

# De toekomst van het wiskunde-onderzoek in Nederland

Verkenningen, deel 1

© Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen

*Adres:* Kloveniersburgwal 29, 1011 JV Amsterdam

*Postadres:* Postbus 19121, 1000 GC Amsterdam

*Telefoon:* 020-5510700

*Fax:* 020-6204941

*E-mail:* [knaw@bureau.knaw.nl](mailto:knaw@bureau.knaw.nl)

*www-adres:* <http://www.knaw.nl>

Meerdere exemplaren van deze uitgave kunt u bestellen bij de Afdeling Edita,  
telefoon 020-5510780

ISBN 90-6984-266-1

Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen  
Akademie Raad voor de Wiskunde

# De toekomst van het wiskunde-onderzoek in Nederland

Amsterdam, 1999



## Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting	9
Inleiding	11
1 Voorgeschiedenis	11
2 Opdracht	12
i. De plaats van de wiskunde	13
1 Voorbeelden van actuele toepassingen	14
2 Fundamentele versus toegepaste wiskunde	16
3 De wiskunde naar buiten	17
ii. Het wiskunde-onderwijs	19
1 Maatschappelijke behoefte aan wiskundigen	19
2 De geringe studenteninstroom	20
3 Het stimuleren van bèta-talent	21
4 De lerarenproblematiek	22
iii. De wiskunde aan de universiteiten	24
1 Onderzoek	24
2 Onderwijs	25
3 Wiskunde als tweede studie	26
iv. Aanbevelingen	29
Literatuur	33
Bijlagen	35
1 Samenstelling en opdracht van de commissie	37
2 Studenteninstroom in internationaal perspectief	38
3 Leerstoelen	39
4 Deelgebieden van de wiskunde	40
5 Hoogleraren wiskunde per 1 januari 1999	41
6 Leerstoelmutaties per deelgebied	43
7 Leeftijdverdeling hoogleraren	44
8 Publicaties in internationaal perspectief	45
9 Netto export van hoogleraarstalent	46
Lijst van afkortingen	47



# Voorwoord

Het in juni 1999 verschenen *Wetenschapsbudget 2000* van minister Hermans (ocenw) kondigt aan dat de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen een centrale taak krijgt bij het totstandkomen van verkenningen vanuit wetenschappelijk perspectief.

Verschijnt daarmee iets nieuws onder de zon? Eigenlijk niet. Al in 1992 verklaarde de KNAW in haar nota *Adviessector Akademie* dat zij het accent van haar advieswerk – naast kwaliteitsevaluaties – wilde leggen bij verkenningen. Met verkenningen wordt bedoeld – aldus die nota – het in kaart brengen van wetenschappelijke ontwikkelingen op een bepaald gebied, het vaststellen van de Nederlandse positie in internationaal vergelijkend perspectief en het doen van aanbevelingen voor het te voeren beleid.

In de afgelopen jaren heeft de Akademie deze woorden in daden omgezet. Met name de samenwerking met de Overlegcommissie Verkenningen bleek vruchtbaar. Een serie rapporten over Chemie (1995), Aardwetenschappen (1996), Cognitiewetenschappen (1997) en Biologie (1997) zag het licht.

Het *Wetenschapsbudget 2000* geeft nieuwe impulsen aan de verkenningsfunctie van de Akademie. Het geeft ook aanleiding om de zichtbaarheid van de verkenningen te vergroten door ze in een eigen publicatiereeks onder te brengen.

De wiskunde mag van deze reeks het spits afbijten. Te hopen valt dat de conclusies van de Akademie Raad van de Wiskunde daardoor nog meer effect sorteren. De boodschap van het voorliggende rapport is dat zonder weloverwogen doch krachtig ingrijpen de kwaliteit en capaciteit van de wiskundebeoefening zodanig wordt aangetast dat een veelheid van wetenschapsgebieden en maatschappelijke sectoren daarvan schade zullen ondervinden. Dat is een dramatische boodschap die alle aandacht verdient van beleidsmakers, van minister tot faculteitsbestuurder.

Prof. dr. R.S. Reneman  
president



# Samenvatting

De sterk toegenomen mathematisering van de maatschappij vraagt om meer wiskundige kennis en inzicht, een evenwichtige opbouw van de wetenschappelijke staf en een groot aantal jonge wiskundigen.

De, ook naar internationale maatstaven, opmerkelijk lage instroom van studenten wiskunde en lage productie van leraren wiskunde bedreigen dan ook de kwaliteit van het Nederlandse wiskunde-onderwijs en -onderzoek en op langere termijn ook de positie van Nederland als kennisland.

Ten behoeve van beleidsbepalende gremia heeft de Akademieraad voor de Wiskunde, ressorterend onder de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, een commissie ingesteld met de opdracht om een kwantitatief en kwalitatief onderbouwd advies op te stellen omtrent de ontwikkelingen van het wiskunde-onderzoek in Nederland voor de komende tien jaar. Dit rapport is het resultaat van de uitwerking van deze opdracht.

In het rapport wordt de plaats van de wiskunde aan de hand van vele uiteenlopende voorbeelden toegelicht. Er wordt gewezen op het belang van de interactie tussen wiskunde en haar omgeving, en op mogelijkheden deze interactie te versterken. Ook de rol die de fundamentele wiskunde hierbij speelt wordt belicht. Verder wordt betoogd dat het wiskunde-onderwijs voor getalenteerde leerlingen

van 12-15 jaar te vlak is en dat het beroep van leraar wiskunde aantrekkelijker gemaakt moet worden. Hierbij is tevens van belang dat het imago van de wiskundige wordt verbeterd.

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

Een vermindering van het aantal opleidingsplaatsen voor wiskunde wordt ongewenst geacht vanwege de doelstelling om de instroom van studenten bij de wiskunde-opleidingen te bevorderen, en daarbij ook het belang van wiskunde als bijvak voor andere studies en de ondergewaardeerde functie van de wiskunde als tweede studie. Handhaving vereist wel landelijke coördinatie in de bovenbouw van de wiskunde-opleidingen.

De commissie komt onder andere tot de volgende concrete aanbevelingen:

- De samenwerkende onderzoekscholen wiskunde dienen een platform te vormen dat landelijke zwaartepunten en stimuleringsgebieden kiest. Instrumenten hierbij zijn zogenaemde themajaren en dakpanconstructies.
- Met name voor de deelgebieden die in de gevarenzone zijn gekomen dient een landelijk leerstoelenbeleid te komen.
- Hogerejaarscolleges wiskunde dienen landelijk te worden gecoördineerd door dit platform van onderzoekscholen.
- De samenwerking tussen wiskunde en de bèta- en gammadisciplines en de industrie dient (financieel) aantrekkelijker gemaakt te worden, bijvoorbeeld met een multidisciplinair project op het gebied van 'communicatie en logistiek'.
- Door gerichte maatregelen en een betere coördinatie dient de instroom van studenten wiskunde op het peil van andere Europese landen gebracht te worden.
- Het bèta-talent dient gestimuleerd te worden, met name in de leeftijd van 12 tot 15 jaar.
- On- en onderbevoegde docenten dienen via universiteiten en hogescholen een gerichte, specifiek op deze doelgroepen toegesneden, opleiding te krijgen.

# Inleiding

## 1. Voorgeschiedenis

In juni 1989 werd de Verkenningcommissie Wiskunde ingesteld door de toenmalige minister van Onderwijs en Wetenschappen met het doel ‘een beeld te verkrijgen van de huidige, verwachte en gewenste ontwikkeling van het wiskundig onderzoek en het hoger onderwijs in de wiskunde, van de Nederlandse positie op dat terrein tegen de internationale achtergrond, en van de betekenis van die ontwikkeling voor de maatschappij’. Dit leidde in februari 1992 tot het rapport *Wiskunde in Beweging* [1], waarin onder andere werd geconcludeerd dat er een negatieve beeldvorming van de wiskunde onder scholieren is, dat het mathematiseringsproces van wetenschap en maatschappij een vlotte doorstroming van wiskundige kennis naar de toepassingen vereist, en dat het wetenschappelijk onderzoek in Nederland (te) kleinschalig is. Naast aanbevelingen betreffende het onderwijs werden met betrekking tot het onderzoek onder andere taakverdeling en samenwerking tussen de universiteiten, alsmede een verhoging van de eerste geldstroom voor de wiskunde, voorgesteld. Het rapport had als kwantitatieve basis de jaren 1980–1990.

Het advies van de Verkenningcommissie Wiskunde om de eerste geldstroom structureel te verhogen werd door de Overlegcommissie Verkenningen (ocv) in het rapport *Koersen op Kennis* [2] van mei 1994 onvoldoende onderbouwd geacht.

Er werd in dit rapport een aantal meer toepassingsgerichte alternatieven als opties genoemd voor de toekomst van de wiskunde. Deze alternatieven werden in de door de OCV georganiseerde conferentie ‘Wiskunde in Nederland’ op 10 april 1996 besproken. Hierbij werd geconcludeerd dat vergaande profilering van en netwerking tussen de verschillende wiskundefaculteiten onontbeerlijk is om de huidige problematiek het hoofd te kunnen bieden. Dit standpunt is overgenomen in het eindrapport van de OCV van juni 1996, *Een vitaal kennisstelsel* [3].

Een KNAW-commissie die op verzoek van de OCV werd ingesteld, de Commissie Toekomst Natuur- en Technische Wetenschappen, beter bekend als de Commissie Verruijt, diende het kader te scheppen voor profilering van de faculteiten, concentratie van het onderzoek, en mogelijke vormen van multidisciplinaire samenwerking. In mei 1997 verscheen het rapport *Wetenschap en Techniek — Welvaart en Welzijn* [4] van deze commissie. Daarin worden adviezen gegeven die betrekking hebben op alle bèta-studies, maar er wordt weinig aandacht geschonken aan de wiskunde afzonderlijk. In het *Wetenschapsbudget 1997* [5] kondigde de minister echter wel aan dat hij NWO, in samenwerking met de VSNU, zou vragen de taakverdeling op het gebied van de wiskunde nader in te vullen, rekening houdend met de inhoud van het rapport van de Commissie Verruijt. Ook voor andere disciplines werden dergelijke beleidsmaatregelen voorgesteld. Het ligt dus in de lijn der verwachting dat er in de nabije toekomst opnieuw naar de taakverdeling binnen de universiteiten gekeken zal worden.

## 2. Opdracht

De Akademieraad voor de Wiskunde (ARW) ziet het mede als zijn taak om ervoor te zorgen dat er, ten behoeve van het ministerie van OCenW en andere beleidsbepalende gremia, de nodige informatie beschikbaar is over het wiskunde-onderzoek en het universitaire wiskunde-onderwijs in Nederland, en dat er een helder beeld bestaat van de voor de wiskunde nodige en gewenste ontwikkelingen. De ARW heeft daarom een commissie in het leven geroepen (voor de samenstelling van deze ad hoc commissie zie Bijlage 1) met de opdracht om een kwantitatief en kwalitatief onderbouwd advies op te stellen omtrent de ontwikkelingen van het wiskunde-onderzoek in Nederland voor de komende tien jaar. In het bijzonder diende de commissie aandacht te geven aan de punten zoals aangegeven in Bijlage 1.

Het voorliggende rapport is de uitwerking van deze opdracht.

In de hoofdstukken I-III wordt een schets gegeven van de wiskundige omgeving in Nederland, waaruit een aantal knelpunten naar voren komt. In hoofdstuk IV worden concrete aanbevelingen gedaan om deze knelpunten op te lossen.

# 1. De plaats van de wiskunde

Men kan de wiskunde karakteriseren als de wetenschap die patronen en structuren onderzoekt. Dat kunnen getalsmatige of meetkundige structuren zijn, structuren van vorm of beweging, structuren in taal en communicatie, structuren in kansen en risico's, structuren in gegevensbestanden en dataverkeer, of zelfs structuren in menselijke opinies en gedragingen.

Overal waar de mens structuren blootleegt wordt wiskunde toegepast of ontwikkeld. De alomtegenwoordigheid van natuurwetenschappen en techniek in het leven van alledag zou zonder wiskunde ondenkbaar zijn. De mathematisering is in vrijwel alle gebieden van de maatschappij doorgedrongen, niet alleen in de natuurwetenschappen en techniek, maar ook in de levenswetenschappen, de gedragswetenschappen en zelfs de taalwetenschappen en hun gebruik in de maatschappij.

De wiskunde dient hierbij niet slechts gezien te worden als een collectie theorieën en reken- en andere instrumenten, die in een ver verleden eens en voor altijd zijn ontwikkeld en die, in hun voltooid en definitieve vorm, nu alleen nog maar door gebruikers behoeven te worden toegepast. Integendeel, wiskunde is voortdurend in beweging. Een kort, onvolledig en min of meer willekeurig overzicht van actuele toepassingen van wiskunde in ontwikkeling moge dit illustreren.

## 1. Voorbeelden van actuele toepassingen

### *Grootschalig rekenen*

De modellering en analyse van zeer complexe fysische systemen, zoals bijvoorbeeld de getijdenbewegingen op de Noordzee of de luchtstroming rond een vliegtuigvleugel, worden tegenwoordig verricht met behulp van grootschalige berekeningen op vectorcomputers. Daarbij worden nieuwe wiskundige technieken ontwikkeld en toegepast. Dit onderzoek gebeurt zowel binnen de universiteiten als binnen de grote onderzoekslaboratoria van de overheid en van het bedrijfsleven. Ook het CWI, het para-universitaire instituut voor wiskunde en informatica in Amsterdam, is zeer actief op dit terrein.

### *Statistische technieken*

In toenemende mate worden in tal van uiteenlopende gebieden statistische technieken toegepast. Was het in het verleden onmogelijk om grote databestanden uitvoerig te analyseren, thans zijn er vele wiskundige methoden voor beschikbaar. In dit verband kan ook gewezen worden op de statistische technieken waarmee in de industrie de effectiviteit en de kwaliteit van productieprocessen worden gecontroleerd. Het grote belang van deze ontwikkelingen komt onder andere tot uitdrukking in de oprichting van EURANDOM, het in Eindhoven gevestigde Europese onderzoeksinstituut voor kansrekening, statistiek en stochastische besliskunde.

### *Logistiek*

Veel wiskundige optimaliseringstechnieken uit de besliskunde kunnen thans met behulp van krachtige computers en geavanceerde rekenmethoden worden ingezet bij de distributie van goederen, de inzet van mensen en materieel, het opstellen van onderhouds- en vervangingsstrategieën, en het reguleren van verkeer. De economische waarde van zulke toepassingen kan nauwelijks worden overschat.

### *Deeltjesfysica*

Fundamentele resultaten uit de moderne algebraïsche meetkunde hebben in belangrijke mate bijgedragen aan de ontwikkeling van de 'snarentheorie', die gebruikt wordt voor unificatie binnen de theoretische natuurkunde. In feite is er in deze discipline sprake van een nauwe vermenging van wiskunde en natuurkunde, waarbij beide disciplines elkaar wederzijds beïnvloeden en stimuleren. Net als in het verleden zal deze symbiose bepalend zijn voor het beeld dat we van de wereld hebben.

### *Financiële wiskunde*

Een spectaculair voorbeeld van de invloed die wiskunde heeft op de beurshandel is de theorie voor de prijs van opties van Merton, Black en Scholes. Deze theorie is gebaseerd op stochastische differentiaalvergelijkingen. Mede als gevolg van het enorme succes van deze theorie zijn er de afgelopen jaren op diverse plaatsen in Nederland studieprogramma's 'financiële wiskunde' geïnitieerd.

### *Digitalisering en beeldverwerking*

Bij het opslaan en het versturen van grote hoeveelheden (digitale) gegevens maakt men gebruik van foutcorrecterende codes en datacompressie. Beide technieken zijn sterk wiskundig van aard, en bij beide wordt gebruik gemaakt van zowel oude als nieuw ontwikkelde wiskundige theorieën. Een voorbeeld van een alledaagse toepassing van coderingstheorie is te vinden op de compact disc: elke CD bevat honderdduizenden 'foute' nullen en enen, maar dankzij foutcorrecterende codes merkt de luisteraar daar niets van. Het economische belang van het terrein is enorm, niet alleen voor Philips maar ook voor de opkomende beeldverwerkingsindustrie in Nederland.

### *Cryptografie*

Een moderne toepassing van onder andere getallentheorie en algebraïsche meetkunde is te vinden bij de databeveiliging met behulp van cryptografische methoden. Wiskundige encryptietechnieken maken het mogelijk digitale data zodanig te vercijferen dat onbevoegden er geen toegang toe kunnen krijgen. Bovendien is het mogelijk om met behulp van cryptografie waterdichte passwordprotocollen te ontwerpen, en om documenten te voorzien van een digitale handtekening die moeilijk vervalst kan worden. Grote bankinstellingen, maar ook verschillende ministeries, beschikken thans over speciale afdelingen waar hooggekwalificeerde wiskundigen de modernste ontwikkelingen op dit gebied volgen, en er ook wezenlijke bijdragen aan leveren.

### *Niet-lineaire dynamische systemen*

In de laatste jaren is er binnen de maatschappij en binnen diverse vakgebieden grote belangstelling ontstaan voor niet-lineaire dynamische systemen en 'chaos'.

De invloed van dit gebied binnen onder andere de natuurkunde, de technische wetenschappen, de biowetenschappen, de scheikunde en de economie is goed af te meten aan artikelen in tijdschriften als *Nature* en *Science*. Het begrip chaos heeft de opvattingen over de mechanica grondig veranderd, met name daar waar

het voorspelbaarheid betreft. Luchtturbulentie is een typisch voorbeeld van een verschijnsel dat hiermee samenhangt.

### *DNA-onderzoek/bio-informatica*

Genoomprojecten, waaronder het 'Humaan Genoom Project', zijn wereldwijde onderzoeksinspanningen om DNA-structuren te identificeren. Het leidt tot belangrijke vragen en conclusies over moleculaire evolutie. Stochastische modellering en statistische analyse spelen een belangrijke rol, omdat het gaat om het verkrijgen, hanteren en verwerken van enorme hoeveelheden gegevens. Hier kunnen moleculair biologen met wiskundige hulp een grote stap maken.

### *Wiskundige modellering en wiskundige software*

Veel wiskundige kennis wordt toegankelijk gemaakt voor een breed scala van toepassingen in de vorm van (vaak commerciële) softwarepakketten. Voorbeelden zijn software voor uiteenlopende statistische toepassingen, simulatie- en modelleringspakketten als Matlab, en formule-manipulatiepakketten als Maple en Mathematica. Al deze software is nog volop in ontwikkeling, waarbij steeds nieuwe wiskundige technieken worden geïmplementeerd.

## **2. Fundamentele versus toegepaste wiskunde**

Uit de bovenstaande lijst van voorbeelden, die overigens gemakkelijk met nog eenzelfde aantal andere toepassingsgebieden zou kunnen worden aangevuld, zou de indruk kunnen ontstaan dat de wiskunde haar bestaansrecht voornamelijk ontleent aan haar vele en spectaculaire toepassingen, en dat het dus voldoende is om die toepassingen te stimuleren. Uiteraard worden vele wiskunde beoefenaren beïnvloed en gestimuleerd vanuit toepassingsgebieden. Echter, al die moderne toepassingen zijn ondenkbaar zonder 'fundamentele' wiskunde, die ontwikkeld wordt door wiskundigen met een puur wetenschappelijke belangstelling.

De 'fundamentele' wiskunde van vandaag is vaak de 'toegepaste' wiskunde van morgen.

Kenmerkend voor de wiskunde is ook dat die toepassingsmogelijkheden vaak volstrekt onverwacht opduiken en binnen een kort tijdsbestek de markt veroveren. Wiskundigen moeten dan ook beschikken over een voldoende brede basisopleiding om de telkens weer nieuwe ontwikkelingen in hun vakgebied te kunnen blijven volgen. Een dergelijke brede basisopleiding in de wiskunde kan alleen verzorgd worden door wiskundigen die zelf een actieve rol spelen in fundamen-



teel wiskundig onderzoek. Derhalve dient excellent onderzoek in de fundamentele wiskunde gekoesterd te worden.

Juist omdat het niet mogelijk is te voorspellen welke onderdelen van het onderzoek later toepassingen zullen vinden, verdient het wiskundig onderzoek dat internationaal als goed onderzoek gewaardeerd wordt, een plaats binnen onze universiteiten.

### **3. De wiskunde naar buiten**

In deze paragraaf wordt gewezen op het belang van de interactie tussen de wiskunde en haar omgeving, en op mogelijkheden deze interactie te versterken.

Traditioneel speelt de wiskunde een belangrijke rol binnen de bèta-disciplines, omdat zij zowel de taal als het instrumentarium ontwikkelt waarvan de exacte wetenschappen zich bedienen. De samenwerking met de bèta-disciplines is derhalve natuurlijk, zoals in het verleden keer op keer is gebleken [6a]. Er liggen voorts voor de wiskunde belangrijke kansen voor intensievere samenwerking met de maatschappij- en gedragswetenschappen [6b].

Een bijzonder punt van aandacht vormt de uitdaging die de ontwikkelingen in de biowetenschappen stellen. Naast zaken zoals het werken met grote databestanden voortkomend uit genoomanalyses, aangeduid met bio-(moleculaire) informatica, gaat het hierbij om een vrij breed gebied van mathematische biologie. Hierin spelen onder meer kwesties op het terrein van de populatiedynamica, met belangrijke uitstralingen naar gebieden zoals de epidemiologie (denk bijvoorbeeld aan de varkenspest) en de immunologie (o.a. HIV) en signaaloverdracht bij cellen (met bijvoorbeeld toepassingen in de farmacologie).

Hoewel participatie van de wiskunde in multidisciplinaire projecten bijval krijgt, wordt een dergelijke samenwerking nog te weinig structureel beloond. Het is nu eerder zo dat multidisciplinair werk wordt ontmoedigd. Zo gelden de promotiepremies alleen de eerste promotor, zodat een wiskundige die in een andere faculteit als medebegeleider en tweede promotor optreedt die misloopt. Ook bij de onderzoekvisitaties richt men zich in het algemeen op het belang van het onderzoek zoals dit wordt gezien vanuit de eigen discipline. Hierdoor wordt het interdisciplinaire werk vaak ondergewaardeerd. Het verdient aanbeveling om bij beoordeling van onderzoek meer aandacht aan deze aspecten te geven, en in het oordeel ook het gewicht van de bijdrage aan de andere disciplines te betrekken.

Netto betekent dit dat de multidisciplinaire samenwerking aantrekkelijker voor onderzoekers dient te worden gemaakt. Voor een goede begeleiding van de mathematisering van de maatschappij is dit noodzakelijk.

Het is een wereldwijde tendens dat industrieën hun lange termijn onderzoeksactiviteiten inkrimpen. Dit leidt tot een vermindering van de kennisoverdracht, en tot een groeiende kloof tussen wetenschappelijke vooruitgang en industriële toepassing. Veel van de moderne wiskunde is te divers en te gecompliceerd, zelfs voor grote bedrijven, om in huis te houden. Een deel van het industriële onderzoek zal zich naar de universiteiten verplaatsen en daarvoor is een sturend kader nodig. Het programma 'Wiskunde Toegepast' van STW/SWON biedt hiervoor aanknopingspunten. Verder is er in september 1998 een eerste bijeenkomst geweest van de 'Studiegroep met de Industrie', tijdens welke wiskundigen in contact werden gebracht met bedrijven via concrete probleemstellingen.

De NWO-strategie voor onderzoekfinanciering van de wiskunde is in belangrijke mate gericht op stimulering van kansrijk onderzoek op zowel raakvlakken tussen deelgebieden van de wiskunde als raakvlakken met andere disciplines [11]. Voor grootschalig onderzoek met een duidelijk economische belang moet geprobeerd worden om voor toegepaste componenten via het ministerie van Economische Zaken subsidie te verwerven. Een kansrijk thema in dit verband is 'communicatie en logistiek', met bijdragen vanuit onder meer de discrete wiskunde, de statistiek, de besliskunde en de systeemtheorie. Dit project kan helpen om de achterstand te verkleinen die Nederland oploopt op het gebied van de digitale snelweg. Denk hier met name aan zaken als rekeningrijden, gegevensbescherming, etc. Vergeleken met de Verenigde Staten lijken maar weinig Nederlandse bedrijven op dit gebied actief te zijn. Samenwerking met informatici, technici en economen is hierbij onontbeerlijk.

## II. Het wiskunde-onderwijs

### 1. Maatschappelijke behoefte aan wiskundigen

De werkgelegenheid voor afgestudeerde wiskundigen is uitstekend. Zij vinden vrijwel allemaal in korte tijd een baan. Over de soorten banen waar men wiskundigen kan aantreffen geeft het rapport *Wat wiskundigen bezig houdt* [7] van september 1993 van het Wiskundig Genootschap een goed beeld. Het blijkt dat de afgestudeerde en/of gepromoveerde wiskundigen momenteel op zeer uiteenlopende terreinen emplooi vinden: banken, verzekeringswezen, logistiek, transport, communicatie, automatisering, researchinstellingen, overheid en industrie. Daarnaast vindt een substantieel deel van de gepromoveerde wiskundigen werk in het wetenschappelijk of hoger beroepsonderwijs. Vaak ook is dit bij verwante afdelingen, bijvoorbeeld natuurkunde, informatica, elektrotechniek, economie, econometrie en werktuigbouwkunde. Helaas is het aantal afgestudeerde wiskundigen dat wiskundeleraar op het vwo wordt vrijwel nihil. We komen op deze zorgelijke ontwikkeling nog nader terug (zie paragraaf II.4).

Het is duidelijk dat de mathematisering van de maatschappij een grote vraag naar wiskundigen creëert. Dit wordt nog versterkt door de economische groei van de laatste jaren. In 1992 schatte het rapport *Wiskunde in Beweging* [1; p. 34] de jaarlijkse behoefte aan afgestudeerde wiskundigen op 300 à 350, en dus zou een

jaarlijkse instroom van eerstejaarsstudenten wiskunde van 450 à 500 gewenst zijn. Met de huidige instroom van nauwelijks meer dan 200 eerstejaarsstudenten wiskunde aan alle Nederlandse universiteiten tezamen betekent dit, dat wiskundestudenten zich over hun toekomstige werkgelegenheid bepaald geen zorgen hoeven te maken. Voor de maatschappij ligt de situatie natuurlijk anders. Ook op deze problematiek komen we in de paragrafen II.2-3 nog terug.

## **2. De geringe studenteninstroom**

Zoals onder meer in 1997 gesignaleerd werd door de Commissie Verruijt, is er de afgelopen jaren een dalende trend waarneembaar in de studentenaantallen voor de natuurwetenschappelijke en de technische studierichtingen. Het gaat hier om een internationaal verschijnsel, dat echter in Nederland wel erg dramatische vormen aanneemt. De Commissie Verruijt spreekt over het 'bèta-probleem' en adviseert tot snelle en krachtige acties. 'De maatschappij heeft bijna twee maal zoveel bèta's nodig als er geproduceerd worden' [4; pp. 4 en 5]. Voor de wiskunde is het probleem nog nijpender: de studentenaantallen zijn sterker gedaald dan bij de andere exacte richtingen. In vergelijking met de ons omringende landen zijn de aantallen wiskundestudenten alarmerend laag, zoals bijvoorbeeld blijkt uit een vergelijking met Duitsland (zie Bijlage 2). Deze discontinuïteit op de landsgrens is onwenselijk en het verdient aanbeveling om nader onderzoek te doen om de oorzaken hiervan te achterhalen en gerichte maatregelen te treffen.

Hiermee in verband staat het feit dat de beeldvorming rond de wiskunde bij vwo-ers te wensen overlaat: scholieren hebben geen realistisch beeld van de wiskundestudie, de werkzaamheden van professionele wiskundigen, de toekomstperspectieven van wiskundigen, en de gunstige werkgelegenheidscijfers.

Het huidige schoolvak Wiskunde A geeft een gelimiteerd beeld van wat wiskunde is en wat wiskundig modelleren inhoudt, en bij de eindexamenvorbereiding voor het schoolvak Wiskunde B ontbreekt grotendeels de intellectuele uitdaging.

Wellicht dat de nieuwe profielen in de zogenaamde Tweede Fase in deze situatie verbetering kunnen brengen, met name het profiel Natuur en Techniek. Men moet echter vrezen dat maar weinig vwo-scholieren uiteindelijk deze variant zullen kiezen, omdat dit profiel (helaas) voor slechts weinig opleidingen verplicht is gesteld.

De aandacht dient daarom gericht te worden op leerlingen van 12-15 jaar. In de basisvorming is het wiskunde-onderwijs geschikt en aantrekkelijk gemaakt voor leerlingen met een gemiddelde aanleg voor wiskunde. Voor de meer getalenteerde leerling zijn de wiskundelessen echter saai en afstotend. Het (goede) rekenonder-

wijs van de basisschool wordt nog eens herhaald en de leerlingen lopen in vergelijking met het buitenland een achterstand op bij het leren van echte wiskunde. Vervolgens wordt van de bèta-leerlingen wel verwacht dat deze achterstand in de hogere jaren van het vwo wordt ingelopen. Daartoe zijn slechts weinig leerlingen bereid en in staat. Bovendien leidt de situatie tot een te grote onderwijsdruk, met kwalijke gevolgen voor de kwaliteit van het onderwijs.

Voor een herstel van de bèta-instroom is het essentieel dat het onderwijs in de wiskunde voor leerlingen van 12-15 jaar met wiskundig talent weer boeiend en uitdagend gemaakt wordt. Omdat dit moeilijk is in te passen in de huidige lesstructuur, lijkt een landelijke aanpak via internet de aangewezen weg. Regionale ondersteuning door universiteiten en hogescholen is hierbij nodig. Deze aanpak zal uiteindelijk ook kunnen leiden tot een betere aansluiting van het vwo-onderwijs op het universitaire onderwijs.

### **3. Het stimuleren van bèta-talent**

De ministeries van EZ, OCenW en SZW hebben in het 'bèta-probleem' aanleiding gevonden om – samen met de werkgeversorganisaties, het beroepsonderwijs en het hoger onderwijs – een stichting in het leven te roepen – Axis genaamd – die in een tijdsbestek van vier jaar een bedrag van veertig miljoen gulden kan besteden om de belangstelling voor de bèta- en de technische studierichtingen in positieve zin te beïnvloeden. Blijkens haar startplan (oktober 1998) denkt de stichting vooral aan het subsidiëren van projecten die direct gerelateerd zijn aan het leggen van verbindingen tussen bedrijfsleven en onderwijs. Het is duidelijk dat er op dit terrein voor het voortgezet wiskunde-onderwijs weinig kansen liggen. De stichting Axis zou ervan overtuigd moeten worden dat het niet volstaat louter zulke doeleinden voor de korte termijn na te streven. Voor de lange termijn is het minstens zo belangrijk om scholieren met talent op het gebied van de wiskunde en de exacte vakken te stimuleren door middel van uitdagend onderwijsmateriaal, zoals boven al betoogd is, en door middel van contacten met de universiteiten.

Er bestaan binnen de wiskundige gemeenschap al veel initiatieven en activiteiten in deze richting. Te denken valt aan de Kangoeroe Wiskundewedstrijd voor de klassen I tot en met 4 van vwo, havo, mavo en vbo (met in 1998 zeventwintigduizend deelnemers!), de Nederlandse Wiskunde Olympiade, de Wiskunde Olympiade, het wiskundetijdschrift voor jongeren Pythagoras, en de zomerkampen en andere activiteiten van de Stichting Vierkant voor Wiskunde. Daarnaast zijn er grootschalige activiteiten in voorbereiding rond het ontwikkelen van apart wiskundig lesmateriaal, met daarin meer aandacht voor wiskundige structuren, wiskundig redeneren en wiskundige bewijzen dan de reguliere, op de middelmaat gerichte, schoolboeken te bieden hebben.

Een in ontwikkeling zijnd plan om, gebruikmakend van de in Nederland aanwezige expertise, via het internet wiskundig lesmateriaal aan te bieden, dat in en buiten het studiehuis gebruikt kan worden om getalenteerde scholieren te boeien en te stimuleren, vindt brede steun in de Nederlandse wiskundige gemeenschap.

De behoefte aan en de neiging tot coördinatie bij het opstellen van een omvattend plan is toegenomen.

Belangrijk is dat ook het ministerie van OCenW, VSNU, NWO en de werkgevers hier hun volle steun aan verlenen en het financieel mogelijk maken om zo'n plan uit te voeren, bijvoorbeeld via Axis.

#### **4. De lerarenproblematiek**

De universiteiten leveren nauwelijks nog afgestudeerden met een eerstegraadslesbevoegdheid in de exacte vakken af. In mei 1995 heeft de KNAW-commissie Van den Heuvel een rapport over deze problematiek gepubliceerd onder de titel *Het belang van universitair gevormde docenten in het VWO* [8].

Ook de tweedegraads-lerarenopleidingen op het HBO trekken nauwelijks nog studenten. Verder is een hoog percentage van de huidige universitair opgeleide eerstegraadsleraren ouder dan 50 jaar. *De Arbeidsmarktreportage onderwijs 1998* [9] constateert dan ook een docententekort, nu en in de toekomst.

Op een aantal scholen heeft dit ertoe geleid, dat on- of onderbevoegden docenten lesgeven. Deze situatie leidt onvermijdelijk tot aantasting van de kwaliteit van het voortgezet onderwijs. Bij een toenemend docententekort zal deze situatie verder verslechteren.

De leraar die zelf contact heeft gehad met een universitaire studie, en dus met wetenschappelijk onderwijs en onderzoek, wordt steeds zeldzamer.

In haar rapport maakt de Commissie Van den Heuvel de onwenselijkheid van deze situatie duidelijk en stelt, onder andere, dat voor universitair gevormden het leraarschap in het voortgezet onderwijs aantrekkelijker gemaakt dient te worden. Dit kan, onder andere, door salarisverhogingen, minder contacturen, en door het financieel mogelijk te maken dat leraren via een deeltijdaanstelling aan een universiteit actief kunnen blijven bij het onderzoek. De meeste aanbevelingen van deze commissie zijn echter nog niet gerealiseerd.

Een positieve noot is de laatste jaren sterk toegenomen contacten tussen leraren en wetenschappelijke onderzoekers. Een aantal universiteiten organiseert nu specifiek op leraren gerichte symposia en cursussen.

Een goed voorbeeld zijn ook de sinds 1995 door het Freudenthal Instituut georganiseerde Nationale Wiskunde Dagen, waarin een voor leraren aantrekkelijk

en instructief programma van wiskundig getinte voordrachten wordt gepresenteerd. Dit evenement trekt jaarlijks rond de 500 deelnemers. Ook andere evenementen, zoals de vakantiecursussen van het CWI, genieten een grote populariteit.

Er is dus onder leraren duidelijk behoefte aan dit soort bijscholende activiteiten.

# III. De wiskunde aan de universiteiten

## 1. Onderzoek

De VSNU Visitatiecommissie voor Wiskunde en Informatica, in haar rapport [10; p. 2] van september 1997, kwalificeert het wiskundig onderzoek in Nederland als zijnde van hoog niveau. Veel van het onderzoek behoort tot de wereldtop. Deze kwaliteit wordt echter bedreigd door de dalende studenteninstroom en de al te straffe bezuinigingen van de laatste jaren.

Aan bijna alle Nederlandse universiteiten zijn hoogleraren verbonden met wiskunde als leeropdracht. Het universitaire onderzoek in de Nederlandse wiskunde (sub-)faculteiten heeft zich georganiseerd in drie onderzoekscholen: EIDMA, MRI, en Stieltjes. Daarnaast vindt een deel van het onderzoek plaats binnen de onderzoekscholen DISC, Logica, en het Burgers Centrum.

In Bijlagen 3-8 wordt de getalsmatige ontwikkeling van de wiskunde in Nederland in beeld gebracht. Uit door de commissie verzamelde gegevens (zie Bijlage 3) blijkt dat als gevolg van bezuinigingen sinds 1980 ongeveer 35 procent van de leerstoelen is opgeheven. Jong talent kan moeilijker doorstromen en enkele deelgebieden van de wiskunde blijken (zie Bijlagen 5 en 6) wat betreft de personele bezetting in de gevarenzone te zijn beland. Een aanzienlijk tekort dreigt op korte



termijn te ontstaan in de analyse en toegepaste analyse. Zorgelijk is de situatie reeds bij de kansrekening en de logica en grondslagen. Het beeld rond de wiskundige fysica is onvolledig, omdat deze discipline ook vanuit de theoretische fysica wordt beoefend. Onder het toezicht van de onderzoekers moet er een financiële injectie komen om het hooglerarenbestand in deze deelgebieden weer enigszins op peil te brengen, bijvoorbeeld via de zogenoemde ‘dakpanconstructies’, dit zijn aanstellingen van een opvolger naast een hoogleraar die binnenkort met emeritaat zal gaan.

Bijlage 8 laat zien, dat Nederland op alle gebieden goed bijdraagt aan de internationale kennisoverdracht en daarmee ook in staat is aan te sluiten bij nieuwe ontwikkelingen in de wiskunde. Voor de diepte- en breedtestrategie zijn er binnen Nederland verregaande plannen voor bundeling van wiskundig toponderzoek ontwikkeld. Het is belangrijk dat hieraan een follow-up wordt gegeven. Te denken valt aan meerjarige landelijke thema's waaraan vanuit diverse (sub)disciplines en instituten een bijdrage wordt geleverd en pilotprojecten gecombineerd met bovengenoemde ‘dakpanconstructies’ om getalenteerde jonge onderzoekers te binden (zie het rapport *Wiskunde op Raakvlakken* [11] uit januari 1999 van de Adviescommissie Wiskunde van NWO).

Een gevolg van de teruglopende studentenaantallen is dat het steeds meer moeite kost om aio-plaatsen op te vullen: de beschikbare capaciteit wordt bij lange na niet gebruikt. In veel gevallen worden plaatsen aan buitenlandse studenten toegewezen, simpelweg omdat er niet voldoende Nederlandse gegadigden van de gewenste kwaliteit zijn. Nog veel ernstiger is de ‘brain-drain’: sinds 1988 hebben ten minste veertien jonge getalenteerde Nederlandse wiskundigen een positie als hoogleraar in het buitenland geaccepteerd (zie Bijlage 9). Daar staat slechts één geval tegenover van een buitenlander die in Nederland hoogleraar in de wiskunde is geworden.

## **2. Onderwijs**

Een groot deel van het wiskunde-onderwijs aan de Nederlandse universiteiten is serviceonderwijs aan (tal van) andere disciplines. Als gevolg van de bezuinigingen is er de laatste jaren binnen deze disciplines de neiging om dit onderwijs in eigen hand te nemen, met kwalijke gevolgen voor de kwaliteit. Het is van evident belang dat dit onderwijs wordt gegeven door wiskundigen die bij het wiskunde-onderzoek betrokken zijn.

Dit houdt in dat er een afdoende capaciteit aan de diverse universiteiten behouden moet blijven om deze van cruciaal geachte functie te kunnen blijven uitoefenen. De universiteiten zouden zich hiervoor, ook gezamenlijk, moeten inzetten.

Voor een efficiënte bedrijfsvoering bij de wiskunde-opleidingen is het nodig de hogerejaarscolleges landelijk te coördineren. De onderzoekscholen verzorgen nu reeds landelijke cursussen voor promovendi, en daarmee is een basis gelegd voor verdergaande samenwerking in het hogerejaarsonderwijs. Het is voor de ontwikkeling van de wiskunde van belang om dit proces niet te verstoren met ingrijpende maatregelen van boven af. Het is verstandig om de onderzoekscholen extra middelen te geven om dit proces verder te reguleren. Het huidige werkbudget van de onderzoekscholen is hiervoor niet toereikend.

### **3. Wiskunde als tweede studie**

De universitaire opleidingen wiskunde in Nederland bieden een, naar internationale maatstaven gemeten, uitstekende en hoogwaardige opleiding. Toch zijn studenten in afnemende mate bereid te kiezen voor de wiskunde (zie ook paragraaf II.2). De ontwikkelingen in de afgelopen jaren maken duidelijk dat de studenteninstroom bij de bèta-studies ongevoelig is voor uitgebreide reclamecampagnes.

Toekomstige tekorten op de arbeidsmarkt kunnen worden beperkt door het voor studenten in diverse studierichtingen aantrekkelijker te maken om tijdens de studie extra bijscholing in de bèta-vakken te krijgen, in het bijzonder, om les te krijgen in samenhangende vakken uit de opleiding wiskunde. Grote delen van de opleidingen wiskunde lenen zich uitstekend voor zo'n dubbelstudie. Bovendien geeft de voor wiskunde-opleidingen kenmerkende training in het abstraheren en het denken in structuren een duidelijke meerwaarde.

Er is een grote vraag naar multidisciplinair opgeleide studenten. Een enkel bijvak tijdens de studie is echter onvoldoende om de gewenste diepgang te realiseren. Een studie biologie, econometrie, informatica, scheikunde of natuurkunde, gevolgd door (of parallel aan) een (kop)studie wiskunde, biedt een prima uitgangspunt voor het opleiden van toptalent. Daarnaast kan het ook voor andere studenten erg nuttig zijn om wiskunde als tweede studie erbij te doen. Denk aan leraren die een tweede bevoegdheid willen halen, of aan fysici of informatici die een goede ondergrond in wiskunde willen hebben.

In de praktijk start elk jaar al een aantal studenten met wiskunde als tweede studie. Deze studenten tellen echter niet mee bij de wiskunde in het huidige verdeelmodel en in de rendementcijfers. Bovendien maakt de bestaande studiefinanciering de studenten risicomidend, met als gevolg dat talent onvoldoende uitdagingen aandurft. Het is voor de opleidingen wiskunde van groot belang dat deze potentiële wiskundestudenten volwaardig meetellen bij de wiskunde en in

de gelegenheid worden gesteld hun dubbelstudie voort te zetten (door extra financiële ondersteuning).

In verband hiermee moeten de opleidingen wiskunde gestimuleerd worden om opleidingen 'op maat' aan te bieden. Zowel vanuit het bedrijfsleven als vanuit het onderwijs (studenten uit andere studierichtingen en docenten uit het middelbaar onderwijs) is er behoefte aan gerichte opleidingen in specifieke onderdelen van de wiskunde (bijvoorbeeld financiële wiskunde, modelleren, numerieke wiskunde, en statistiek).



## iv. Aanbevelingen

Er is een toenemend tekort aan academisch gevormde wiskundigen. Dit wordt veroorzaakt door een instroom van wiskunde studenten bij de universiteiten die, ook vergeleken met omringende landen, onrustbarend laag is. Het tegengaan en omkeren van deze ontwikkeling is van groot belang, maar zal naar verwachting geruime tijd vergen. Het is daarnaast van belang om de bestaande infrastructuur op het gebied van wiskundig onderwijs en onderzoek, ondanks het (tijdelijke) geringe aantal studenten, op een redelijk niveau te houden.

Deze korte analyse en de beschouwingen in hoofdstukken I-III in dit rapport geven aanleiding tot de volgende aanbevelingen voor de korte en de lange termijn, waarbij wordt aangegeven aan wie de aanbeveling is gericht (deze actoren zijn gecursiveerd).

### **A. Verhogen van de studenteninstroom**

- 1 *Ministerie OCenW en stichting Axis*: Er moet aandacht besteed worden aan het feit dat in Nederland de instroom van studenten bij de opleidingen wiskunde dramatisch lager is dan in ons omringende landen (zie Bijlage 2). Onderzocht dient te worden wat de oorzaken van deze verschillen zijn om vervolgens, door gerichte maatregelen, er voor te zorgen dat we weer enigszins in de pas gaan lopen met de overige Europese landen (zie paragrafen ii.2 en 3).



- 2 *Ministerie OCenW en de stichting Axis*: Het bèta-talent dient zorgvuldig gestimuleerd te worden, met name in de leeftijd 12-15 jaar (zie paragrafen II.2 en II.3).
- 3 *Ministerie OCenW, waaronder de Inspectie van het Onderwijs*: Om verdere aantasting van de kwaliteit van het voortgezet onderwijs te voorkomen dienen on- of onderbevoegden docenten via de universiteiten en hogescholen een gerichte, specifiek op deze doelgroepen toegesneden, opleiding te krijgen. De opleiding zal, voor wat betreft zowel de didactische als de vakinhoudelijke aspecten, moeten voldoen aan de kwaliteitsnormen die de huidige lerarenopleidingen hanteren. Via gerichte financiële compensatie dient deze opleiding zo aantrekkelijk te worden gemaakt dat ook academici met bèta-achtergrond gestimuleerd worden zich op deze wijze te laten bijscholen tot bevoegd leraar wiskunde (zie paragraaf II.4).
- 4 Kamer Wiskunde en Wg: Er dient te worden nagegaan in welke mate een betere coördinatie tussen de universitaire wiskundeafdelingen op het gebied van 'public relations' kan worden gerealiseerd. Deze afstemming dient de lokale belangen te overstijgen (zie paragraaf I.3).

## **B. Beschermen van de infrastructuur**

– Onderwijs:

- 1 *Onderzoekscholen en Kamer Wiskunde*: Hogerejaarscolleges dienen landelijk te worden gecoördineerd door de onderzoekscholen (zie paragraaf III.2).
- 2 *Universiteiten en VSNU (in verband met onderwijsvisitaties)*: Het service-onderwijs wiskunde dient te worden gegeven door wiskundigen die bij het wiskunde-onderzoek betrokken zijn (zie paragraaf III.2).

– Onderzoek:

- 3 *Onderzoekscholen en universiteiten en NWO*: De samenwerkende onderzoekscholen vormen een platform voor het wiskunde-onderzoek. Hierbij wordt met name gedacht aan de keuze van landelijke zwaartepunten en de nadere keuze van de gebieden die in aanmerking komen voor landelijke stimulering, door bijvoorbeeld dakpanconstructies. Landelijke beslissingen dienen gecoördineerd te worden met het CWI en EURANDOM (zie paragraaf III.1).
- 4 *Onderzoekscholen en NWO*: Toponderzoek dient ondersteund te worden via landelijke thema's (zie paragraaf III.1).





– Leerstoelen:

- 5 *Universiteiten/Kamer Wiskunde en NWO*: Er dient een landelijk beleid te komen voor leerstoelen, met name in de deelgebieden die in de gevarenzone terecht zijn gekomen. Dit beleid kan vorm krijgen via ‘dakpanconstructies’ om getalenteerde jonge onderzoekers te binden (zie paragraaf III.1).

### **C. Versterken van de samenwerking naar buiten**

- 1 *Universiteiten en VSNU (in verband met visitaties) en NWO*: Om de samenwerking tussen wiskunde en de exacte, sociale, economische en levenswetenschappen te bevorderen, dienen obstakels verwijderd te worden en verdere stimulansen te worden gegeven (zie paragraaf I.3).
- 2 *Universiteiten en NWO en ministerie EZ*: De contacten tussen wiskundigen en de industrie dienen verder gestructureerd te worden. Aanbevolen wordt een groot, multidisciplinair project op het gebied van de ‘communicatie en logistiek’ te ontwikkelen (zie paragraaf I.3).





# Literatuur

- [1] *Wiskunde in Beweging*, Rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, Zoetermeer, februari 1992.
- [2] *Koersen op Kennis*, Rapport van de Overlegcommissie Verkenningen, Amsterdam, mei 1994.
- [3] *Een vitaal kennissysteem*, Eindrapport van de Overlegcommissie Verkenningen, Amsterdam, juni 1996.
- [4] *Wetenschap en Techniek - Welvaart en Welzijn*, Rapport van de Commissie Toekomst Natuur- en Technische Wetenschappen, Amsterdam, mei 1997.
- [5] *Wetenschapsbudget 1997*, Nota van de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, Den Haag, 1996.
- [6a] H.A. van der Vorst, Gedachten over mathematisering van de samenleving, gezien 'vanuit de Wiskunde', in *Wiskunde in Nederland*, Rapport van de Overlegcommissie Verkenningen, Amsterdam, februari 1996.
- [6b] R.J. Mokken, Wiskunde in gamma-perspectief, in *Wiskunde in Nederland*, Rapport van de Overlegcommissie Verkenningen, Amsterdam, februari 1996.

- [7] *Wat wiskundigen bezig houdt*, Rapport van het Wiskundig Genootschap, september 1993.
- [8] *Het belang van universitair gevormde docenten in het vwo*, Rapport van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, mei 1995.
- [9] *Arbeidsmarktrapportage onderwijs 1998*, Nota van de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, Den Haag, oktober 1998.
- [10] *Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities*, Onderzoekbeoordeling, Rapport van de Visitatiecommissie voor Wiskunde en Informatica, Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten, Utrecht, september 1997.
- [11] *Wiskunde op Raakvlakken*, Rapport van de Adviescommissie Wiskunde, Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek nwo, Den Haag, januari 1999.
- [12] *Key data on education in the European Union*, European Commission, Luxembourg, december 1997.

# Bijlagen



## **Bijlage 1. Samenstelling en opdracht van de commissie**

### *Samenstelling van de commissie*

Samenstelling van de ad hoc ARW Commissie ‘Toekomst Wiskunde Onderzoek in Nederland’:

O.J. Boxma, J. van de Craats, A. Doelman, A.M.H. Gerards, W.Th.F. den Hollander, M.S. Keane (voorzitter), J. Kuiper (secretaris ARW), A.T. Langeveld, J. van Neerven, H. Nijmeijer, F. Takens, R. Tijdeman, S.M. Verduyn Lunel en H.A. van der Vorst.

### *Aandachtspunten voor de commissie*

Aandachtspunten voor de commissie zoals die in de opdracht aan de commissie (zie Inleiding, paragraaf 2) door de ARW geformuleerd werden:

- 1 De centrale plaats van de wiskunde en het wiskundig onderzoek bij nieuwe ontwikkelingen in wetenschap en maatschappij, waaronder ook begrepen de vraag naar wiskundig opgeleiden in de maatschappij en de variëteit in hun werkkringen.
- 2 De evenwichtige ontwikkeling van de leerstoelen in de wiskunde, ondersteund door een getalsmatig historisch overzicht van leerstoelen, een overzicht van de plaatsen die door emeritaat in de komende 10 jaar vrij zullen komen, en een vergelijking met de omvang van het internationale onderzoek in de verschillende deelgebieden van de wiskunde.  
(Ten aanzien van de oplossing van de ‘pensioneringsgolf’ kan hierbij gedacht worden aan ‘dakpanconstructies’ voor jonge hoogleraren of medewerkers wiskunde.)
- 3 Mogelijkheden voor samenwerking tussen de instellingen bij hun wiskundige opleidingen op basis van een analyse van de benodigde verscheidenheid binnen elke opleiding, alsmede de verscheidenheid aan wiskunde-opleidingen in Nederland. (Hierbij dient ook rekening te worden gehouden met het serviceonderwijs bij de universiteiten.)
- 4 De verhouding tussen wiskundig gemotiveerd en toepassingsgericht onderzoek, en de wijze waarop de doorstroming van wiskundige kennis en resultaten naar de toepassingen plaatsvindt.
- 5 De opzet en de financiering van een landelijke onderzoeksactie voor de wiskunde en haar toepassingen.



## **Bijlage 2. Studenteninstroom in internationaal perspectief**

Diverse rapporten waarin internationale vergelijkingen zijn opgenomen met betrekking tot aantallen studenten per vakgebied, zoals *Key data on education in the European Union* [12] indiceren dat Nederland een relatief lage instroom kent bij de opleidingen in het hoger onderwijs in de sectoren Techniek en Natuur. Deze cijfers zijn echter slechts beperkt bruikbaar, vanwege het feit dat slechts cijfers over clusters van opleidingen worden gegeven en het feit dat vraagtekens bij de vergelijkbaarheid van de cijfers van de diverse landen kunnen worden gezet (mededeling van de Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid: voor sommige landen zijn totaalcijfers voor universiteiten en hogescholen opgenomen, voor andere landen zijn alleen universitaire studenten meegeteld).

Daarom is getracht om voor de universitaire wiskunde opleidingen beter vergelijkbare cijfers te verkrijgen. Hoewel dit nog slechts deels is gelukt, geeft een vergelijking met Duitsland aan dat de situatie in Nederland in negatieve zin sterk afwijkt.

In het rapport *Wiskunde op Raakvlakken* [11] worden cijfers gepresenteerd over de instroom van studenten bij de universitaire wiskunde-opleidingen in Duitsland. Een citaat uit genoemd rapport:

Volgens het Duitse bureau voor de statistiek (Statistisches Bundesamt) waren er in Duitsland 6503 wiskundestudenten in hun eerste 'Fachsemester' in het wintersemester 1996/1997. Uitsplitsing naar hoofdrichting levert het volgende beeld: Mathematik (5782), Statistik (182), Technomathematik (34), en Wirtschaftsmathematik (505).

Een vergelijking met Nederland: Nederland kende in 1996 de volgende instroom van eerstejaarsstudenten bij de universitaire opleidingen wiskunde en technische wiskunde: 221 [10]. Als we van bovengenoemde cijfers voor Duitsland de drie eerstgenoemde hoofdrichtingen (totaal 5998 studenten) gebruiken voor de vergelijking dan kent Duitsland in dat jaar een ruim 27 zo grote instroom als Nederland, op een bevolking die ongeveer 5,3 maal zo groot is als die van Nederland.

### **Bijlage 3. Leerstoelen**

Hieronder wordt het aantal leerstoelen Wiskunde per 1 januari 1980, 1 januari 1990 en 1 januari 1999 in fte gegeven. Voor de eerste twee is gebruik gemaakt van het rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde [1], voor de derde van de resultaten van een onder de betrokken instellingen door de ARW gehouden enquête.

	1980	1990	1999
fte	136.4	105.4	89.7

#### *Opmerkingen en aanvullingen*

- 1 De komende vijf jaar gaan zeventien hoogleraren wiskunde met emeritaat. De instellingen zijn niet altijd expliciet over hun plannen. De verwachting is echter dat een belangrijk deel hiervan niet zal worden opgevolgd. In Bijlage 6 worden de komende emeritaten per deelgebied uitgesplitst.
- 2 De afgelopen vijf jaar vonden er gemiddeld 2.9 promoties per hoogleraar in de wiskunde plaats.
- 3 Op dit moment zijn er 2.6 promotiemedewerkers per hoogleraar wiskunde werkzaam aan een promotie-onderzoek.

## Bijlage 4. Deelgebieden van de wiskunde

Indeling van de wiskunde in deelgebieden, met de corresponderende nummers van de rubrieken uit het AMS/MSc-schema.

Deelgebied	Rubrieken uit het AMS/MSc-schema
Algebra en Getaltheorie	06, 08, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22
Meetkunde	14, 51, 52, 53, 54, 55, 57
Discrete Wiskunde	05, 68R, 94
Analyse	26, 28, 30, 31, 32, 33, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 58
Toegepaste Analyse	34, 35, 39, 45, 49, 92
Numerieke Wiskunde	65
Systeemtheorie	93
Kansrekening	60
Mathematische Statistiek	62
Besliskunde	90
Mathematische Fysica	70, 73, 76, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 86
Logica en Grondslagen	03, 04
Geschiedenis van de Wiskunde	01

### *Opmerkingen*

Deze indeling wijkt op een aantal punten licht af van de indeling in het rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde [1; p. 63]. Rubriek 08 van het AMS/MSc-classificatie systeem is opgenomen bij Algebra en Getaltheorie (en niet bij Logica en Grondslagen), rubriek 15 is volledig opgenomen bij Algebra en Getaltheorie (en niet ten dele bij Numerieke Wiskunde), rubriek 68R is toegevoegd aan Discrete Wiskunde, de rubrieken 32 en 58 zijn volledig opgenomen bij Analyse (en niet ten dele bij Algebra en Meetkunde), rubriek 49 is opgenomen bij de Analyse (en niet bij Systeemtheorie). Tenslotte zijn de deelgebieden Algebra en Meetkunde, respectievelijk, Analyse en Toegepaste Analyse apart opgenomen.

## **Bijlage 5. Hoogleraren wiskunde per 1 januari 1999**

Personen die volgens opgave van de instellingen op 1 januari 1999 in dienst zijn als hoogleraar wiskunde. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen gewoon hoogleraren en bijzonder en deeltijdhoogleraren:

### *Algebra en Getaltheorie*

Gewoon hoogleraren: Cohen (TUE), Ditters (VUA), Keune (KUN), H.W. Lenstra (UL), Oort (UU), van der Put (RUG), Smits (TUD), Tijdeman (UL).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Jansen (TUE), Zagier (UU).

### *Meetkunde*

Gewoon hoogleraren: Aarts (TUD), Bochnak (VUA), van der Geer (UVA), Geiges (UL), Looijenga (UU), van Mill (VUA), Siersma (UU), Steenbrink (KUN), Takens (RUG).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Moerdijk (UU).

### *Discrete Wiskunde*

Gewoon hoogleraren: Brouwer (TUE), Hoede (UT), van Tilborg (TUE).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Blokhuis (VUA), Schrijver (UVA), Simonis (TUE).

### *Analyse*

Gewoon hoogleraren: Clément (TUD), van Dijk (UL), Dijkzma (RUG), Duistermaat (UU), Koornwinder (UVA), Martini (UT), Meijer (TUD), van Rooij (KUN), Thomas (RUG), Verduyn Lunel (VUA).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: de Snoo (RUG).

### *Toegepaste Analyse*

Gewoon hoogleraren: Diekmann (UU), Doelman (UVA), Grasman (LUW), de Graaf (TUE), van Groesen (UT), Peletier (UL).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Broer (RUG), van Duijn (TUD), van der Hout (UL), Verhulst (UU).

### *Numerieke wiskunde*

Gewoon hoogleraren: Axelsson (KUN), Heemink (TUD), Mattheij (TUE), Spijker (UL), Traas (UT), van Veldhuizen (VUA), van der Vorst (UU), Wesseling (TUD).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Hemker (UVA), van der Houwen (UVA).

### *Systeemtheorie*

Gewoon hoogleraren: Bagchi (UT), Curtain (RUG), Hautus (TUE), Kwakernaak (UT), Olsder (TUD), Willems (RUG).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Hazewinkel (UU), Schumacher (KUB), van Schuppen (TUE).

### *Kansrekening*

Gewoon hoogleraren: Dekking (TUD), den Hollander (KUN).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Dehling (RUG), Keane (UVA).

### *Mathematische Statistiek*

Gewoon hoogleraren: Albers (UT), Does (UVA), van der Genugten (KUB), Gill (UU), Groeneboom (TUD), Klaassen (UVA), P. van der Laan (TUE), Rasch (LUW), Schaafsma (RUG), Steerneman (RUG), van der Vaart (VUA), van Zwet (UL).

### *Besliskunde*

Gewoon hoogleraren: Boxma (TUE), van Beek (LUW), Cooke (TUD), van der Duyn Schouten (KUB), Faigle (UT), Hordijk (UL), G. van der Laan (VUA), J.K. Lenstra (TUE), Lootsma (TUD), Klein Haneveld (RUG), Talman (KUB), Tijms (VUA), Tijs (KUB), Wessels (TUE).

Bijzonder en deeltijdhoogleraren: Bisschop (UT), Borst (TUE), Kersten (VUA), de Kok (TUE), Roos (UL), Schweigman (RUG).

### *Mathematische Fysica*

Gewoon hoogleraren: Dijkgraaf (UVA), Hermans (TUD), Hoogstraten (RUG), van der Vegt (UT), Veldman (RUG).

### *Logica en Grondslagen*

Gewoon hoogleraren: van Benthem (UVA), Troelstra (UVA).

### *Geschiedenis van de Wiskunde*

Gewoon hoogleraren: Bos (UU).

## Bijlage 6. Leerstoelmutaties per deelgebied

Hieronder worden de mutaties in het aantal gewoon hoogleraren, uitgesplitst naar deelgebied. De getallen voor de jaren 1991 en 1999 zijn werkelijk gemeten. De cijfers voor 2004 en 2009 zijn de aantallen hoogleraren uit 1999 die dan nog niet met emeritaat zijn; de cijfers voor 2004 en 2009 geven dus de situatie weer, indien geen van de na 1999 openvallende leerstoelen zou worden opgevuld.

Deelgebied	1991	1999	2004	2009
Algebra en getaltheorie	9	8	(6)	(3)
Meetkunde	13	9	(6)	(2)
Discrete wiskunde	4	3	(2)	(2)
Analyse	14	10	(9)	(2)
Toegepaste analyse	6	6	(5)	(4)
Numerieke wiskunde	10	8	(6)	(4)
Systeemtheorie	6	6	(6)	(3)
Kansrekening	11	2	(2)	(2)
Mathematische statistiek	12	12	(8)	(6)
Besliskunde	17	14	(11)	(9)
Mathematische fysica	11	5	(5)	(3)
Logica en grondslagen	6	2	(2)	(1)
Geschiedenis van de wiskunde	1	1	(1)	(0)
Totaal	120	86	(69)	(41)

### *Opmerking*

De teruggang tussen 1991 en 1999 is dramatisch bij de kansrekening, de mathematische fysica, en de logica en grondslagen. Vanwege de aanhoudende bezuinigingen is het niet onwaarschijnlijk dat er vervroegde emeritaten zullen plaatsvinden. Als hiermee rekening wordt gehouden, dan dreigt er ook een dramatische terugval bij de analyse en de meetkunde.

## **Bijlage 7. Leeftijdsverdeling hoogleraren**

De huidige leeftijdsverdeling onder de gewoon hoogleraren wiskunde (86 totaal) wordt hieronder weergegeven:

Leeftijd	Aantal	Percentage
61-65 jaar	17	20
56-60 jaar	30	35
51-55 jaar	17	20
46-50 jaar	12	14
41-45 jaar	5	6
36-40 jaar	3	3
31-35 jaar	2	2

## Bijlage 8. Publicaties in internationaal perspectief

Per deelgebied wordt hieronder aangegeven: de aantallen Nederlandse publicaties tussen 1 januari 1990 en 1 januari 1999 waarvan tenminste een auteur verbonden is aan een Nederlandse instelling, het totaal aantal publicaties internationaal, en het percentage van de Nederlandse publicaties op het totaal.

Deelgebied	Aantal	Totaal	Percentage
Algebra en Getaltheorie	1194	90028	1.3
Meetkunde	825	64393	1.3
Discrete Wiskunde	937	38950	2.4
Analyse	2022	138887	1.5
Toegepaste Analyse	1505	107301	1.4
Numerieke Wiskunde	830	44866	1.9
Systeemtheorie	733	28090	2.6
Kansrekening	628	31270	2.0
Mathematische Statistiek	773	35680	2.2
Besliskunde	1121	36431	3.1
Mathematische Fysica	2778	289755	1.0
Logica en Grondslagen	739	30206	2.5
Geschiedenis van de Wiskunde	174	15005	1.7

### *Opmerking*

Publicaties kunnen bij meerdere rubrieken worden meegeteld. Totalen op basis van deze cijfers zijn dus niet zinvol.



## **Bijlage 9. Netto export van hoogleraarstalent**

Een aantal jonge Nederlandse wiskundigen heeft Nederland verlaten voor een hoogleraarspositie elders. Zo zijn sinds 1988 de volgende personen in het buitenland benoemd:

S.B. Angenent (Madison, Verenigde Staten)  
M. Bertsch (Roma, Italië)  
R. Brummelhuis (Reims, Frankrijk)  
L.P.D. van den Dries (Urbana, Verenigde Staten)  
B. Edixhoven (Rennes, Frankrijk)  
B. van Geemen (Torino, Italië)  
J.A. de Jong (Princeton, Verenigde Staten)  
C.A.M. Peters (Grenoble, Frankrijk)  
A. Reusken (Aachen, Duitsland)  
R.J. Schoof (Roma, Italië)  
M.W.P. Savelsbergh (Atlanta, Verenigde Staten)  
S.J. van Strien (Warwick, Verenigd Koninkrijk)  
D. van Straten (Mainz, Duitsland)  
G.M. Tuynman (Lille, Frankrijk)

Hier tegenover staat dat sinds 1988 alleen H.J. Geiges (Zwitserland) in Nederland (in Leiden) is benoemd.

Uit deze gegevens blijkt dat Nederland een netto-exporteur is van hoogleraren wiskunde.

## Lijst van afkortingen

aio	assistent in opleiding
AMS/MSC	American Mathematical Society/Mathematics Subject Classification
ARW	Akademie Raad voor de Wiskunde
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica
DISC	(onderzoekschool) Dutch Institute of Systems and Control
DNA	Desoxyribonucleic acid
EIDMA	(onderzoekschool) Euler Institute for Discrete Mathematics and its Applications
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
EZ	(ministerie van) Economische Zaken
fte	full-time equivalent (mensjaar)
HAVO	Hoger Algemeen Voortgezet Onderwijs
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
KUB	Katholieke Universiteit Brabant
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen
LUW	Landbouwniversiteit Wageningen
MAVO	Middelbaar Algemeen Voortgezet Onderwijs
MRI	(onderzoekschool) Mathematisch Research Instituut
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
OCenW	(ministerie van) Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
OCV	Overlegcommissie Verkenningen
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
STW	Stichting Technische Wetenschappen
SWON	Stichting Wiskunde Onderzoek Nederland
SZW	(ministerie van) Sociale Zaken en Werkgelegenheid

TUD	Technische Universiteit Delft
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
UVA	Universiteit van Amsterdam
UL	Universiteit Leiden
UM	Universiteit Maastricht
UT	Universiteit Twente
UU	Universiteit Utrecht
VBO	Vorbereidend Beroepsonderwijs
VSNU	Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten
VUA	Vrije Universiteit Amsterdam
VWO	Vorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs
WG	Wiskundig Genootschap