwijsvraag) en met de wiskundige expertise die nodig is voor de invulling van de zeven thema's wordt in tabel 4 een verdeling voorgesteld van deze 120 hoogleraarplaatsen over de zes deelgebieden van de wiskunde.

Uitgangspunt hierbij is dat tegen 2005, evenals nu, de omvang van het vanuit de eerste geldstroom gefinancierde hooglerarenbestand voornamelijk bepaald wordt door de universitaire onderwijsvraag. Als voorbeeld nemen we het deelgebied 'Algebra, meetkunde en getaltheorie', waarvoor 25 hoogleraren zijn opgevoerd. Voor onderwijs en het daarbij behorende onderzoek zullen er voor dit deelgebied gemiddeld per instelling een of twee hoogleraren nodig zijn, zestien in totaal. Dit aantal komt overeen met het aantal hoogleraren dat bij ongewijzigd beleid tegen 2005 in Nederland op dit gebied werkzaam zal zijn. Gezien echter de exper-

zoekclusters en geplaatst zijn boven de formatie die uit onderwijs-technisch oogpunt nodig is. In de verdeling en in de inrichting van de onderzoekclusters wordt een fifty-fifty verdeling over fundamenteel eigenstandig onderzoek en fundamenteel toepassingsgericht onderzoek (zie [7]) wenselijk geacht.

Verantwoording

Het aantal van 120 hoogleraarposities is ongeveer gelijk aan het aantal hoogleraren in 1990. Sindsdien is de vraag naar wiskundige kennis drastisch toegenomen en van karakter veranderd. Deze extra vraag kan worden gepareerd door een doelmatiger inrichting van de capaciteit door de vorming van de onderzoekclusters. Deze nota bepleit dus geenszins een unrealistische situatie.

Verdeling van clusters over de deelgebieden

Deze nota is van mening dat er in Nederland uiteindelijk ruimte moet zijn voor in totaal zo'n twaalf à veertien onderzoekclusters, waarbij men kan denken aan de ruwe verdeling over de deelgebieden zoals weergegeven in tabel 5. Bij vier à zes hoogleraren per cluster betekent dit dat bij een totaal aantal van 120 hoogleraren ruim

	cluster
Algebra, meetkunde en getaltheorie	2
Analyse en numerieke wiskunde	3
Discrete wiskunde en beslistkunde	2
Statistiek en kansrekening	3
Mathematische fysica en systeemtheorie	2
Logica en grondslagen	1

Tabel 5 Verdeling van de clusters over de zes deelgebieden van de wiskunde.

de helft van het hooglerarenbestand is ondergebracht in specifieke onderzoekclusters. De overige posities worden opgevuld vanuit de instellingen voor lokaal onderzoek en onderwijs, inclusief serviceonderwijs. De verwachting is dat deze hoogleraren voor hun onderzoek aansluiting bij de clusters zullen zoeken.

Speciale leerstoelen

Scheikunde kent de zogenaamde Van der Leeuw leerstoelen en bij natuurkunde is de financiering van vervoegde aanstellingen van hoogleraren veelal mogelijk met medefinanciering door de FOM. Voor wiskunde zijn dergelijke vormen van financiering op dit moment niet beschikbaar. Om een soepele overgang naar de nieuwe situatie te vorderen, zou een deel van de extra hoogleraarplaatsen die deze nota voorstelt kunnen worden ingevuld via zo'n zelfde type speciale leerstoelen voor wiskunde.

Financiering

Voor de financiering van de ongeveer 30 nieuwe hoogleraarposities zal in eerste instantie apart budget beschikbaar moeten komen vanuit andere bronnen dan de eerste geldstroom, zie Maatregel 1 in hoofdstuk 7. Samen met de gelden uit de eerste geldstroom kunnen dan de noodzakelijke twaalf tot veertien onderzoekclusters gevormd worden. Zo mogelijk wordt een deel van deze extra posities gerealiseerd via speciale wiskundeleerstoelen zoals hierboven besproken. Structurele financiering van de onderzoekclusters door de universiteiten volgt na een periode van maximaal tien jaar. Spelers hierbij zijn de ministeries van OC&W en EZ, NWO, de universiteiten en het bedrijfsleven.

Locatie van de clusters

Een onderzoekcluster is ondergebracht bij een universiteit met een volwaardige wiskundeopleiding of bij het CWI in samenwerking met een universiteit met een volwaardige wiskundeopleiding. Wiskundigen van andere instellingen waarvan het onderzoek aansluit bij het profiel van een onderzoekcluster kunnen toetreden als geassocieerd medewerker.

4.4 Clustervorming

De extra posities gericht op de vorming van onderzoekclusters zouden door middel van competitie moeten worden toegewezen. Op basis van onderzoekplannen zouden de instellingen (inclusief het CWI) moeten dingen naar het verwerven van zulke posities. Hiermee profileren de instellingen zich in het wiskundeonderzoek. Instellingen kunnen een zekere breedte handhaven, onder andere ten behoeve van het (service)onderwijs, maar aanvulling voor extra diepte kan alleen op speerpunten bereikt worden. Een onderzoekplan moet aangeven welke getalenteerde onderzoekers men aan zich denkt te kunnen binden.

De formatie van een onderzoekcluster en de daarmee gepaard gaande profilering is een zaak van de instellingen. Kanalisering en begeleiding door de onderzoekscholen en NWO worden echter wenselijk geacht.

Sturing

Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde begeleidt samen met NWO het toewijzigingsproces. Zij beoordelen de honorering van daarvoor in aanmerking komende plannen. Groepen die hun ambitie niet waarmaken worden na een zekere periode niet langer voor verlenging voorgedragen en op geschikte wijze (door reallocatie) afgebouwd. De instellingen matchen via een gegarandeerde minimale formatie, ondersteuning en huisvesting.

Gefaseerde invoering

De instelling van een onderzoekcluster vraagt de nodige voorbereiding en kan niet van de ene op de andere dag gerealiseerd worden. Deze nota stelt daarom voor een tijdshorizon van tien jaar aan te houden. In eerste instantie zou begonnen kunnen worden met de formatie van twee onderzoekclusters. Zie Maatregel 1 (hoofdstuk 7) voor meer details.



Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Marie-Colette van Lieshout

Geboren

1 januari 1967

Werkzaam bij

- Centrum voor Wiskunde en Informatica

Onderzoeksterrein

- Beeldanalyse en ruimtelijke statistiek

Promotie

- 'Stochastic geometry models in image analysis and spatial statistics', Vrije Universiteit, 1994.

Promotor

- Prof.dr. A.J. Baddeley,
co-promotor
- Prof.dr. J. Oosterhoff.

Samenwerking

- De CWI-groep 'Signals and Images'
- Adrian Baddeley (Western Australia)
- Ilya Molchanov (Glasgow)
- Eva Jensen
- Linda Nielsen (beiden Aarhus)
- Ute Hahn (Augsburg)
- Josiane Zerubia
- Xavier Descombes (beiden INRIA)
- Alfred Stein (Wageningen)

Financiering

- Het CWI ontvangt basisfinanciering van NWO (ongeveer 65% van het totale budget). Voor het financieren van tijdelijke medewerkers wordt daarnaast een beroep gedaan op nationale (STW, NWO, IOP) en internationale (EU TMR/5th FP, ESF, ERCIM) subsidiegevende instanties. Incidenteel wordt contractonderzoek verricht.

Stochastische meetkunde is het onderdeel van de wiskunde dat zich bezig houdt met de studie van toevallige ruimtelijke patronen zoals puntprocessen, stochastische velden op een rooster of andere graaf en stochastische verzamelingen. Ruimtelijke statistiek en (stochastische) beeldanalyse maken gebruik van de concepten en methoden van de stochastische meetkunde, maar konden zich pas ontwikkelen tot zelfstandige vakgebieden door de opkomst van de computer.

Motivatie Voor beeldanalyse en ruimtelijke statistiek geldt dat zij breed inzetbaar zijn. Men denke bijvoorbeeld aan diagnostiek met behulp van scans (van longfoto's tot fMRI), aan het gebruik van satelliettechnologie in de cartografie, bij defensie of voor het weerbericht, aan digitale televisie, aan het analyseren van ruimtelijke correlatie (van belang voor tal van vraagstukken op het gebied van de bosbouw, het milieu en de verspreiding van gewas- en dierziekten), aan visuele zoekmachines voor internet, of aan het vinden van optimale locaties voor meet- of zendstations. Een wiskundige benadering op elk van deze terreinen kan een nuttige bijdrage leveren aan het verkrijgen van inzicht in de onderliggende processen. Een goede kennisinfrastructuur draagt bij aan de economie en ons welzijn.

Ambitie Ik heb me altijd aangetrokken gevoeld door de schoonheid en objectiviteit van de wiskunde. Het leuke aan mijn huidige onderzoeksterrein is dat het zo veelzijdig is: het roept fundamenteel wiskundige vragen op, maar vereist ook een zekere praktische behendigheid in programmeren en het interpreteren van gegevens die zijn verzameld door experts in andere takken van wetenschap.

Werkwijze Beeldanalyse is een interdisciplinaire tak van wetenschap, hetgeen tot uiting komt in een hoge mate van nationale en internationale samenwerking. Onder mijn co-auteurs bevinden zich behalve statistici en kansrekenaars ook ingenieurs en landbouwwetenschappers. Op Europees niveau wordt samenwerking bevorderd door het TMR Spatial statistics netwerk en door het ESF project Highly structured stochastic systems.

5 Masteropleidingen

Om de nationale onderzoeksthema's in de toekomst te kunnen realiseren is het van groot belang dat er in elk van de deelgebieden van de wiskunde voldoende onderzoekers worden opgeleid. Dit vraagt om uitdagende en hoogwaardige masteropleidingen wiskunde die wat karakter betreft goed aansluiten bij een of meer thema's van 'Wiskunde op raakvlakken'. Dit wordt bereikt met programma's die een harde kern hebben van fundamentele wiskunde en aantrekkelijke raakvlakken met verwante vakken of toepassingsgebieden.

Een goede masteropleiding omvat meer dan alleen geavanceerd onderwijs. De onderzoeksvariant moet een eerste kennismaking bieden met alle aspecten van het wiskundeonderzoek en een eerste training daarin. De natuurlijke opleidingsomgeving voor de onderzoeksvariant van de masteropleidingen wordt geboden door de onderzoekclusters. Binnen de onderzoekclusters leren de masterstudenten onderzoek te doen en verwerven zij een goed beeld van alle facetten van het werk van een wiskundeonderzoeker. Door de koppeling aan de thema's van 'Wiskunde op raakvlakken' kunnen beroepsperspectieven voor aanstaande onderzoekers beter dan voorheen tot uitdrukking worden gebracht.

Instream in de masteropleiding

De huidige instroom van wiskundestudenten in de bachelorfase is te laag om aan de behoefte aan wiskundige onderzoekers te voldoen. Daarom dient er een substantiële instroom voor de onderzoeksvariant van de masteropleidingen uit het buitenland te komen. Het gaat om veelzijdige,

Pilots voor thema-gerichte masteropleidingen

Voorgesteld wordt als pilots twee internationaal concurrerende masteropleidingen in te stellen. Deze opleidingen sluiten aan bij 'Wiskunde op raakvlakken' en worden getrokken vanuit een paar van de in paragraaf 4.2 beschreven onderzoekclusters. De opleidingen worden ondersteund met een beurzenprogramma voor het aantrekken van excellente buitenlandse studenten. Verder zullen voor de opbouw van het programma en inrichting van deze nieuwe opleidingen startgelden nodig zijn (onder andere voor de financiering van een onderwijsdirecteur voor een periode van twee jaar).

Samenhang van het aanbod

Een onsamenhangend aanbod van lokale masteropleidingen wiskunde lijkt kwetsbaar. Omdat de studentenaantallen klein zijn en de per college benodigde voorbereidingstijd relatief groot is, zijn de onderwijsprogramma's van de lokale onderzoeksopleidingen wiskunde in de praktijk nauwelijks realiseerbaar. Het is daarom noodzakelijk een

Deze nota stelt voor twee internationaal concurrerende thema-gerichte masteropleidingen in te stellen, die getrokken worden door onderzoekclusters.

hoogwaardige opleidingen die op de Europese markt kunnen concurreren. Dit vereist de inzet van het volle potentieel van de onderzoekclusters. Wat het onderwijsprogramma betreft vereist dit afstemming van universiteiten en samenwerking van docenten. De ervaringen met de masterclasses van het MRI tonen aan dat dit mogelijk is, maar ook dat dit veel inspanning vereist.

samenhangend plan te maken voor de onderwijsprogramma's van tenminste de masteropleidingen wiskunde voor aanstaande onderzoekers. Het OOW wil in deze coördinerend optreden. Doel van de beoogde coördinatie is het efficiënt benutten van het opleidingskader en het bereiken van een optimale combinatie van breedte en kwaliteit. Het ligt voor de hand daarbij gebruik te

maken van reeds gegroeide landelijke samenwerkingsverbanden zoals de gezamenlijke onderzoekscholen.

Coördinatie van voorlichtingsactiviteiten

Een goede afstemming van de diverse masteropleidingen voor onderzoekers van de verschillende universiteiten is nodig voor een gemeenschappelijke werving van studenten voor deze opleidingen. Een voorbeeld is de samenwerking op het

gebied van Diplôme d'études approfondies in de wiskunde zoals die tot stand is gekomen tussen de Waalse universiteiten van Louvain-la-Neuve, Bruxelles, Mons-Hainaut, Namur, Mons en Liège. De opleidingen moeten gezamenlijk naar buiten treden door middel van folders en posters, en een gemeenschappelijke examenregeling hebben, waarbij de studenten een evenwichtige keuze kunnen maken uit het gehele onderwijsaanbod.



Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Remco van der Hofstad

Mijn onderzoeksterrein is kansrekening en toepassingen van kansrekening in de theoretische natuurkunde en de electrotechniek. Leidende vragen betreffen het beschrijven van het gedrag in kanstheoretische modellen voor realistische verschijnselen. Men denke aan: “Hoe ziet een groot polymeer in een oplossing er typisch uit?”, of: “Hoe verhouden verschillende systemen voor draadloze telefonie zich tot elkaar?”

Geboren

3 mei 1971

Werkzaam bij

- Capaciteitsgroep Wiskunde, Technische Universiteit Eindhoven

Onderzoeksterrein

- (Toegepaste) kansrekening

Promotie

- ‘Scaling for a one-dimensional random polymer’ (kansrekening & statistische fysica), Universiteit Utrecht, 1997.

Promotoren

- Prof.dr. R.D. Gill
- Prof.dr. W.Th.F. den Hollander

Werkt samen met:

- Frank den Hollander (TU Eindhoven/EURANDOM)
- Gerard Hooghiemstra
- Marten Klok
- Piet Van Mieghem (allen TU Delft)
- Achim Klenke (Erlangen)
- Wolfgang König (TU Berlin)
- Christian Borgs
- Jennifer Chayes (beiden Microsoft Research)
- Gordon Slade (University of British Columbia, Vancouver)
- Joel Spencer (New York University)
- Takashi Hara (Nagoya University)

Financiering

- Eerste geldstroom (TUD/TUE)
- Microsoft Research, grants

Motivatie De wetenschappelijke wereld doet toegepast onderzoek dat een lange adem vergt, waar we niet *direct* van kunnen verwachten dat het toegepast wordt. Het onderzoek dat ikzelf doe op het gebied van de draadloze telefonie valt in deze categorie. Het onderzoekt op een fundamentele manier hoe systemen verbeterd kunnen worden en wat er van deze verbeteringen verwacht kan worden. Aangezien dit onderzoek niet direct tot betere telefoonsystemen leidt, is er in het bedrijfsleven minder animo om het zelf te doen. Aan de andere kant is er veel van zulk onderzoek nodig om te inventariseren in welke richting nieuwe systemen kunnen evolueren en wat de grootste potentie tot verbetering heeft.

Ambitie Het vinden van mooie oplossingen voor moeilijke problemen lukt niet altijd, maar is wel wat ik nastreef. Ik denk over het doen van onderzoek als het oplossen van een moeilijke puzzel, zonder te weten wat de afbeelding op de puzzel is of zelfs of de puzzel oplosbaar is. Het vereist een interessante combinatie van creatief en rationeel denken, uitersten waarvan vaak wordt gedacht dat ze tegenstrijdig zijn. Persoonlijk vind ik het erg leuk als een probleem uit de praktijk komt.

Werkwijze Mijn onderzoek is erg internationaal. Vaak vindt het plaats door op conferenties of tijdens werkbezoeken met andere wetenschappers over het onderzoek te praten en samen problemen uit te zoeken die voor eenieder interessante invalshoeken bieden. Hierin worden we geholpen door het feit dat de cultuur in de wiskunde bijzonder open is en we dus al over resultaten kunnen praten voordat zij gepubliceerd zijn.

6 Flankerend beleid

Voor het opzetten van een nieuwe structuur voor het wiskundeonderzoek en de daaraan gekoppelde masteropleidingen is het van belang de volgende relevante onderwerpen voldoende aandacht en ondersteuning te geven.

6.1 Kennisoverdracht

Overdracht van wiskundige kennis is een omvangrijk werkterrein voor de professionele wiskundige. Het op een effectieve en efficiënte wijze doorgeven van hedendaagse wiskunde aan een volgende generatie is een belangrijke activiteit. Wiskundige kennis wordt daarom voortdurend bewerkt: transparant maken, abstraheren en versimpelen van bestaande kennis.

Dit betreft met name ook het wiskundeonderwijs aan niet-wiskundigen en, meer in het algemeen, de overdracht van wiskundige kennis naar gebruikers. Bij het laatste kan met name gedacht worden aan participatie van wiskundigen in masteropleidingen van andere wetenschapsgebieden en aan geavanceerd wiskunde onderwijs aan aio/oio's van niet wiskundige huize in multidisciplinaire raakvlakprogramma's.

De toenemende mathematisering van diverse wetenschapsterreinen maakt het noodzakelijk nieuwe generaties van onderzoekers vroeg te trainen in moderne wiskunde. Voor de professionele wiskundige is het onderwijzen van wiskundige kennis en technieken aan master-studenten met een ander hoofdvak dan wiskunde een nieuwe taak, een onderwijstaak die tot dusver nauwelijks bestond.

Leraar in onderzoek

De contacten tussen de wiskunde in het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs en het universitaire wiskundeonderzoek zijn zeer belangrijk. Een krachtig instrument om deze contacten te bevorderen is de aanstelling van eerstegraads

leraren wiskunde in deeltijd bij de universitaire wiskundeopleidingen. Op deze wijze kan het universitaire onderwijs direct kennis nemen van de ontwikkelingen en ervaringen in het wiskundeonderwijs op het vwo en deze informatie verwerken in de eigen studieprogramma's, bijvoorbeeld om onnodige uitval van studenten in het eerste jaar te voorkomen. Anderzijds verwerven vwo-docenten directe informatie over de ontwikkelingen in de wiskunde, wat kan bijdragen tot een gunstige beeldvorming voor de wiskunde op het vwo. Bovendien levert dit soort aanstellingen een positieve bijdrage aan het beroepsperspectief van de vwo-docent. Nadrukkelijk dient hierbij ook het onderzoek betrokken te worden.

Het NWO-programma 'Leraar in onderzoek' is een voortreffelijke aanzet hiertoe. Ook door de universitaire instellingen worden dergelijke aanstellingen overwogen. De schaal waarop dit gebeurt is nog te beperkt en dient meer structureel vastgelegd te worden, zodat het vwo ook bij de carrièreplanning van docenten met deze deeltijdaanstellingen rekening kan houden. Een omgekeerde beweging, waarbij universitaire docenten een deeltijdaanstelling hebben bij het vwo, heeft ook aantrekkelijke kanten en zou meer overwogen moeten worden. De terugkoppeling van de universitaire wiskunde naar de vwo-wiskunde blijft voor verbetering vatbaar.¹

Universitair gevormde leraren

Het is voor de ontwikkeling van Nederland als kennisland van wezenlijke betekenis dat universitair gevormde wiskundeleraren les geven zowel in de onderbouw als in de bovenbouw van het vwo.

¹ Zie de laatste paragraaf in A. van Streun, Hoe staat ons Nederlands wiskundeonderwijs ervoor, *Nieuw Archief voor Wiskunde* 5/2 (2001), 42-50.

De invoering van de bachelor-masterstructuur is een goede aanleiding om te onderzoeken of onder passende voorwaarden na voltooiing van de bacheloropleiding wiskunde een lesbevoegdheid kan worden verleend. Dit onderzoek kan ook uitgebreid worden naar andere beroepsmogelijkheden voor wiskundebachelors.

6.2 Centrum voor Wiskunde en Informatica

Het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) richt zich op de toegepaste onderdelen van de wiskunde en informatica en op het toepassen van nieuw ontwikkelde methoden op problemen uit de maatschappij. De bevordering van de vorming van spin-off bedrijven is een onderdeel van het beleid. Het CWI kan een belangrijke rol spelen in de beschreven strategie van profilering en clustering. Indien universitaire capaciteit hiertoe ontbreekt, dient het CWI een aanjaag- en ondersteuningsfunctie te hebben bij nieuw op te zetten onderzoeksrichtingen. De centrumfunctie van het CWI kan worden versterkt door een beleid van flexibele aanstellingen en uitwisseling met universiteiten. Ook heeft het CWI een taak bij de ondersteuning van infrastructuur (bibliotheek, computerfaciliteiten), organisatie (congressen, internationale programma's) en kennistransfer.

In de voorgestelde nieuwe structuur biedt het CWI de volgende mogelijkheden in aanvulling op de universitaire activiteiten:

- het initiëren van nieuwe thema's in samenwerking met universitaire instellingen (kweekvijverfunctie),
- kennis en onderzoek gericht op transfer naar het bedrijfsleven,
- interface met informatica,
- plaats voor sabbaticals van Nederlandse (en buitenlandse) wiskundigen.

6.3 EURANDOM

Het in 1997 opgerichte en sinds 1998 operationeel zijnde onderzoeksinstituut EURANDOM verricht in Europees verband onderzoek in de statistiek, kansrekening en stochastische besliswiskunde. Om

maximaal profijt te kunnen trekken van het feit dat dit Europees gerichte instituut in Nederland is gevestigd, is het noodzakelijk het Nederlandse onderzoek op deze gebieden en dat van EURANDOM op elkaar af te stemmen. Met name liggen hier kansen op het gebied van de stochastische netwerken, de statistische spraakherkenning en beeldanalyse, de toepassingen van statistiek en kansrekening in de moleculaire biologie (het analyseren van grote gegevensbestanden), de financiële wiskunde, de industriële statistiek en de toepassingen van de kansrekening in de natuurkunde. EURANDOM is een voorbeeld van concentratie van onderzoek onder leiding van senior onderzoekers dat goed aansluit bij de voorstellen van deze nota. Dit instituut trekt ook veel jonge onderzoekers uit het buitenland. Het veilig stellen van de verdere financiering van EURANDOM is nodig en van groot belang voor de Nederlandse wiskunde.

6.4 Vrouwen in de wiskunde

Het aantal vrouwen dat werkzaam is als wiskundeonderzoeker is groeiende, maar nog steeds beduidend lager dan wat men op grond van de samenstelling van de Nederlandse bevolking zou mogen verwachten. Bovendien bereiken nog maar zeer weinig vrouwen een leidinggevende positie in het wiskundeonderzoek.

NWO-Stimuleringsprogramma's als ASPASIA en MEERVOUD, waarmee een extra prikkel wordt gegeven om vrouwen naar UHD- of (deeltijds) UD-posities te laten doorstromen, zijn daarom zeer welkom. De vraag rijst echter of er niet ook andere maatregelen nodig zijn om het wiskundeonderzoek voor vrouwen aantrekkelijker te maken en de participatie van vrouwen te vergroten in dit van oudsher door mannen gedomineerde gebied. Vrouwen dragen graag vroeg in hun loopbaan bestuurlijke verantwoordelijkheid en hebben een voorkeur voor werken in groepsverband. Een persoonlijk begeleidingstraject voor elke individuele wiskundige academische onderzoekster zou daarom een waardevolle investering kunnen zijn. De ARW heeft het initiatief genomen om in deze richting nader onderzoek te doen. Een belangrijk deel

van de teruggang in de instroom van wiskunde - studenten zou teniet gedaan kunnen worden indien de participatie van vrouwen in de wiskunde zou worden vergroot.

6.5 Studieuomgeving

Voorgesteld wordt jonge wiskundestudenten vroeg op te nemen in de wiskundige werkuomgeving. De oogmerken zijn:

- de studenten deel te doen zijn van de wiskundige werkgemeenschap met alle sociale voordelen van dien;
- het perspectief op de toekomstige beroepsuitoefening te verbeteren;
- op aantrekkelijke wijze een bijdrage te leveren aan de financiering van de studiekosten.

Dit kan worden gerealiseerd door wiskundestudenten vanaf hun tweede studiejaar aan te stellen als assistent met een kleine taak in onderwijs, onderzoek of wiskundige dienstverlening en met een overeenkomstige beloning. Op deze wijze wordt ook onderzoekstijd vrij gemaakt worden voor de junior-onderzoekers (aio's en postdocs).



Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Michel Vellekoop

Geboren

16 september 1971

Werkzaam bij

- Faculteit der Toegepaste Wiskunde, Universiteit Twente

Onderzoeksterrein

- Financiële wiskunde

Promotie

- 'Rapid Detection and Estimation of Abrupt Changes using Nonlinear Filtering' (theorie der stochastische processen), Londen, 1998.

Promotor

- Martin Clark (Imperial College, Londen)

Werkt samen met

- Arun Bagchi
- Arianto Wibowo (beiden UT)
- Berend Roorda (FELab, UT)
- Dimitri Neumann (CWI)
- Hans Beumee (Riskcare, Londen)
- Jiri Hoogland (Mirant)
- Hans Schumacher (KUB)
- Hans Nieuwenhuis (RUG)
- Mark Davis
- Martin Clark (beiden Imperial College, Londen)
- Peter Spreij (UvA)
- Ben Hanzon (VU)
- Nico van de Hijligenberg (SFISS Technology)

Financiering

- Eerste geldstroom (TW)
- CTIT (UT)

Het ontwikkelen van realistische maar inzichtelijke modellen voor de steeds complexer wordende contracten in de financiële industrie is een enorme intellectuele uitdaging. Steeds weer blijkt dat modellering van de risico's die banken en verzekeraars lopen niet alleen vraagt om toepassingen, maar vooral ook om uitbreidingen van de tak van de wiskunde die zich bezig houdt met de analyse van onzekere processen. De enorme theoretische ontwikkelingen die op dit gebied gaande zijn, worden geïnspireerd door de grote hoeveelheid vragen die vanuit de praktijk aan academici gesteld worden.

De meerwaarde van financiële wiskunde ligt in het herkennen en afdekken van de enorme risico's in steeds complexer wordende contracten. De grote veranderingen in actuele risico's voor verzekeraars, beursfraudezaken, de wildgroei aan complexe financieringsconstructies die aan vaak onwetende consumenten aangeboden worden: het zijn allemaal voorbeelden die de noodzaak van objectieve en kwantitatieve methoden in de financiële wereld benadrukken.

Motivatie Financiële wiskunde is essentieel voor de Nederlandse kenniseconomie. De grote banken en verzekeraars, maar bijvoorbeeld ook de Amsterdamse beurs na de fusie binnen Euronext, zijn internationale spelers van formaat. ABN AMRO, de ING Groep, de Rabobank, The Derivatives Technology Foundation, Robeco, Nationale-Nederlanden en vele anderen hebben goede contacten met de Nederlandse universiteiten en vragen doorlopend om meer academische inbreng. Universiteiten kunnen bij lange na niet voldoen aan de vraag naar studenten voor stages en banen.

Ambitie Wiskundige theorie biedt de mogelijkheid om zekere uitspraken te doen over eigenschappen van onzekere processen. Daarbij houd ik doorlopend in het oog welke resultaten wel en niet nuttig zijn voor de praktijk. Door grondig wiskundeonderzoek ben je soms in staat de essentie van processen of eigenschappen zo helder voor ogen te krijgen, dat het mogelijk wordt een praktisch probleem op te lossen.

Werkwijze Financiële wiskunde is in Nederland een relatief nieuw vakgebied. Er zijn veel samenwerkingsverbanden. Op onderwijsgebied zijn er de internationale Masterclasses Finance die Twente in samenwerking met de RUG, UU en KUN organiseert, de AIO-cursussen verzorgd in samenwerking met de KUB en VU, en de Stieltjes Onderwijsweken en de Winter School. Op onderzoeksniveau werk ik samen met mensen van het CWI en de RUG en in Londen en Amsterdam met zowel academici als mensen uit het bedrijfsleven (Imperial College, Riskcare Ltd, SFISS, Newtrade Options).

7 Maatregelen

De financiële injectie die in deze nota wordt bepleit is erop gericht de veelbelovende recente initiatieven en ontwikkelingen, zoals geschetst in de voorgaande paragrafen, vanuit een landelijk perspectief krachtig te stimuleren.

7.1 Voorgestelde maatregelen

MAAT-REGEL 1 Stel extra onderzoeksleders van hoogleraar-niveau aan met bijbehorende onderzoekgroep.

Doel is om jong talent de gelegenheid te bieden een onderzoekgroep op te bouwen die een sterke schakel vormt in de structuur van het Nederlandse wiskundeonderzoek. Aansluitend bij de lokale initiatieven en de reeds bestaande profilering kan de vorming van twaalf à veertien onderzoekclusters op deze wijze in ongeveer vijf jaar plaatsvinden.

De extra posities sluiten naar verwachting aan bij reeds aanwezige activiteiten. Daarom kan redelijkerwijs een toewijzing van vier posities in 2003 reeds de vorming van tenminste twee clusters mogelijk maken.

De financiering voor de nieuwe posities in de clusters moet worden veilig gesteld voor een periode van tien jaar. In die periode moet er duidelijkheid komen voor een meer structurele financiële inpassing in en door het universitaire bestel. De financiering wordt gematched door universiteiten, mogelijkerwijs in samenwerking met het CWI. Matching geschiedt door beschikbaar stellen van vergrote infrastructuur en reallocatie van middelen gericht op de vorming van onderzoekclusters. Tabel 6 geeft de kosten van deze maatregel weer voor de eerste vijf jaar.

2002	2 posities	0,5 M€
2003	4 posities	1,0 M€
2004	14 posities	3,5 M€
2005	21 posities	5,3 M€
2006	28 posities	7,0 M€

Tabel 6 Geschatte aantal posities en kosten voor de stimulering van de vorming van excellente onderzoekclusters voor de eerste vijf jaar

De toewijzing van 28 posities, alleen, is niet voldoende voor het creëren van alle twaalf tot veertien genoemde onderzoekclusters. Dat laatste vereist ook een actief beleid van de universiteiten. Van de maatregel zal echter een stimulerende invloed uitgaan zodat de nu door de universiteiten voorziene teruggang in het hooglerarenbestand over de komende vijf jaar voorkomen kan worden. In 2006 zullen dan ongeveer 120 hoogleraren beschikbaar zijn voor onderzoek en onderwijs waarmee de vorming van de twaalf tot veertien onderzoekclusters mogelijk is.

Voor de financiering van deze maatregel zal apart budget beschikbaar moeten komen van de Nederlandse overheid. Zie ook paragraaf 4.3.

Geschatte kosten: oplopend tot M€ 7 per jaar in 2006, daarna gelijkblijvend tot 2011 en vervolgens weer afnemend.

MAAT-REGEL 2 Vergroot het NWO-wiskundeonderzoeksbudget. Meer in het bijzonder stelt deze nota voor:

- Een stijging van het huidige aantal van tien naar vijftientig projecten per jaar in de open competitie wiskunde.
- Uitbreiding van het aantal 'grote' projecten, om zo de nationale infrastructuur van het wiskundeonderzoek te versterken. Bij een 'groot'project

wordt het onderzoek door tenminste drie oio's uitgevoerd.

- De stimulering van wiskunde op toepassingsgebieden, conform de aanbevelingen van de NWO-Adviescommissie voor de Wiskunde en in aansluiting op nieuwe uitdagingen.
- De stimulering van onderzoekprogramma's opgezet in een Europees kader.

Geschatte kosten: oplopend tot M€ 3 per jaar.

MAAT-
REGEL 3

Zet twee internationaal concurrerende masteropleidingen op. Stel deze via een beurzenprogramma in staat om buitenlands talent te werven.

Het is van groot belang om voldoende onderzoekers voor elk van de deelgebieden in de wiskunde op te leiden. Een substantiële instroom in de masteropleidingen uit het buitenland is noodzakelijk. Het gaat bij deze maatregel om stimuleringsmaatregelen voor het opzetten van de masteropleidingen en om werving van talent.

Geschatte kosten: M€ 0,7 per jaar, aflopend naar M€ 0,4 per jaar.

MAAT-
REGEL 4

Breid het programma 'Leraar in onderzoek' substantieel uit, naar 20 posities per jaar.

Doel van deze maatregel is het verbeteren van de contacten tussen het voorbereidend wetenschappelijk onderwijs en het universitaire wiskundeonderzoek. Tevens bereikt men hierdoor dat middelbare scholieren een beter beeld verkrijgen van de universitaire wiskundestudie.

Geschatte kosten: van M€ 0,2 naar M€ 0,5 per jaar.

MAAT-
REGEL 5

Ondersteun EURANDOM.

De opbouw van EURANDOM, het Europees gericht instituut voor de stochastiek, vergt een bijdrage van Nederlandse kant. Deze ondersteuning heeft tot doel de basis te versterken voor het ontwikkelen van onderzoekprogramma's die mede gefinancierd worden door de Europese Research Councils en de EU-subsidiemechanismen.

Geschatte kosten: oplopend tot maximaal M€ 0,9 in 2004 met een aflopend karakter daarna.

MAAT-
REGEL 6

Geef vrouwen betere kansen in het wiskundeonderzoek.

Deze maatregel wordt bij voorkeur ingepast in één van de NWO-programma's zoals MEERVOUD. Instellingen dienen daartoe in eerste instantie zelf voorstellen te formuleren.

Geschatte kosten: oplopend van M€ 0,1 tot M€ 0,2 per jaar.

MAAT-
REGEL 7

Neem jonge wiskundestudenten vroeg op in de wiskundige werkomgeving.

Dit kan worden gerealiseerd door wiskundestudenten vanaf hun tweede studiejaar aan te stellen als assistent met een kleine taak in onderwijs, onderzoek of wiskundige dienstverlening. De studenten worden op deze wijze al vroeg betrokken bij de wiskundige werkgemeenschap. Ook kan op deze wijze onderzoekstijd vrij gemaakt worden voor de junior-onderzoekers (aio's en postdocs). Het betreft hier een tijdelijke maatregel voor een periode van vijf jaar.

	2002	2003	2004	2005	2006	totaal
maatregel 1	0,5	1,0	3,5	5,3	7,0	17,3
maatregel 2	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	11,0
maatregel 3	0,7	0,7	0,6	0,5	0,4	2,9
maatregel 4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	1,7
maatregel 5	0,1	0,5	0,9	0,7	0,4	2,6
maatregel 6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9
maatregel 7	0,2	0,5	1,0	1,0	0,7	3,4
totaal	2,8	5,2	8,6	11,2	12,0	39,8

Tabel 7 Financieel overzicht van de voorgestelde maatregelen

Geschatte kosten: oplopend van M€ 0,2 tot M€ 1,0 per jaar voor een periode van vijf jaar.

7.2 Kosten

De kosten van de voorgestelde maatregelen worden samengevat in tabel 7. Het gaat in totaal om een bedrag van 39,8 miljoen euro, te besteden in een periode van vijf jaar.

7.3 Procedures

Voor de verdeling van de onder Maatregel 1 genoemde posities wordt de volgende procedure voorgesteld:

- a) NWO beheert het fonds en nodigt de instellingen uit met voorstellen te komen; de instellingen geven daarbij expliciet aan waaruit hun eigen inspanning bestaat.
- b) Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde selecteert, beoordeelt en prioriteert de voorstellen. Clustervorming is daarbij een belangrijk criterium.
- c) De verantwoordelijkheid voor de selectie van de kandidaat berust bij de instelling; een vertegenwoordiger van de NWO-Adviescommissie Wiskunde maakt deel uit van de benoemingsadviescommissie.
- d) Het uiteindelijke benoemingsvoorstel heeft de instemming van NWO.



Motivatie en ambities van jonge onderzoekers: Jan Bouwe van den Berg

Geboren

11 maart 1973

Werkzaam bij

- University of Nottingham

Onderzoeksterrein

- Niet-lineaire differentiaalvergelijkingen

Promotie

- 'Dynamics and equilibria of fourth order differential equations', Universiteit Leiden, 2000.

Promotor

- Prof.dr.ir. L.A. Peletier

Werkt samen met

- John King (Nottingham)
- Rob van der Vorst (VU)
- Robert Ghrist (Georgia Tech)
- Didier Smets (Louvaine)
- Sigurd Angenent (Madison)
- Joost Hulshof (VU)
- Stephan van Gils
- Timco Visser (beiden UT)

Financiering

- Postdoc met een fellowship van de EPSRC voor twee jaar.

De vergelijkingen die ik bestudeer komen vaak uit fysische modellen, bijvoorbeeld modellen voor lichtpulsen in glasfibers of voor dunne vloeistoflagen (zoals verf) en, meer in het algemeen, voor patroonvorming in de natuur en in natuurkundige experimenten. Vanuit wiskundig perspectief is het doel om (variationele en topologische) methoden te ontwikkelen voor het bestuderen van hogere orde differentiaalvergelijkingen en stelsels vergelijkingen.

Leidende vragen in mijn onderzoek zijn: hoe gedraagt het systeem zich op lange en middellange termijn? Als er meerdere oplossingen zijn, hoe beschrijf je dan alle mogelijkheden? En welke oplossingen zijn het meest relevant? Welke oplossingen zijn 'toevallig' (dat wil zeggen, afhankelijk van de details van het model) en welke zijn structureel?

Motivatie Het is noodzakelijk technieken te ontwikkelen die inzicht kunnen geven in zeer complexe systemen in allerhande toepassingsgebieden, zoals vloeistofdynamica en biologische processen. Veel problemen kunnen met behulp van computers worden doorgerekend, maar voor de interpretatie van de uitkomsten is het essentieel om te kunnen inschatten in welke mate de uitkomsten betrouwbaar zijn. Hiervoor is wiskundige analyse onontbeerlijk. De wetenschap en de maatschappij hebben behoefte aan onomstotelijk vaststaande feiten waarop gebouwd en voortgeborduurd kan worden. Door haar abstractie is de wiskunde daarvoor het expressiemiddel bij uitstek.

Ambitie Mijn onderzoek is een zoektocht naar mooie verbanden die soms de intuïtie bevestigen en soms juist verrassend anders zijn dan verwacht.

Werkwijze Met collega's samenwerken en ideeën uitwisselen. Ik gebruik computersimulaties voor het krijgen van een globaal overzicht en wiskundige analyse voor het verwerven van inzicht.

Bijlage 1 Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde

Het Overleg Onderzoekscholen Wiskunde (OOW) is in 1999 ingesteld met het oogmerk een nationaal kader te vormen voor overleg over en afstemming van het wiskundeonderzoek in Nederland en voor de landelijke coördinatie van de activiteiten van de onderzoekscholen.

Het OOW bevordert de landelijke samenwerking in onderzoek en in onderwijs aan aio/oio's en hogerejaars studenten, stimuleert het wiskundeonderzoek vanuit een landelijk perspectief en behartigt de belangen van het wiskundeonderzoek in Nederland richting overheid, NWO en het bedrijfsleven.

De deelnemende onderzoekscholen zijn:

- Mathematisch Research Instituut (MRI), de onderzoekschool wiskunde waarin de volgende universiteiten samenwerken: RUG, UU, KUN, UT.
- Thomas Stieltjes Instituut voor Wiskunde (Stieltjes Instituut), de onderzoekschool wiskunde waarin de volgende universiteiten samenwerken: UvA, VU, UL, TUE en EUR. Het Stieltjes Instituut werkt samen met CWI en EURANDOM.
- Euler Institute for Discrete Mathematics and its Applications (EIDMA), de onderzoekschool voor de discrete wiskunde, waarin de volgende Nederlandse universiteiten samenwerken: TUD, TUE, UT, KUB en RUG. Verder wordt aan EIDMA deelgenomen door het CWI, vier universiteiten in België en Noordrijn-Westfalen en enige industriële laboratoria.

- Dutch Institute for Systems and Control (DISC), de Nederlandse onderzoekschool voor systeemtheorie en regeltechniek, waarin de volgende universiteiten samenwerken op het gebied van electrotechniek, werktuigbouw en wiskunde: TUD, TUE en UT, met participatie van RUG, VU en UM.
- J.M. Burgerscentrum, de Nederlandse onderzoekschool voor vloeistofmechanica, waarin de volgende universiteiten samenwerken: TUD, TUE, UT, RUG en KUN.

Het OOW vertegenwoordigt de actieve onderzoekers verbonden aan de Nederlandse universitaire instellingen op het gebied van de wiskunde en haar toepassingen. In het overleg participeren ook de voorzitter van de Advies Commissie Wiskunde (ACW) van het Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen van NWO en de voorzitter van Kamer Wiskunde van de VSNU. Het OOW coördineert zijn acties met de directeurs van het CWI en EURANDOM en met het bestuur van de Akademie Raad voor Wiskunde. Via de onderzoekscholen is er ook een bescheiden relatie met het bedrijfsleven. Op deze wijze is een nationaal kader gevormd voor overleg en afstemming van het wiskundeonderzoek in Nederland.

De wetenschappelijk directeurs van MRI, Stieltjes en EIDMA vormen samen met de voorzitter het dagelijks bestuur van het OOW. Dr. L. Zandee (NWO-EW) voert het ambtelijk secretariaat.

Bijlage 2 Public relations

De Nederlandse wiskundige gemeenschap heeft reeds verschillende stappen genomen ter versterking van de positie van de wiskunde. In het bijzonder is er sprake van een beduidende toename in de 'public relations', erop gericht het imago van de wiskunde in Nederland te verbeteren. Als voorbeelden noemen we:

- de recente activiteiten van het Wiskundig Genootschap, waaronder de feestelijke onthulling van een gedenksteen voor Ludolph van Ceulen in de Pieterskerk te Leiden, en het geheel vernieuwde en zeer aantrekkelijke tijdschrift Nieuw Archief voor Wiskunde,
- stichting Industriële en Toegepaste Wiskunde (ITW) met symposia en het ITW-nieuws, een nieuwsbrief voor industrieel wiskundigen,
- het wiskundetijdschrift voor jongeren Pythagoras,
- stichting Vierkant voor Wiskunde met zomerkampen voor leerlingen in de leeftijd van tien tot zestien jaar,
- de Kangoeroewedstrijd, een enthousiasmerende wiskundewedstrijd voor leerlingen uit klas 1, 2 en 3 van de middelbare school,
- de Nederlandse Wiskunde Olympiade, een jaarlijkse

wiskundewedstrijd in twee rondes, waarmee veel wiskundig talent opgespoord wordt,

- de Wiskunde A- en B-lympiade van het Freudenthal Instituut, wiskundewedstrijden in klassenverband die aansluiten op het moderne wiskunde-onderwijs,
- de door universitaire instellingen ontwikkelde initiatieven om via masterclasses en open dagen vwo-leerlingen in aanraking te brengen met moderne ontwikkelingen in de wiskunde,
- Wiskids, een consortium dat opereert onder de gezamenlijke vlag van het Wiskundig Genootschap, de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren en de Nederlandse Vereniging voor Rekenen en Wiskundeonderwijs. Wiskids probeert wiskunde aantrekkelijk te maken voor leerlingen van de middelbare school. Partners zijn Ratio (KUN), Vierkant voor wiskunde, Wiskunde biedt Perspectief (NVvW en STW), de Nederlandse Wiskunde Olympiade, het tijdschrift Pythagoras en het Freudenthal Instituut (penvoerder). Wiskids wordt financieel gesteund door OC&W, Axis en de werkgeversorganisatie FME-CWM.

Bijlage 3 Raakvlakken met het bedrijfsleven en exacte en technische wetenschappen

De wiskundige contacten tussen de universitaire instellingen enerzijds en het bedrijfsleven en de dienstensector anderzijds zijn uitgebreid maar weinig structureel. Een kleine groep van universitaire wiskundigen is werkzaam bij het bedrijfsleven of in de dienstensector als wiskundig adviseur bij onderzoeksprojecten. Omgekeerd zijn ook onderzoekers uit het bedrijfsleven betrokken bij het universitaire onderzoek, veelal als bijzonder hoogleraar. Het CWI heeft een specifieke taak in de transfer van kennis en onderzoeksresultaten naar het bedrijfsleven. De wederzijdse contacten worden ook bevorderd door de activiteiten van de 'Studiegroep Wiskunde met de Industrie'. Deze bijeenkomsten zijn een initiatief van de sectie Industriële en Toegepaste Wiskunde van het Wiskundig Genootschap.

Wiskunde Toegepast

Het STW-Technologieprogramma Wiskunde Toegepast is een interface met het bedrijfsleven. Dit programma stimuleert de samenwerking tussen bedrijfsleven en wiskunde. Het streeft naar verbe-

tering van effectiviteit en diepgang van de toepassingen van de wiskunde. Het programma beoogt onder meer de maatschappelijke meerwaarde van wiskundigen met een open oog voor technologische toepassingen te benadrukken. De programmacommissie van Wiskunde Toegepast beoordeelt onderzoeksvoorstellen, organiseert workshops, conferenties en symposia en maakt de wiskundewereld toegankelijk voor organisaties en bedrijven die behoefte hebben aan toepasbare wiskunde.

Exacte en technische wetenschappen

Traditioneel speelt wiskunde een belangrijke rol binnen de exacte en technische wetenschappen. Wiskunde levert zowel de taal als het instrumentarium. De samenwerking met de exacte disciplines is derhalve goed ontwikkeld. In Nederland stimuleert het landelijke samenwerkingsverband wiskundige fysica de interface tussen wiskunde en fysica. De onderzoekscholen EIDMA, DISC en Burgerscentrum spelen een vergelijkbare rol met betrekking tot de technische wetenschappen.

Bijlage 4 Omvang wiskundestaf in 1980, 1990, 2000, 2005

		HL	UHD**	UD/TD	postdocs	promovendi
UL	1980	12,0	8,0	5,0	1,0	18,0
	1990	9,4	4,0	5,3	3,0	15,0
	2000	9,2	1,5	7,8	5,4	15,0
	2005	6,0	-	-	-	-
UU	1980	14,2	11,8	24,4	-	11,6
	1990	12,4	10,4	18,2	4,0	23,0
	2000	7,3	7,7	10,2	11,5	29,3
	2005	7,0	-	-	-	-
UvA	1980	18,6	18,9	3,0	-	14,2
	1990	10,6	3,0	10,9	4,0	14,0
	2000	10,8	5,1	9,4	6,5	23,0
	2005	9,0	-	-	-	-
RUG	1980	15,0	13,5	5,5	-	12,0
	1990	10,7	7,0	7,0	-	13,0
	2000	10,0	3,0	3,0	5,0	25,0
	2005	6,0	4,0	-	-	-
VU	1980	11,0	5,0	6,0	1,0	6,0
	1990	9,4	3,0	12,2	1,5	10,0
	2000	8,3	3,7	10,5	4,0	11,0
	2005	8,0	-	-	-	-
KUN	1980	11,0	9,2	9,1	1,0	11,0
	1990	9,4	9,0	7,6	-	19,0
	2000	6,0	8,2	4,0	1,0	12,6
	2005	3,0	8,0	-	-	-
TUD	1980	19,0	45,0	20,0	-	-
	1990	17,2	18,0	51,3	-	44,0
	2000	10,5	20,1	19,6	5,4	29,6
	2005	9,0	-	-	-	-
TUE	1980	21,3	47,5	2,2	2,0	18,0
	1990	14,2	10,6	41,3	0,0	21,0
	2000	10,0	8,1	22,2	2,0	21,0
	2005	8,0	-	-	-	-
UT	1980	14,3	36,8	13,6	-	2,0
	1990	12,1	12,0	48,7	-	17,0
	2000	8,6	13,5	19,0	4,5	24,9
	2005	7,0	10,0	-	-	-
CWI	2000	*	5,0	9,1	9,0	16,8
EUR	1990	6,8	9,9	19,9	-	-
	2000	-	4,0	6,0	-	-
	2005	1,0	-	-	-	-
KUB	1990	6,7	-	-	-	-
	2000	5,0	9,0	4,0	1,0	6,0
	2005	5,0	-	-	-	-
WU	2000	2,0	4,5	13,0	0,0	4,0
	2005	2,0	-	-	-	-
UM	2000	2,0	2,0	4,0	-	-
	2005	2,0	-	-	-	-
EURANDOM	2000	-	-	-	19,5	2,0

*) Het CWI kent geen hoogleraren. Wel zijn acht senior-medewerkers van het CWI als deeltijdhoogleraar in de wiskunde aan een universiteit verbonden.

***) Voor 1980 is het aantal wetenschappelijk hoofdmedewerkers vermeld. In 1990 bestaat deze postie niet meer.

Bijlage 5 Verwachte omvang voltijdse leerstoelen in 2005 bij ongewijzigd beleid

	Algebra, meetkunde en getaltheorie	Analyse en numerieke wiskunde	Discrete wiskunde en besliskunde	Statistiek en kansrekening	Mathematische fysica en systeemtheorie	Logica en grondslagen	totaal
UL	4	1	0	1	0	0	6
UU	3	3	0	1	0	0	7
UvA	2	2	0	1	2	2	9
RUG	1	3	0	1	1	0	6
VU	2	2	2	2	0	0	8
KUN	2	1	0	0	0	0	3
TUD	1	3	1	2	2	0	9
TUE	1	3	2	2	0	0	8
UT	0	1	2	1	3	0	7
EUR	0	0	1	0	0	0	1
KUB	0	1	3	0	1	0	5
WU	0	0	1	1	0	0	2
UM	0	0	2	0	0	0	2
totaal	16	20	14	12	9	2	73

NB. Het CWI kent geen hoogleraarplaatsen en is daarom niet in de tabel opgenomen.

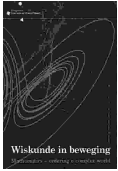
Bijlage 6 Omvang vaste wiskundestaf (hl, uhd, ud) in 2000/2001 per deelgebied

	Algebra, meetkunde en getaltheorie	Analyse en numerieke wiskunde	Discrete wiskunde en beslis-kunde	Statistiek en kansrekening	Mathematische fysica en systeemtheorie	Logica en grondslagen	totaal
UL	7,8	5,0	2,7	3,0			18,5
UU	6,2	11,2	1,0	2,9		3,9	25,2
UvA	3,0	8,7	1,0	5,6	3,0	4,0	25,3
RUG	2,0	10,0		1,0	3,0		16,0
VU	6,6	4,9	1,2	8,6	1,2		22,5
KUN	7,8	5,4	1,0	2,0	1,0	1,0	18,2
TUD	9,0	11,0	7,4	9,4	13,4		50,2
TUE	5,5	14,8	14,5	3,9	1,6		40,3
UT	1,0	15,5	14,2	4,0	6,4		41,1
CWI		9,7	0,6	3,8			14,1
EUR	2,0	2,0	4,0	2,0			10,0
KUB		1,0	11,0	4,0	2,0		18,0
WU		3,3	5,0	7,8	3,3		19,4
UM			8,0				8,0
totaal	50,9	102,5	71,6	58,0	34,9	8,9	326,8

NB. Om dubbeltelling te voorkomen zijn CWI-medewerkers die aan een universiteit zijn verbonden als deeltijdhoogleraar opgenomen bij de betreffende universiteiten.

Referenties

- 1 **Wiskunde in beweging**, *Rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde*, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, Zoetermeer, 1992.



De Verkenningcommissie

Wiskunde geeft in dit rapport een kritische analyse van de situatie anno 1992 en de verwachte en gewenste ontwikkeling van het wiskundeonderzoek en het hoger

onderwijs tegen de internationale achtergrond en de betekenis van die ontwikkeling voor de maatschappij. De conclusie luidt dat het wiskundeonderzoek aan de universiteiten van groot belang is en van goede kwaliteit maar te kleinschalig. De commissie bepleit een reductie in het aantal onderzoeksgroepen maar een uitbreiding van de vaste staf van een onderzoeksgroep tot 15 personen die gemiddeld 50% van hun tijd aan onderzoek besteden.

- 2(a) Prof.dr. H.A. van der Vorst, '**Gedachten over de mathematisering van de samenleving, gezien vanuit de wiskunde**'.

Dit essay dient als voorbereiding op een advies aan de Minister van OC&W over hoe in de wetenschap kan worden ingegaan op de mathematisering van de samenleving. De gegeven adviezen strekken zich uit over de beoefening van de wiskunde als één geheel en beogen ook de link met de samenleving en het bedrijfsleven te versterken.

- 2(b) Ir. K. Vos en Ir. L.F. van der Wal, '**Mogelijkheden van het versterken van de Wiskunde**'.

Dit is een bijdrage van TNO aan de discussie over de vraag op welke wijze vanuit de wiskunde kan worden ingegaan op de mathematisering van de samenleving. Sleutelwoorden waaraan wiskundeonderzoek dient te voldoen zijn 'excellente kennis', 'oplossingsgericht' en 'multidisciplinair'.

- 2(c) Prof.dr. R.J. Mokken, '**Wiskunde in gamma-perspectief**'.

Bepleit wordt een brede stimulering van de wiskundebeoefening en het wiskundig georiënteerd

onderzoek voortkomend uit de vragen vanuit de sociale wetenschappen en de financiële en economische sectoren. In deze bijdrage wordt speciale aandacht gevraagd voor het onderzoek en de positie van het wiskundeonderzoekers buiten de mathematische instituten.



De artikelen **2a**, **2b** en **2c** zijn gezamenlijk verschenen in: **Wiskunde in Nederland, Rapport Overlegcommissie Verkenningen**, Amsterdam 1996.

- 3 **Wetenschap en Techniek; Welvaart en Welzijn; Een verkenning van de oorzaken en gevolgen van de sterke daling van het aantal studenten in de natuur- en technische wetenschappen**, *Rapport van de commissie Natuur- en Technische Wetenschappen (commissie Verruijt)*, KNAW, 1997.



De oorzaken voor de sterk teruglopende instroom van bèta-studenten in de voorafgaande jaren worden geanalyseerd. Om aan de markt-vraag te kunnen voldoen is het nodig de bèta-instroom structureel te verhogen. Met name vrouwen vormen nu nog een klein deel van het totaal. Doelstelling is een groei van 20% te bereiken. Om die groei op te vangen is het onverantwoord om maatregelen te treffen die het totaal van de onderwijscapaciteit in de technische en natuurwetenschappen zouden aantasten.

- 4 Robert M. May, '**The scientific wealth of nations**', *Science* 275 (1997), 793-796. Zie ook: www.iwp.uni-linz.ac.at/LKU/97swn/97swn_c.html Dit artikel vergelijkt op diverse manieren het niveau van wetenschappelijk onderzoek per land. In de rangschikking volgens de Relatieve Citatie Impact (aantal citaties/aantal publicaties) scoren Zwitserland, Zweden, Denemarken en Engeland (respectievelijk 2e, 3e, 4e en 5e) beter dan Frank-

rijk en Duitsland (respectievelijk 14e en 15e). Dit verschil wordt verklaard door manier waarop het onderzoek tot stand komt: op universiteiten in plaats van op onderzoeksinstituten. Wat wiskunde betreft, stond Nederland in de mondiale rangschikking volgens de RCI over de periode 1981-1994 op plaats vijf.

5 **Vitaliteit en kritische massa**, *AWT rapport*, 1999.



De Adviesraad voor Wetenschaps- en Technologie-beleid pleit een concentratie van zowel het onderzoek als het onderwijs aan de universiteiten, ook voor de wiskunde.

Realisatie hiervan wordt in eerste instantie aan de universiteiten overgelaten maar als het gewenste doel niet bereikbaar blijft dient de minister in te grijpen. Voorstellen die het beoogde doel bereiken vereisen een reorganisatiebudget teneinde de veranderingen met de noodzakelijke snelheid te realiseren.

6 **De toekomst van het wiskundeonderzoek in Nederland (TWON)**, *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Akademie Raad voor de Wiskunde, Amsterdam, 1999.*



Geconstateerd wordt dat op sommige deelgebieden van de wiskunde een zorgelijke inkrimping van het hooglerarenbestand plaatsvindt, tegelijkertijd met een 'brain drain' naar het buitenland. De ARW-commissie

komt tot een aantal concrete aanbevelingen ter versterking van het wiskundeonderzoek en ter stimulering van de studenteninstroom voor de wiskunde.

7 A.J. Berkhout, **The dynamic role of knowledge in innovation**, *Delft University Press, 2000.*



Het boek introduceert het model van cyclische innovatie als een framework om het inzicht te verbeteren in de rol van wetenschappelijk onderzoek bij innovatie in de

businesswereld. Hierop voortbouwend beschrijft de auteur de toekomstige rol van de universiteit en concludeert dat een zuiver disciplinair gestructureerde universiteit niet in staat is aan de maatschappelijke verwachtingen te voldoen.

8 **Het Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie, Wetenschaps- en Technologie-Indicatoren**

www.minocw.nl/wetenschap/indicatoren/



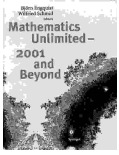
Dit rapport bevat een grote hoeveelheid kwantitatieve gegevens over de interne dynamiek van het Nederlandse 'research en development'systeem en besteedt aandacht aan de relaties en kennisinteracties tussen wetenschappelijk onderzoek en technologische ontwikkeling.

9 **Clay Mathematics Institute, Cambridge (MA)**, <http://www.claymath.org>

Het *Clay Mathematics Institute* (CMI) stelt zich ten doel wiskundige kennis te vergroten en te verspreiden; wiskundigen en andere wetenschappers te informeren over nieuwe wiskundige ontdekkingen en begaafde studenten aan te moedigen een wiskundige carrière te beginnen. Ter gelegenheid van het Wereld Wiskundig Jaar 2000 heeft het CMI geldprijzen van één miljoen dollar elk uitgelooft voor de oplossing van zeven fundamentele wiskundige problemen. Het CMI organiseert publiekslezingen, ondersteunt excellente onderzoekers, ondersteunt programma's voor getalenteerde studenten en organiseert workshops en cursussen voor experts om ideeën uit te wisselen en voor studenten om zich in te werken in nieuwe vakgebieden.

10 B. Engquist and W. Schmid (Eds.), **Mathematics Unlimited - 2001 and Beyond**, *Springer Verlag, Berlin, 2001.*

Dit lijvige boekwerk, waaraan 90 auteurs hebben meegewerkt, bevat 65 zeer leesbare overzichtsartikelen. Het geeft een overzicht van de ontwik-



kelingen en de perspectieven van de wiskunde rond de eeuwwisseling. Niet alleen de zuivere wiskunde komt aan bod, er is ook veel aandacht voor nieuwe toepassingsgebieden, zoals theoretische fysica, quantum computing, computationele wiskunde, algoritmen, en de wiskunde van het internet. De invloed van computers blijkt uit hun essentiële rol bij de ontdekking van nieuwe resultaten in de traditionele zuivere wiskunde. Ook de invloed van computers op het universitaire wiskundeonderwijs komt aan de orde.

Lijst van afkortingen en begrippen

ACW	Advies Commissie Wiskunde (NWO-EW)
aio	assistent in opleiding
ARW	Akademie Raad voor de Wiskunde (KNAW)
ASPASIA	NWO-programma om het aantal vrouwelijke UHD's te verhogen
AWT	Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiegebied
Axis	nationaal platform voor Natuur en Techniek in onderwijs en arbeidsmarkt
Burgerscentrum	onderzoekschool voor vloeistofmechanica
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica
DISC	onderzoekschool Dutch Institute of Systems and Control
EIDMA	onderzoekschool Euler Institute for Discrete Mathematics and its Applications
EU	Europese Unie
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
EURANDOM	European research institute for the study of randomness
EZ	ministerie van Economische Zaken
FME-CWM	Ondernemers- en werkgeversorganisatie in de metaal-, kunststof-, elektronica- en elektrotechnische industrie en aanverwante sectoren
FOM	stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie
fte	full-time equivalent (mensjaar)
ITW	stichting Industriële en Toegepaste Wiskunde
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
KUB	Katholieke Universiteit Brabant
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen
MEERVOUD	NWO-programma om het aantal vrouwelijke UD's te verhogen
M€	miljoen euro
MRI	onderzoekschool Mathematisch Research Instituut
NVvW	Nederlandse Vereniging voor Wiskundeleraren
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
NWO-EW	NWO-wetenschapsgebied Exacte Wetenschappen
OC&W	ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
oio	onderzoeker in opleiding
OOW	Overleg Onderzoekscholen Wiskunde
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
STW	Stichting Technische Wetenschappen
TUD	Technische Universiteit Delft
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
TWON	commissie Toekomst Wiskunde Onderzoek Nederland
UD	Universitair docent
UHD	Universitair hoofddocent
UK	United Kingdom
UL	Universiteit Leiden
UM	Universiteit Maastricht
UT	Universiteit Twente
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
VSNU	Vereniging van Nederlandse Universiteiten
VU	Vrije Universiteit
vwo	voorbereidend wetenschappelijk onderwijs
WG	Wiskundig Genootschap
WU	Wageningen Universiteit