

M a s t e r p l a n

Toekomst Wiskunde

$$s(x) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} x^k$$
$$s(x) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{k} x^k$$



Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

Dit masterplan is uitgebracht op uitnodiging van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap. Robbert Dijkgraaf, Jan Karel Lenstra en Alexander Rinnooy Kan hebben deze uitnodiging aangenomen om tot een breed gedragen plan te komen aangaande het wetenschappelijk wiskundeonderwijs en –onderzoek. Vervolgens heeft de werkgroep Masterplan Toekomst Wiskunde na uitgebreide consultatie de inhoud van dit plan verzorgd.

Aan de totstandkoming van dit masterplan hebben velen bijgedragen. Voorbereidende en afrondende discussies werden met verschillende personen gevoerd. Alle gesprekspartners, en in het bijzonder Hans Amman, Robbert Dijkgraaf, Karel Gaemers, Bert Kersten, Frank den Hollander, Daan Lenstra, Jan Karel Lenstra, Alexander Rinnooy Kan, Hans Stoof, Henk van der Vorst en Huib de Vriend verdienen onze dank.

Leden werkgroep (redactie)

Arjen Doelman (CWI/UvA; voorzitter)
Petra de Bont (NWO; secretaris)
Klaas Landsman (RU)
Jan van Neerven (TUD)
Peter Stevenhagen (UL)
Evgeny Verbitskiy (Philips/RUG)
Arjen Vestjens (CQM)

Begeleiding vanuit NWO

Annemarijke Jolmers, Marjolein Schlarmann
en Lex Zandee

Vormgeving

Hans Langstraat, www.ph-ontwerp.nl

Drukwerk

Best, in Best

Redactieadres

NWO Exacte Wetenschappen
Postbus 93460
2509 AL Den Haag
e-mail: bont@nwo.nl

Den Haag, november 2008

M a s t e r p l a n

Toekomst Wiskunde

Inhouds

Inhoudsopgave

	Samenvatting	6
	Vooraf	8
1	Inleiding	10
	Wiskunde onder de motorkap van de samenleving	10
	Recente ontwikkelingen	11
	Uitdagingen en acties	13
2	Van voortgezet naar wetenschappelijk onderwijs	16
	Een vicieuze cirkel	17
	Ontwikkelingen in het voortgezet onderwijs	17
	Voorgestelde maatregelen	19
3	Het universitaire wiskundeonderwijs	22
	Daling van de vaste staf en de bacheloropleiding	22
	Landelijke samenwerking op master- en graduate niveau	23
	Serviceonderwijs	25
4	Onderzoek: Concentratie & Dynamiek	26
	Vier wiskundeclusters en EURANDOM	26
	Computational Science	27
	Het NWO wiskundebudget	28
	Vrouwen in de wiskunde	28
5	Wiskunde, maatschappij en bedrijfsleven	30
	Wiskundeonderwijs	30
	Wiskunde en bedrijfsleven	31
	Aanbevelingen	32
6	Organisatie van de Nederlandse wiskunde	34
	Eén nationaal platform voor de Nederlandse wiskunde	34
	Nationale instellingen	34
7	Maatregelen en aanbevelingen	36
	Literatuur	40
	Lijst van afkortingen en begrippen	41

Samen

Samenvatting

Dit masterplan is na uitgebreide consultatie opgesteld namens de academische wiskundige gemeenschap van Nederland. De Nederlandse wiskunde heeft dankzij de recente clustering van het onderzoek, de toenemende nationale samenwerking in het wetenschappelijk onderwijs en de door het ministerie van OCW aangekondigde hervormingen van het voortgezet onderwijs per 2013, een vernieuwende dynamiek ontwikkeld. Met dit plan stellen wij een aantal acties voor om deze veranderingen in het wiskundige landschap te verankeren en de resterende problemen aan te pakken. Tevens gaat speciale aandacht uit naar de valorisatie van wiskunde in Nederland.

Visie

Wiskunde ligt aan de basis van de menselijke kennis en levert een niet te overschatten bijdrage aan technologische innovatie. Investeren in de wiskunde is investeren in de slagkracht van de Nederlandse kenniseconomie.

Ambities voor de Nederlandse wiskunde

- Terugdringen van het grote tekort aan wiskundigen in onderwijs en bedrijfsleven.
- Aanbieden van een hoogwaardige academische opleiding aan een groter aantal studenten.
- Verrichten van fundamenteel onderzoek op het hoogste niveau.
- Valorisatie in innovatieve takken van bedrijfsleven, dienstverlening, technologie en overheid.

De Nederlandse wiskunde is in de afgelopen decennia met een aantal ernstige problemen geconfronteerd. In het bijzonder is de belangstelling van middelbare scholieren voor wiskunde dramatisch afgenomen, wat heeft geleid tot het

huidige grote tekort aan wiskundigen. Dit betreft academisch opgeleide leraren, stafleden aan universiteiten en wiskundigen in het bedrijfsleven. Om deze problemen op te vangen heeft de Nederlandse wiskunde, tegen een achtergrond van voortdurende bezuiniging, een aantal ingrijpende maatregelen genomen:

- Voorbereiding hervorming voortgezet wiskundeonderwijs (cTWO en Resonansgroep).
- Organisatie outreach-programma's en PR-initiatieven voor scholieren.
- Vergaande nationale en regionale samenwerking in het wetenschappelijk onderwijs.
- Concentratie toponderzoek in drie NWO-wiskundecusters met interdisciplinaire uitstraling.

Deze maatregelen hebben hun vruchten afgeworpen. De interesse in wiskunde onder scholieren groeit, de Nederlandse universiteiten bieden nog steeds een breed pakket van bacheloropleidingen aan, het nationale Mastermath-programma functioneert uitstekend en geeft studenten een ongekende keuzevrijheid. De drie clusters verrichten samenhangend onderzoek van internationale allure. Deze hoopgevende situatie is echter een tussenstation: het aantal wiskundestudenten en professionele wiskundigen is nog steeds veel te laag, de huidige clusters naderen hun einde en dekkende de wiskunde bovendien onvoldoende af, en de valorisatie van wiskunde is onvoldoende.

Dit masterplan stelt daarom de volgende acties voor:

- Verbind eerstegraads lesbevoegdheid aan de bachelor met educatieve minor.
- Verbeter interactie tussen universiteiten, middelbare scholen en lerarenopleidingen.

Samenvatting

vatting

- Versterk regionale en nationale samenwerking in het wetenschappelijk onderwijs.
- Continueer en dynamiseer de drie wiskundeclusters en initieer een vierde cluster.
- Initieer een bètabreed samenwerkingsproject in de Computational Science.
- Verhoog de participatie van vrouwen in de wiskunde.
- Vergroot het wiskundebudget van NWO.
- Richt voor verdere valorisatie het Transferpunt Wiskunde & Innovatie op.
- Organiseer de Nederlandse wiskunde in WisNed.

Het jaarlijks benodigde budget voor het realiseren van bovenstaande ambities is M€ 18,5.

Vooraf

Het belang van de wiskunde voor de Nederlandse kenniseconomie is de laatste jaren – vooral door de opkomst van de computer – explosief toegenomen. Een kenniseconomie wordt, zeker op de langere termijn, aangedreven door innovaties in techniek, dienstverlening en wetenschap. Als dynamisch onderzoeksgebied en als breed kennisgebied staat de wiskunde aan de oorsprong van deze innovaties. Met deze nota presenteert de Nederlandse wiskunde een plan waarmee het ook in de komende jaren haar centrale rol in de maatschappij, in het bedrijfsleven, in het onderwijs en in de wetenschap kan blijven spelen.

Het wiskundeonderzoek in Nederland behoort tot de wereldtop. Op basis van de strategienota *Nieuwe dimensies, ruimer bereik* uit 2002 heeft de Nederlandse wiskunde gekozen voor concentratie op haar sterkste punten. De hieruit voortkomende clustervorming heeft het Nederlandse wiskundeonderzoek een sterke impuls gegeven. Tegelijkertijd is er op onderwijsgebied gekozen voor samenwerking, zowel op regionaal als op nationaal niveau. Alle Nederlandse universiteiten nemen deel aan het succesvolle Mastermath-programma, het *Dutch Master Program in Mathematics*. Het voorliggende masterplan ligt in het verlengde van deze ontwikkelingen en bouwt voort op de strategienota *Concentratie & Dynamiek*. Tevens sluit dit masterplan aan bij de ontwikkelingen die hebben geleid tot de sectorplannen van de natuurkunde, *Fysica voor de toekomst – Toekomst voor de fysica*, en de scheikunde, *De perfecte chemie tussen onderwijs en onderzoek*. Het masterplan wordt gedragen door zowel de Nederlandse academische wiskunde als de wiskundigen in het bedrijfsleven. Het maakt geen onderscheid tussen de algemene en de technische universiteiten.

In dit masterplan komt een aantal urgente kwesties aan de orde die disciplineoverstijgend zijn. Voorbeelden hiervan zijn het aanhoudende tekort aan vrouwen in het onderzoek, dat sterker wordt naarmate men stijgt in de hiërarchie, en de aansluitingsproblematiek tussen voortgezet en wetenschappelijk onderwijs. Ook bij het ontwikkelen van multidisciplinaire initiatieven, zoals voor een maatschappelijk uiterst relevant vakgebied als Computational Science, is het contraproductief om grenzen te trekken tussen de verschillende betrokken disciplines. In de visie van dit masterplan horen deze onderwerpen in een intensieve samenwerking tussen verschillende bètadisciplines aangepakt te worden.

De schrijfgroep:

*dr. ir. P. W. de Bont (NWO, secretaris),
prof. dr. A. Doelman (CWII/UvA; voorzitter),
prof. dr. N.P. Landsman (RU),
prof. dr. J.M.A.M. van Neerven (TUD),
prof. dr. P. Steenhagen (UL),
prof. dr. E. A. Verbitskiy (Philips/RUG),
dr. ir. A.P.A. Vestjens (CQM).*

De klankbordgroep:

*prof. dr. H.M. Amman (UU),
prof. dr. K.J.F. Gaemers (UvA),
prof. dr. H.M.P. Kersten (LogicaCMG/VU),
prof. dr. W.Th.F. den Hollander (UL),
prof. dr. D. Lenstra (TUD),
prof. dr. J.K. Lenstra (CWI/TUE; voorzitter),
prof. dr. H. A. van der Vorst (UU),
prof. dr. ir. H.J. de Vriend (Deltares/TUD).*

Vooraf

Inleiding

1. Inleiding

De moderne samenleving is doordrongen van wiskunde. Zowel ons begrip van de kosmos als de technologische infrastructuur van onze maatschappij berust voor een belangrijk deel op geavanceerde wiskunde. Het abstracte karakter van de wiskunde is de sleutel tot vaak volledig onverwachte innovaties. De kracht van de wiskunde is haar universaliteit: inzichten in het ene gebied leiden meer dan eens tot doorbraken in andere gebieden, binnen en buiten de wiskunde. Deze interactie vormt zelf vaak weer de bron van nieuwe abstracties.

1.1. Wiskunde onder de motorkap van de samenleving

Ondanks haar overkoepelend belang bevindt de wiskunde zich grotendeels onder de motorkap van de samenleving. Buiten de kleine groep van beoefenaren is de wiskunde vrijwel onzichtbaar. Lex Schrijver, Spinoza-prijswinnaar en onder meer bekend vanwege zijn wiskundige bijdrage aan het spoorboekje van de NS, drukte het fenomeen treffend als volgt uit:

“Wiskunde is als zuurstof. Als het er is, merk je het niet. Als het er niet zou zijn, merk je dat je niet zonder kunt.”

Men kan gerust stellen dat alle moderne wiskundige disciplines op een zo goed als onzichtbare manier impact hebben op het dagelijks leven. Een aantal voorbeelden:

- De beveiliging van mobiele netwerken, internet en betalingsverkeer berust voor een steeds groter deel op algebraïsche meetkunde en getaltheorie.
- Weervoorspellingen en klimaatmodellen worden doorgerekend aan de hand van geavan-

ceerde numerieke wiskunde.

- De discrete Fouriertransformatie staat aan de basis van het efficiënt opslaan van data, zoals bijvoorbeeld in mp3-bestanden.
- De kracht en het succes van Google is gebaseerd op lineaire algebra en grafentheorie.
- Kortste-pad-algoritmen vormen de wiskundige basis van het populaire TomTom-navigatiesysteem voor automobilisten.
- Moderne handel in opties en andere derivaten is voor een belangrijk deel een directe toepassing van de stochastische analyse.
- Zowel de medische beeldverwerking (o.a. MRI) als de geofysische speurtocht naar olievelden stoelt op de inverse analyse van differentiaalvergelijkingen.
- Kwaliteits- en efficiëntieverbeteringen in bedrijven en ziekenhuizen stoelen voor een belangrijk deel op mathematische statistiek.
- De discrete en stochastische optimalisering staan niet alleen aan de basis van het spoorboekje, maar verzorgen ook het optimaal transport van pakketjes informatie over het internet en de logistiek van o.a. het goederenvervoer.

Onderstaande uitspraken illustreren de noodzakelijkheid van de wiskunde in maatschappij en bedrijfsleven vanuit een internationaal perspectief:

- Kim Carr, Australische minister van Innovation, Industry, Science, and Research:

“A nation that cannot turn out top-notch mathematicians and statisticians is a nation in deep trouble.”

Inleiding

- Steve Ballmer, CEO Microsoft in de video Math Matters to Microsoft op YouTube:

"Mathematics is the language of business and software."

- Marcus Agius, directievoorzitter van Barclays:

"Numeracy and mathematical skill are absolutely essential for a successful business career. In more than 35 years of working life in the City of London, I have seen over and over again the importance of a solid grounding in mathematical techniques."

De beroepsgroep van wiskundigen heeft hiermee een enorme hefboomwerking in bedrijfsleven, maatschappij en wetenschap. Bovendien kan met behulp van relatief kleine maar cruciale investeringen veel bereikt worden.

1.2. Recente ontwikkelingen

De Nederlandse wiskunde heeft de afgelopen 25 jaar een paradoxale ontwikkeling ondergaan. De

sterke toename van het belang van de wiskunde in maatschappij en wetenschap is gepaard gegaan met een duidelijke afname van haar zichtbaarheid. Dat een hele generatie scholieren onvoldoende kennis heeft kunnen nemen van de inhoud en het belang van actuele wiskunde is hier niet in de laatste plaats debet aan. Ondanks het uitstekende loopbaanperspectief dat een academische wiskundestudie biedt, is de studenteninstroom jarenlang dramatisch laag geweest. Pas recent lijkt het tij eindelijk te keren (figuur 1, pag. 12). In reactie op de lage studentenaantallen zijn vele universitaire wiskundeposities wegbezuinigd, en is de omvang van de beroepsgroep fors geslonken (figuur 2, pag. 13). De reductie van het wiskundig volume en het imago van het vak bij het merendeel van de bevolking vormen een bedreiging voor de continuïteit van de wiskundebeoefening in Nederland. Het niveau van het Nederlandse wiskundeonderzoek is echter tot op de dag van vandaag zeer hoog gebleven en op z'n minst vergelijkbaar met dat van ons omringende landen. Dit is opmerkelijk gezien onderstaande cijfers (tabel 1), waaruit blijkt dat de Nederlandse wiskunde zich qua financiering, grootte-orde en

Land/onderzoeksorganisatie	Jaarlijks aantal € per inwoner voor wiskundeonderzoek	Dichtheid wiskundige onderzoekers (per miljoen inwoners)	Aantal eerstejaars wiskundestudenten (per miljoen inwoners)
Frankrijk/CNRS		54	
Finland	1,1		
USA/NSF	0,57		
Duitsland/DFG	0,44	41	97
UK/EP SRC	0,29		>50
Nederland/NWO	0,19	18	19

Tabel 1 Wiskunde in Nederland in verhouding tot andere landen.

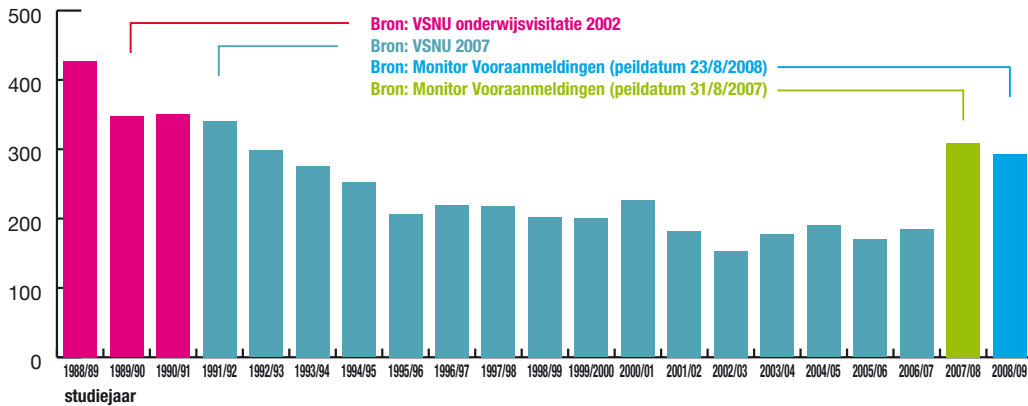
zuurstof

Lex Schrijver, Spinozawinnaar 2005:

"Wiskunde is als zuurstof. Als het er is, merk je het niet. Als het er niet zou zijn, merk je dat je niet zonder kunt."

Inleidin

Eerstejaarsstudenten WO Wiskunde en Technische Wiskunde



Figuur 1 De totale instroom van eerstejaarsstudenten wiskunde.

eerstejaarsinstroom duidelijk in negatieve zin onderscheidt van haar buurlanden. Wiskundige kennis moet niet alleen in stand worden gehouden, maar zich voortdurend verder ontwikkelen om bestaande en toekomstige uitdagingen het hoofd te bieden. Voor de aanwas van de nieuwe generatie van wiskundigen worden de kiemen reeds op de lagere school gelegd, maar het voortgezet onderwijs speelt een sleutelrol. Dit besef wordt inmiddels door velen gedeeld, en de onderwijsproblematiek is in bredere context op de politieke agenda komen te staan.

In het academische onderwijs heeft de krimp in de staf (figuur 2, pag. 13), die als zeer schadelijk ervaren is, aanleiding gegeven tot een bijzonder succesvolle samenwerking op onderwijsgebied. Alle universiteiten nemen deel aan Mastermath, de landelijke master wiskunde waarbinnen masterstudenten ongeveer de helft van hun colleges volgen. Hiermee heeft de Nederlandse wiskunde van de nood een deugd gemaakt: studenten-aantallen waren vaak te klein om het geven van sommige geavanceerde colleges nog te rechtvaardigen. Wiskunde dient hiermee als rolmo-

del voor de andere exacte wetenschappen. Als gevolg van een bewuste en noodzakelijke keuze voor profilering heeft geen enkele universiteit nog de expertise in huis om alle gebieden van de wiskunde op masterniveau af te dekken. Ook op regionaal niveau is sprake van samenwerking door het combineren en uitwisselen van colleges: bij de TUD en de UL gebeurt dit in de bachelor, terwijl de UvA en de VU een gezamenlijke master aanbieden.

Ook in het Nederlandse wiskundeonderzoek hebben de veranderende omstandigheden hun weerslag gehad. Naar aanleiding van de strategienota *Nieuwe Dimensies, Ruimer Bereik* is het landschap in 2005 significant veranderd door het ontstaan van drie wiskundeclusters, waarin wiskundegroepen uit verschillende universiteiten binnen een coherent interdisciplinair thema samenwerken. Zowel de schaal van de samenwerking als het vakoverstijgende karakter van de onderzoeksthema's waren nieuw. De clusters richten zich vanuit een traditionele wiskundige discipline naar buiten, grofweg vanuit de algebra naar de informatica, vanuit de analyse naar

Inleiding

de aard- en levenswetenschappen en vanuit de meetkunde naar de kwantumfysica. Door deze keuzes heeft een natuurlijk proces van profilering, dat al voor de komst van de clusters een aanvang genomen had, verder vorm gekregen. Mede door het proces van concentratie en profilering hebben de clusters een sleutelrol gespeeld bij het aantrekken van jong toptalent naar Nederland.

1.3. Uitdagingen en acties

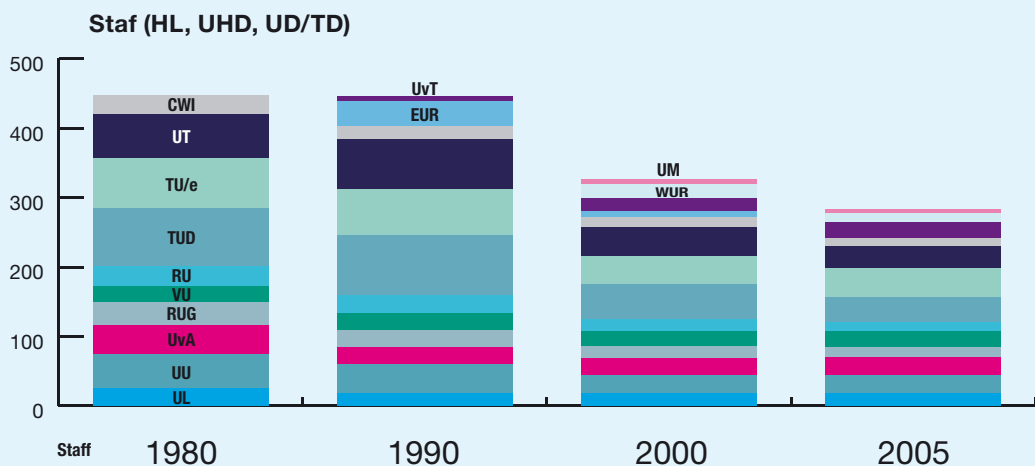
Ondanks de genoemde positieve ontwikkelingen is de Nederlandse wiskunde nog allerm minst gezond. Hieronder volgen de belangrijkste uitdagingen met de bijbehorende acties.

Uitdaging 1: Verbeter de interactie tussen voortgezet en wetenschappelijk onderwijs. De aansluiting tussen voortgezet en universitair wiskundeonderwijs laat te wensen over. Het aantal academisch gevormde wiskundeleraren in het vwo is schrikbarend laag geworden en

daalt steeds verder. De instroom aan eerstejaars wiskundestudenten is te laag, zodat veel minder wiskundigen afstuderen dan er nodig zijn in de Nederlandse samenleving.

Actie 1. Het creëren van een bacheloropleiding wiskunde met eerstegraads lesbevoegdheid zal naar verwachting leiden tot herstel van de instroom van universitair geschoolde middelbare-schooldocenten. Hierdoor ontstaat tevens een betere aansluiting tussen voortgezet en wetenschappelijk onderwijs. In deze aansluiting dient verder structureel geïnvesteerd te worden door duale aanstellingen te creëren tussen universiteit, middelbare school en lerarenopleiding. Universiteiten dienen bovendien extra staf te kunnen aan nemen om scholieren naar de wiskunde te trekken (PR) en ze vervolgens ook voor de wiskunde te behouden door middel van betere begeleiding en rendementsverhoging. Zie hoofdstuk 2.

Uitdaging 2: Versterk de regionale en nationale samenwerking in het onderwijs.



Figuur 2 De afname van het totaal aantal stafmedewerkers en hoogleraren in de wiskunde aan Nederlandse universiteiten en CWI.

Inleidin

Het aantal stafposities in de wiskunde is ondanks de extra clusterinvesteringen gestaag blijven dalen (figuur 2, pag. 13). Het verzorgen van een goed gebalanceerde bacheloropleiding dreigt voor sommige wiskundeopleidingen problematisch te worden. De nationale masteropleiding functioneert goed, maar het aio-onderwijs is nog niet landelijk gestructureerd.

Actie 2. Zet in op regionale samenwerking om met beperkte middelen maximale effectiviteit te bereiken, en de aantrekkende studentenaantallen op alle locaties ruimte te geven. Het aio-onderwijs wordt nationaal gecoördineerd en ingebed in het Mastermath-programma. Tezamen kunnen zij de basis vormen van een *Dutch Graduate School of Mathematics*. Zie hoofdstuk 3.

Uitdaging 3: Continueer, dynamiseer en initieer samenwerking in het onderzoek.

Het einde van de tijdelijke financiering van de huidige onderzoekscusters, en daarmee hun dynamiek, is in zicht. Een aantal kerngebieden van de wiskunde, die kwalitatief vergelijkbaar zijn met de huidige clusters, zijn nog niet in een cluster georganiseerd.

Actie 3. Continueer de wiskundecusters en geef ze de mogelijkheid om te investeren in jong talent. Op deze manier blijven de clusters evolueren en zich herconfigureren. Vorm een vierde stochastiekcluster waarin het onderzoeksinstituut EU-RANDOM wordt ingebed. Initieer een bètabrede samenwerking op het gebied van de Computational Science. Zie hoofdstuk 4.

Uitdaging 4: Verbeter het carrièreperspectief van jonge wiskundigen.

Het perspectief voor jonge wiskundigen die een academische loopbaan in Nederland ambiëren is onvoldoende aantrekkelijk. Veelbelovende post-docs zoeken hun heil in het buitenland of verlaten

de wiskunde. Het aantal vrouwen dat actief is in de Nederlandse universitaire wiskunde is buiten verhouding laag. De eerste geldstroom neemt af, en de onderzoeksfinanciering vanuit de tweede geldstroom van NWO is mager.

Actie 4. Geef de clusters structureel de mogelijkheid om getalenteerde jonge wiskundigen op postdoc- of beginnende *tenure track*-niveau naar Nederland te halen, of voor Nederland te behouden. Verruim de tweede geldstroom financiering zodat excellente onderzoekers een serieuze kans krijgen een wetenschappelijke carrière op te bouwen. Stimuleer de instroom van vrouwen in de wiskunde. Zie hoofdstuk 4.

Uitdaging 5: Verbeter de interactie van wiskunde met samenleving en bedrijfsleven.

De wisselwerking tussen de wiskunde enerzijds en samenleving en bedrijfsleven anderzijds vindt te veel plaats op een ad-hoc basis. Er is geen structureel contact, waardoor de introductie van mogelijke innovaties vanuit de onderzoekswiskunde moeizaam verloopt.

Actie 5. Richt een Transferpunt Wiskunde & Innovatie (TWI) op. Het TWI verzorgt de valorisatie: de doorstroom van innovaties vanuit de wiskunde. In het kader van het TWI kunnen andere deeltijdaanstellingen tussen de universiteiten en het bedrijfsleven gecreëerd worden. Zie hoofdstuk 5.

Uitdaging 6: Organiseer de Nederlandse wiskunde in een heldere structuur.

De Nederlandse wiskunde kent een veel groter aantal vertegenwoordigende en coördinerende instanties dan wenselijk is voor een slagvaardig beleid. Veel nuttige initiatieven op PR-gebied worden op geen enkele wijze gecoördineerd.

Actie 6. De Nederlandse wiskunde moet zich naar buiten presenteren als een eenheid, en de

Inleiding

g

recente initiatieven om het platform WisNed in die rol te lanceren verdienen alle ondersteuning; WisNed kan een centrale rol spelen op het gebied van het onderzoek en onderwijs in de wiskunde, van wiskundepublicaties en wiskunde-PR. Het TWI kan ook worden ondergebracht in WisNed. Zie hoofdstuk 6.

language of business

Steve Ballmer, CEO Microsoft:

"Mathematics is the language of business and software."

2. Van voortgezet naar wetenschappelijk onderwijs

De universitaire wiskundestudies in Nederland hebben al ruim vijftientig jaar te kampen met een lage en tot voor kort steeds verder dalende instroom. In de afgelopen twee jaar is er weliswaar sprake van een voorzichtige kentering, maar nog steeds blijft het aantal wiskundestudenten in ons land opvallend achter bij de ons omringende landen. Zo heeft Duitsland ongeveer 25 keer zo veel eerstejaars wiskundestudenten als Nederland, terwijl het slechts vijf maal zoveel inwoners heeft; Engeland heeft een ruim twaalf keer zo grote instroom met maar zo'n vier keer het aantal inwoners (tabel 1, pag. 11). Het totale aantal eerstejaars wiskundestudenten in heel Nederland is zelfs vergelijkbaar met dat aan één enkele grotere Duitse of Engelse universiteit als Keulen of Warwick. Onder meer door de moeizame aansluiting tussen de wiskunde op het vwo en aan de universiteit blijft ook het rendement aan de Nederlandse opleidingen lager dan in de genoemde landen. Als gevolg hiervan kan de Nederlandse wiskundegemeenschap niet voorzien in de vraag naar wiskundigen vanuit onderwijs, industrie en samenleving. Al in 1999 schreef de Akademieraad voor de Wiskunde in haar verkenning *De toekomst van het wiskundeonderzoek in Nederland*:

“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 wiskundeonderwijs en -onderzoek en op langere termijn ook de positie van Nederland als kennisland.”

In 1992 schatte het rapport *Wiskunde in Beweging* de jaarlijkse behoefte aan afgestudeerde wiskundigen op 300 à 350. Hiervoor is een instroom van 400 à 500 studenten noodzakelijk.

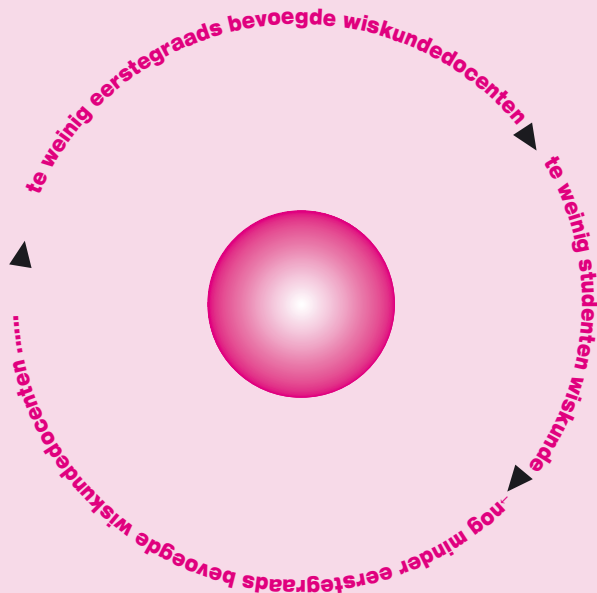
De universiteiten hebben pas in een laat stadium adequaat op de dalende instroom gereageerd. Inmiddels ontplooiën echter vrijwel alle instellingen prikkelende activiteiten als masterclasses (voor zowel scholieren als docenten), interactieve webclasses en begeleiding van profielwerkstukken. Het succesvolle Nijmeegse wiskundetoernooi, waarmee getalenteerde scholieren tegenwoordig een reis naar New York kunnen winnen, verdient een speciale vermelding. Op het Lowlands Festival staat sinds 2007 een kleine wiskundetent, en de topwiskundigen Robbert Dijkgraaf en Hendrik Lenstra gaven er in het kader van Lowlands University voordrachten voor 1400 festivalgangers. Met dergelijke activiteiten hopen de betrokkenen aan de scholieren (en hun ouders en schooldecenen!) te laten zien dat wiskunde leuk en uitdagend kan zijn, en bovendien een uitstekend beroepsperspectief biedt. Ook de inzet van het Platform Bèta Techniek en van Jet-Net kan hier worden genoemd, al richt deze zich op alle bètadisciplines en dus niet specifiek op de wiskunde.

Vermoedelijk mede als gevolg van deze inspanningen nam de instroom in 2007 weer enigszins toe. Deze groei handhaaft zich in 2008 (figuur 1, pag. 12). Het moge echter duidelijk zijn dat de genoemde activiteiten geen vervanging kunnen bieden voor structurele maatregelen om het enthousiasme voor de wiskunde onder scholieren te bevorderen.

voortgezet

2.1. Een vicieuze cirkel

Een kiem van het probleem ligt bij de moeite die de PABO's hebben om onderwijzers op te leiden die voldoen aan de minimumeisen om degelijk rekenonderwijs op de basisschool te kunnen geven. Dit masterplan richt zich echter op de voor wiskunde zo gevaarlijke vicieuze cirkel tussen het vwo en het wo:



In de ons omringende landen als België, Duitsland, Engeland en Frankrijk is het gebruikelijk dat wiskundeleraars in het voortgezet wetenschappelijk onderwijs zelf universitair opgeleid zijn. Nederland is echter in de situatie terechtgekomen dat de meeste wiskundeleraars die in het vwo lesgeven aan het hbo opgeleid zijn, bovendien op een aanzienlijk lager wiskundig niveau dan vroeger. Zelden of nooit hebben zij de universiteit waartoe zij hun leerlingen opleiden van binnen

gezien. Met de wiskundige kennis van zij-instromers en onbevoegde docenten, waarmee scholen het tekort aan eerstegraads bevoegde docenten noodgedwongen proberen op te vangen, is het meestal niet beter gesteld. Hier komt bij dat het aantal wiskundestudenten dat jaarlijks na een (educatieve) universitaire masteropleiding kiest voor het onderwijs, op de vingers van twee handen is te tellen. Onder de nu beginnende wiskundeleraars komen dan ook nauwelijks nog academici voor.

De ernst van deze situatie vraagt om structurele maatregelen die leiden tot de terugkeer van de academisch gevormde leraar op het vwo. Hoewel de wiskunde zich in een aantal aspecten onderscheidt van de andere bètadisciplines, bijvoorbeeld door het centrale karakter van het wiskundeonderwijs op de middelbare school, speelt deze problematiek een belangrijke rol binnen alle bètadisciplines. Het ligt daarom voor de hand de hier voorgestelde maatregelen op termijn ook in een bètabrede context uit te werken. Echter, in het geval van de wiskunde noopt de urgentie van de situatie tot een snelle invoering. Net als in het geval van het interuniversitair masteronderwijs zou de wiskunde ook hier een voortrekkersrol kunnen vervullen.

2.2. Ontwikkelingen in het voortgezet onderwijs

Het ambt van leraar heeft in de afgelopen decennia aan status en aantrekkingskracht ingeboet. Vanaf de Middelbaar Onderwijswet van 1863 waren er tot 1987 twee kwalificaties voor de lesbevoegdheid in het middelbaar (c.q. voortgezet) onderwijs, namelijk de universitaire titel van doctorandus (met onderwijsaantekening) en de MO-akte (A of B), die overigens ook op de meeste

successful

Marcus Agius, directievoorzitter van Barclays: "Numeracy and mathematical skill are absolutely essential for a successful business career. In more than 35 years of working life in the City of London, I have seen over and over again the importance of a solid grounding in mathematical techniques."

Van voo

universiteiten kon worden behaald. In 1987 werden de buiten het universitaire bestel bestaande MO-opleidingen (soms genaamd 'leergangen'), die op dat moment bijna de helft van de docenten in het voortgezet onderwijs leverden, ondergebracht in het hbo. De aandacht verschoof daarbij van vakinhoudelijke bekwaamheid naar een veelheid van competenties, waarvan kennis van (in dit geval) de wiskunde er slechts één is. Veel sterker dan bij de vroegere MO-opleidingen, besteedt de hbo-opleiding aandacht aan onderwijskunde, sociologie, didactiek en psychologie. De vakken-nis was bij het behalen van de MO-A en MO-B akten vrijwel gelijk aan respectievelijk die van het universitaire kandidaats- en doctoraalexamen, terwijl momenteel zelfs degenen die een volledig eerstegraads (M.Ed.) traject op het hbo hebben doorlopen, nauwelijks het wiskundige niveau van de universitaire propedeuse halen. Dit blijkt uit de moeilijkheden die studenten met een dergelijke achtergrond ondervinden als zij overstappen naar een universitaire wiskundestudie, en uit het speciale, aangepaste, niveau van de (enkele) colleges die door universiteiten aan aanstaande eerste-graads hbo-leraren gegeven werden.

Tegelijk nam de instroom in de universitaire lerarenopleidingen om een aantal redenen dramatisch af. Men kan hierbij denken aan de enorme toename in de beroepsmogelijkheden voor academisch opgeleide wiskundigen, de salarisreducties voor beginnende docenten en de honorering naar andere maatstaven dan vakbekwaamheid, en ten slotte het feit dat de inspanningen die nodig zijn om het academisch traject succesvol af te leggen zo veel groter zijn dan voor het hbo-traject. Tevens zorgden allerlei vernieuwingen in zowel de uitvoering als de organisatie van het onderwijs ervoor dat de centrale positie van de leraar in de verdrukking kwam.

In de jaren '80 werd bovendien het zogenaamde realistische wiskundeonderwijs ingevoerd. Met deze didactische aanpak, waarbij ieder wiskundig begrip direct in een context wordt beschouwd en de vervolgstap naar abstractie in het algemeen ontbreekt, neemt Nederland een unieke plaats in. Deze methodiek heeft zeker haar positieve kanten, met name in het toegankelijker worden van het vak. Voor de wiskundig getalenteerde leerlingen is zij echter funest, omdat het kind zo met het badwater wordt weggegooid: met de abstractie verliest de wiskunde haar essentie en universaliteit. De wiskunde ontleent haar kracht aan het samenspel tussen abstractie, toepassing, en generalisatie. Toepassingen met enige diepgang zijn zonder een voorafgaande fase van abstractie niet mogelijk, en het 'realistisch' gehalte van dit type wiskundeonderwijs is dan ook uiterst beperkt. Academisch opgeleide docenten kunnen binnen deze methodiek hun eigen kennis en visie niet kwijt. Wiskundig getalenteerde leerlingen krijgen niet de gelegenheid de onderliggende abstracties te herkennen en raken dus niet geïnspireerd door de kracht van de wiskunde. Beide factoren hebben een sterke negatieve invloed op een mogelijke keuze van deze leerlingen voor een wiskundestudie. Deze zorgen zijn de afgelopen jaren in brede kring geuit, onder meer door de Onderwijsraad.

In lijn met de scherpe kanttekeningen die de commissie-Dijsselbloem heeft geplaatst bij de onderwijsontwikkelingen van de afgelopen decennia, tekenen zich inmiddels contouren af van oplossingen voor beide problemen. Minister Plasterk heeft positief gereageerd op de adviezen van de commissie-Rinnooy Kan om de positie van de leraar te verbeteren, terwijl staatssecretaris Van Bijsterveldt-Vliegenthart in april 2008 groten-deels akkoord is gegaan met de voorstellen van

rtgezet

de Vernieuwingscommissie cTWO. De verschillen tussen deze voorstellen en het uiteindelijke besluit van de staatssecretaris waren daarbij het gevolg van suggesties van zowel de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren als de Resonansgroep Wiskunde (waarin het hbo en wo was vertegenwoordigd). Men kan met recht hopen dat het voortgezet wiskundeonderwijs per 2013, wanneer de nieuwe examenvoorstellen van kracht worden, aan aantrekkingskracht zal winnen en de toestroom van scholieren in de academische wiskunde zal toenemen.

Dit masterplan juicht deze ontwikkelingen, en in het bijzonder het genoemde besluit van de staatssecretaris, toe. Echter, de discussie over de hervorming van het onderwijs is nog niet volledig afgerond. Staatssecretaris Van Bijsterveldt-Vliegenthart vat de situatie in haar brief aan de Tweede Kamer d.d. 22 mei 2008 (VO/OK/21463) als volgt samen:

“Er waren twijfels over de ‘realistische’ wiskunde (...). Op de achtergrond speelt een tegenstelling die kort kan worden samengevat als een meer didactische (het hoe) en een op de inhoud van het vak (het wat) gerichte benadering. In het didactische kamp bevinden zich FI (i.e. Freudenthal Instituut), SLO (Stichting Leerplan Ontwikkeling), hoogleraren vakdidactiek, organen van de lerarenvereniging (NVvW). De inhoudelijke benadering is overheersend in het hoger onderwijs, maar ook bij veel leraren. (...) Ik moet vaststellen dat er verdeeldheid is in de wiskundewereld.”

Het is van essentieel belang voor de wiskunde in Nederland dat de door de staatssecretaris gesignaleerde verdeeldheid wordt overwonnen. Het is dan ook één van de centrale doelstellingen van dit masterplan om bruggen te slaan tussen middel-

bare-schooldocenten, vakdidactici, en universitair wiskundigen. De communicatie en het wederzijds begrip tussen deze partijen is verre van optimaal en dient verbeterd te worden. Om de hierboven geschetste hervormingen te doen slagen is het cruciaal dat de betrokken partijen naar elkaar toe groeien. Een constructieve samenwerking is noodzakelijk.

2.3. Voorgestelde maatregelen

De hierboven geschetste problematiek bestaat uit de volgende samenhangende componenten:

- de lage instroom in de universitaire wiskundestudies;
- het tekort aan universitair opgeleide leraren;
- de moeizame aansluiting vwo–wo;
- het achterblijvende studierendement;
- de gebrekkige samenwerking tussen middelbare-schooldocenten, vakdidactici, en universitair wiskundigen.

Dit masterplan stelt een aantal onorthodoxe maatregelen en nieuwe investeringen voor om deze problemen het hoofd te bieden:

1. De academische eerstegraads lerarenopleiding wiskunde dient in te dalen in de universitaire bacheloropleiding. Zij neemt daarin de vorm aan van een educatieve minor. Studenten kunnen zo de eerstegraads lesbevoegdheid wiskunde behalen via het bachelordiploma. Dit voorstel kan op relatief korte termijn een significant aantal nieuwe, enthousiaste en hooggekwalificeerde wiskundedocenten opleveren. Deze ogenschijnlijke verlaging van de academische standaard is de facto een verhoging van de kwaliteit van de instroom van wiskundeleraren in het vwo, omdat het wiskundig niveau van de academische

high technology

Edward E. David, voormalig president van Exxon Research & Development:
“Too few people recognize that the high technology so celebrated today is essentially a mathematical technology.”

Van voo

bachelor duidelijk boven dat van de eerstegraads bevoegde M.Ed. van het hbo ligt en het huidige traject (waarbij de eerstegraads lesbevoegdheid in de master wordt behaald) zoals gezegd nauwelijks nog studenten trekt. Dit voorstel kan verder uitgebouwd worden tot een constructie waarin een vakmatige verbreding en verdieping van de actieve docent mogelijk is, in het kader van een later te voltooien masteropleiding. Deze regeling draagt ertoe bij dat het bachelordiploma wiskunde tot een volwaardig diploma wordt en niet, zoals het vroegere kandidaatsdiploma, een afronding van een halve opleiding. De bacheloropleiding bereidt zo voor op de arbeidsmarkt, waarmee Nederland zich zou voegen in de beproefde praktijk van de Angelsaksische landen (waarin het bachelor-mastersysteem tenslotte ook haar oorsprong heeft): het volgen van een master is daar eerder uitzondering dan regel.

2. Om de aansluiting tussen vwo en universiteit te verbeteren pleit dit masterplan voor duale aanstellingen tussen universiteit en middelbare school. Dit voorstel is geïnspireerd door een tweetal reeds bestaande best practices:

a) Het alom geprezen Junior College Utrecht is een samenwerking tussen de Universiteit Utrecht en een aantal vwo-scholen uit de regio, waarin een vernieuwend tweejarig bètaprogramma voor ambitieuze 5- en 6-vwo'ers wordt ontwikkeld en aangeboden.

b) Bij het tutorsysteem, dat bijvoorbeeld op de Radboud Universiteit in gebruik is, volgen ervaren vwo-docenten, de tutores, eerstejaars colleges. Zij vervullen vervolgens een rol zowel naar de studenten, die bij hen met vragen terecht kunnen, als naar de docenten, die zij bijtijds kunnen wijzen op knelpunten.

3. Om de vakdidactiek beter aan te laten sluiten bij de academische wiskunde stelt het masterplan voor duale aanstellingen tussen het wiskunde-instituut en de lerarenopleiding van de betreffende universiteit te creëren. Op deze wijze verkrijgt men nieuwe, structurele, contactpunten tussen de universitaire wiskunde en de wiskundige vakdidactiek. De bewuste 'dualist' kent zowel de studenten, de wiskundigen, als de vakdidactici, en kan zo bruggen slaan tussen deze groepen. Studenten worden zo door een docent die zij kennen enthousiast gemaakt voor de educatieve minor in de bachelor (i.e. de vernieuwde eerstegraads lerarenopleiding), terwijl de medewerker in kwestie zijn of haar collega's van de wiskundeafdeling behulpzaam kan zijn bij didactische kwesties.

4. Ten slotte ontbreekt het wiskunde-instituten vaak aan tijd en menskracht voor een professionele aanpak van belangrijke zaken als intakegesprekken met eerstejaars, studieadvies, monitoring van studenten en hun studievoortgang, voorlichting over loopbaanperspectieven, werwing onder scholieren, en specifiek op wiskunde gerichte PR. In de praktijk zien we dat dergelijke activiteiten worden uitgevoerd door een reeds overbelaste staf, al dan niet bijgestaan door niet speciaal hiertoe opgeleide studenten. Dit masterplan stelt voor om per universiteit tenminste één professionele medewerker aan te stellen die voor de genoemde zaken verantwoordelijk is en deze verantwoordelijkheid ook creatief invult.

rtgezet

Gewenst resultaat

Dankzij dit pakket maatregelen zal de universitaire wiskundige gemeenschap op termijn weer actief deel kunnen – en moeten – gaan nemen aan het proces van ontwikkelen en toetsen van wiskundige onderwijsmethoden in het vwo. Tevens kan haar rol in bestaande nascholingsactiviteiten, zoals de Vakantiecursussen, het programma *In Zee met Wiskunde D* en de Nationale Wiskunde Dagen worden uitgebreid en ondersteund. Hierbij moet in de huidige situatie een scheiding worden aangebracht tussen het tonen van de nieuwste ontwikkelingen (voor zover deze relevant en toegankelijk zijn voor het vwo), en het verhogen van het wiskundig niveau van docenten die op het hbo zijn opgeleid maar op het vwo lesgeven. Bij het eerste aspect speelt de ontwikkeling van spannend en uitdagend lesmateriaal een belangrijke rol, zoals nu al gebeurt in de boekjes uit de zogenaamde Zebrareeks en recenter in de modules voor wiskunde D die op de meeste universiteiten (vaak in samenwerking met vwo-docenten) worden geschreven.

Financiën

De eerste maatregel is budgetneutraal. De tweede is voor de meeste universiteiten nieuw, en wordt voor enkele universiteiten momenteel in een minimale variant gefinancierd door het Sprint-UP programma van het Platform Bèta Techniek. Deze financiering vervalt hoogstwaarschijnlijk na 2010. Ook voor het derde en vierde voorstel is nieuwe financiering noodzakelijk. Na implementatie van deze maatregelen zou de instroom vanaf 2010 voor iedere universiteit structureel minstens 50% boven die van 2005 moeten komen te liggen.

Bovendien zal er sprake moeten zijn van een aantoonbare verbetering van het studierendement in het eerste studiejaar.

Samenwerking

Ten slotte dient te worden opgemerkt dat het voortgezet wiskundeonderwijs, en daarmee de instroom in de universitaire wiskundeopleidingen, zeer gebaat zou zijn bij een betere samenwerking tussen de universiteiten en de hbo-opleidingen, waardoor onder meer het wiskundig niveau van docenten met een hbo-opleiding kan worden verhoogd. Om dit te bevorderen zouden hbo-studenten voor de eerstegraads lesbevoegdheid een aantal vakken aan een universiteit kunnen volgen, zoals bij de vroegere MO-B studenten ook het geval was. Ook zou de instroom van hbo-afgestudeerden in de universitaire bacheloropleiding meer aangemoedigd en gefaciliteerd kunnen worden. Hoewel het onderliggende idee volledig aansluit bij een van de belangrijkste thema's van dit masterplan, namelijk om bruggen te slaan tussen de verschillende betrokkenen bij het voortgezet en wetenschappelijk wiskundeonderwijs, valt het uitwerken van voorstellen in deze richting buiten het kader van dit masterplan (dat zich met name richt op de academische wiskunde).

technologies of the future

Terrence Tao, Fields Medalist 2006: "The technologies of the future, for instance with regards to gene sequencing, climate change, or new energy technologies, will rely on mathematics."

3. Het universitaire wiskundeonderwijs

De recente onderwijsvisitatie door de commissie-Tijdeman schetst een positief beeld van het universitair wiskundeonderwijs in Nederland. In de bacheloropleiding wordt een student onderwezen in de basisvakken van de wiskunde, waarmee het fundament wordt gelegd voor een succesvolle carrière in het bedrijfsleven, het onderwijs of het onderzoek (zie ook hoofdstuk 5). Dit geldt zowel voor de student die haar of zijn onderwijspakket volledig richt op de wiskunde, als voor de student die zich breder oriënteert en kiest voor een minor economie, natuurkunde of educatieve vaardigheden. De bachelor wiskunde kan in toenemende mate gezien worden als een brede basisopleiding, waarbij door werkgevers gewaardeerde kwaliteiten als analytisch denken, flexibiliteit en probleemgerichtheid ontwikkeld worden en die daardoor voorbereidt op een rijk scala aan mogelijke carrières. Dit is een sterk aspect van de wiskundeopleiding, waarop meer moet worden ingespeeld in de werving en de PR.

Gezien de centrale rol die wiskunde speelt in wetenschap en maatschappij en met het oog op de voorzichtig herstellende instroom (figuur 1, pag. 12) – een effect dat naar verwachting versterkt zal worden door de in het vorige hoofdstuk voorgestelde maatregelen –, is sluiting van één of meer van de bestaande negen (technische en algemene) universitaire wiskundeopleidingen niet aan de orde. Dit masterplan pleit voor verdergaande samenwerking op nationaal en regionaal niveau, om zo een aantal problemen waarvoor de universitaire wiskunde zich geplaagd ziet aan te pakken.

3.1. Daling van de vaste staf en de bacheloropleiding

Het totale aantal stafmedewerkers wiskunde aan de Nederlandse universiteiten is ondanks de

clustervorming blijven dalen (figuur 2, pag. 13). De profilering van het onderzoek in de clusters is bovendien ten koste gegaan van andere gebieden van de wiskunde. Door deze afslanking zijn zowel de omvang als de wiskundige breedte van veel universiteiten zodanig gereduceerd dat het verzorgen van een zelfstandige en inhoudelijk goed gebalanceerde bacheloropleiding in sommige gevallen problematisch is geworden. Geen enkele universiteit kan zich nog beroemen op een afdekking van de wiskunde als geheel.

Hoewel universitaire wiskundigen in het algemeen zeer breed inzetbaar zijn op onderwijsgebied, is het vanwege de bestaande hoge werkdruk en de inhoudelijke eisen van het onderwijs niet eenvoudig om dergelijke lacunes op te vullen. De behoefte aan nieuwe aanstellingen is daarom groot. Zonder verdere maatregelen zal de in dit masterplan voorgestelde uitbreiding van de clusters (zie hoofdstuk 4) dit probleem niet oplossen. Niet alleen blijven zekere vakgebieden onafgedekt door de clusters, ook zijn de clusters niet aan alle instellingen evenredig vertegenwoordigd. Daarnaast zijn de aan te stellen postdocs en promovendi vanwege hun onervarenheid en, in veel gevallen, de taalbarrière slechts in beperkte mate inzetbaar in het bacheloronderwijs.

Als reactie op het geringe volume aan studenten heeft de Nederlandse universitaire wiskunde reeds gekozen voor nationale samenwerking in het masteronderwijs. Deze samenwerking verloopt bijzonder succesvol (zie paragraaf 3.2) en zorgt ervoor dat de combinatie van bezuiniging en profilering geen negatieve invloed heeft gehad op het niveau van de masteropleiding en de keuzevrijheid daar binnen. Integendeel, er is sprake van een rijk gevarieerd aanbod van landelijke colleges.

ersitaire

De oplossing van de hierboven gesignaleerde knelpunten in de bacheloropleidingen ligt eveneens in het opzoeken van samenwerking. Aangezien van aankomende wiskundestudenten niet kan worden verwacht dat zij, net zoals nu in het nationale masterprogramma gebruikelijk is, colleges op wisselende locaties ver buiten hun eigen universiteit volgen, ligt regionale samenwerking in de bacheloropleiding voor de hand. Als best practice kan hier het gemeenschappelijke bachelorprogramma van de TUD en de UL worden genoemd, waarbij sprake is van één gemeenschappelijk curriculum. De meeste kernvakken worden aangeboden op beide locaties, maar enkele fundamentele vakken alleen in Leiden en een aantal modelleervakken juist in Delft. Deze constructie is in veel opzichten verrijkend voor de studenten: naarmate de studie vordert worden de keuzemogelijkheden groter, en al vroeg in de studie komt men in aanraking met verschillende universitaire culturen. Gekoppeld aan deze samenwerking vindt op beperkte schaal uitwisseling van docenten plaats.

Dit masterplan pleit voor het initiëren en intensiveren van regionale samenwerkingen op bachelorniveau. Zo'n samenwerking ligt zeer voor de hand tussen UvA en VU. Voor universiteiten die geografisch minder dicht bij een 'natuurlijke partner' gelegen zijn, is een uitwisseling van docenten de studentvriendelijkste oplossing. De docent reist gedurende een semester één of meer dagen per week naar de partneruniversiteit om daar een college in zijn of haar vakgebied te verzorgen. Deze vorm van samenwerking sluit op een natuurlijke manier aan bij de profilering van het onderzoek in de nationaal opererende clusters. De koppels RU-TU/e en RUG-UT liggen hierbij voor de hand. Voor de UU lijkt regionale samenwerking in de bachelor op dit moment minder acuut,

maar zij zou daarin vanwege haar centrale ligging meerdere mogelijkheden hebben.

Ook de voorgestelde versterking van het CWI als nationaal onderzoeksinstituut (zie hoofdstuk 6) kan bijdragen aan het bestrijden van lacunes in het universitaire onderwijs. Het CWI heeft een lange ervaring met uitwisselingsconstructies waarin CWI-medewerkers academisch onderwijs verzorgen en universitair wiskundigen aansluiting vinden bij onderzoeksgroepen op het CWI. Dit heeft aantoonbare voordelen voor beide partijen. De activiteiten kunnen verder worden uitgebouwd, bijvoorbeeld door ook jongere CWI-medewerkers in de uitwisselingen te betrekken. Het verzorgen van onderwijs is ook relevant voor hun verdere carrière. Daarnaast zou het op te richten Transferpunt Wiskunde & Innovatie (zie hoofdstuk 5) een sleutelrol kunnen vervullen bij het aantrekken en inzetten van bijzondere hoogleraren uit innovatieve, in de wiskunde actieve sectoren van het bedrijfsleven of de overheid.

3.2. Landelijke samenwerking op master- en graduate niveau

Op dit moment stroomt het overgrote deel van de studenten met een bachelordiploma wiskunde door naar een masteropleiding wiskunde. Daarnaast mogen de masterstudies zich verheugen in een toenemende instroom vanuit aangrenzende bacheloropleidingen als natuurkunde en technische wetenschappen, en voeren de meeste opleidingen een actief wervingsbeleid in het buitenland. Desondanks is het volume aan masterstudenten te gering om zelfstandige masters aan de afzonderlijke universiteiten te kunnen aanbieden en is enige jaren geleden besloten om een aanzienlijk deel van het masteronderwijs landelijk

math skills

Anne Mulcahy, Xerox Chairman en CEO: "To be successful in business today, leaders (...) need sharp, analytic math skills that help them interpret numbers, identify trends, and shape strategy."

Het univ

te organiseren. Dit gebeurt via het regieorgaan Mastermath, waarin de drie technische en de zes algemene universiteiten die een wiskundeopleiding aanbieden op voorbeeldige wijze samenwerken.

Zeer succesvol zijn ook de jaarlijkse MRI-Masterclasses, waarin met name hooggekwalficeerde buitenlandse masterstudenten zich in een éénjarig programma bekwamen in een bepaald onderzoeksgebied dat ieder jaar wisselt. De colleges in de MRI-Masterclasses kunnen ook worden gevolgd door Nederlandse studenten en vormen dan een onderdeel van hun tweejarige master. Deze activiteit is inspirerend voor zowel docenten als studenten, en vormt een betrouwbare kweekvijver voor promovendi. Vele nog in Nederland werkzame wiskundigen van buitenlandse afkomst zijn in eerste instantie naar Nederland gekomen via een MRI-Masterclass.

Deze twee goedlopende initiatieven dienen naar het aio-onderwijs te worden doorgetrokken. In de huidige situatie is er wat betreft onderwijs aan promovendi, afhankelijk van het onderzoeksgebied, te weinig geregeld op landelijk niveau. Het huidige aanbod bestaat uit onderwijsweken en zomerscholen, die worden georganiseerd door de onderzoeksscholen of de wiskundeclusters. Daarnaast hebben enkele disciplines, zoals de besliskunde, goed lopende landelijke netwerken die voorzien in cursussen voor promovendi. Om alle best practices in het onderwijs aan promovendi samen te voegen, te coördineren, en waar nodig bestaande lacunes op te vullen, is de Nederlandse wiskunde gebaat bij de oprichting van een *Dutch Graduate School of Mathematics*. Deze paraplu voor het cursusaanbod voor promovendi kan de huidige onderzoeksscholen integraal vervangen. De MRI-Masterclasses kunnen, in hun

voornaamste functie als voortraject voor een promotieaanstelling, eveneens onder deze *Graduate School* vallen.

In navolging van soortgelijke ontwikkelingen in bijvoorbeeld Duitsland, wordt voorgesteld deze *Graduate School* in te richten naar Amerikaans model. Excellente promovendi worden aangesteld op basis van individuele aanvragen. Na een oriënterende fase met speciaal op hen toegesneden onderwijs kiezen zij zelf een promotor en een promotieonderwerp. Hoogleraren worden op deze wijze gestimuleerd een onderzoeksomgeving te creëren die toptalent aantrekt. De competitie om deze individuele projecten zou een internationale dimensie moeten krijgen, waarbij goede studenten ook uit het buitenland geworven worden, zowel direct als via de MRI-Masterclasses. Financiering vindt in dit model plaats door middel van *block grants*. Dit laatste aspect treft men aan op vrijwel alle Amerikaanse en de toonaangevende Engelse universiteiten, zoals Cambridge en Oxford; het zorgt voor continuïteit en daarmee stabiliteit zonder verlies aan dynamiek en competitie. Ook het Duitse *Graduiertenkolleg* kan hier tot voorbeeld strekken.

Het spreekt vanzelf dat nadere details omtrent de vormgeving van de *Graduate School* door middel van overleg en voortschrijdend inzicht ingevuld moeten worden. Hierbij valt te denken aan de relatie tot bestaande of geplande graduate schools binnen en tussen de universiteiten, de precieze financieringsvorm, de afstemming tussen de masterfase en de graduate fase, en de inbedding van Mastermath. Niettemin is het duidelijk dat de wiskunde in Nederland, zowel wat betreft de nationale opzet van het onderwijs als de kwaliteit van het onderzoek, bij uitstek geschikt is om zich verder te organiseren in een *Dutch Graduate School of Mathematics*.

ersitaire

3.3. Serviceonderwijs

Toepassingen van de wiskunde zijn doorgedrongen in alle haarvaten van onze maatschappij. Ook academisch opgeleide niet-wiskundigen (ingenieurs, biologen, economen, psychologen, sociologen, en zelfs artsen en rechters) hebben bij hun dagelijkse beroepsuitoefening veelvuldig te maken met geavanceerde wiskundige en statistische methoden. Het fundament voor efficiënt en correct gebruik van wiskundige methoden en technieken moet in hun opleiding worden gelegd, en in het verdere verloop van hun carrière moeten deze professionals in staat zijn ontwikkelingen bij te houden en nieuwe wiskundige technieken onder de knie te krijgen.

Dit masterplan houdt dan ook een krachtig pleidooi voor serviceonderwijs in de wiskunde gegeven door wiskundigen. Zij kunnen immers geacht worden dit fundament op de juiste wijze te leggen. Bovendien kunnen zij het best inspeelen op nieuwe ontwikkelingen in de wiskunde, deze op waarde schatten voor het onderwijs aan niet-wiskundigen, en ze toegankelijk maken voor hun doelgroep. Het laatste uiteraard in regelmatig overleg met docenten uit het ontvangende vakgebied.

In vergelijking met het beleid van de technische universiteiten blijven sommige algemene universiteiten ver achter bij de doelstelling het serviceonderwijs te laten geven door wiskundigen. De geringe omvang van de wiskundestaf aan Nederlandse universiteiten laat het ook nauwelijks toe deze doelstelling momenteel te bereiken. Uitbreiding op langere termijn van de wiskundestaf ten behoeve van het serviceonderwijs is dan ook wenselijk en verstandig.

modern world

Alan Mabbett, University of Central England Business School, UK: "An understanding of mathematics is now regarded as essential for working in the modern world of business."

4. Onderzoek: Concentratie & Dynamiek

In het kader van het onderzoek neemt dit masterplan de visie over van de recent afgeronde strategienota *Concentratie & Dynamiek* (C&D). Deze sluit op zijn beurt weer aan op de ontwikkelingen in de wiskunde ingezet na de strategienota *Nieuwe Dimensies, Ruimer Bereik* van 2002, die geleid hebben tot de vorming van de drie wiskundeclusters in 2005 en 2006:

- DIAMANT is een samenwerkingsverband voor discrete problemen van algoritmische aard. Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van algebra en getaltheorie en hun toepassingen in cryptologie en optimalisering.
- GQT is het cluster voor meetkunde en kwantumtheorie, waarin de invloed van recente ontwikkelingen in de theoretische natuurkunde op meetkunde en topologie centraal staat.
- NDNS+ verenigt acht onderzoeksgroepen voor niet-lineaire dynamische systemen, met vertakkingen in de stochastiek. Centraal staat hier de interactie tussen de wiskunde en de aard- en levenswetenschappen.

In het kader van de clusters hebben in totaal 24 jonge wiskundigen een vaste onderzoekspositie gekregen, zijn 7 hoogleraarsposities gecreëerd (4 fulltime, 3 deeltijd) en zijn 10-15 tijdelijke aio- en postdoc-aanstellingen gerealiseerd.

4.1. Vier wiskundeclusters en EURANDOM

Zoals aangegeven in C&D, wil de Nederlandse wiskunde voortbouwen op het succes van de clusters DIAMANT, GQT en NDNS+. Naast deze drie clusters, die grofweg de algebra, meetkunde en analyse representeren, is er in Nederland op natuurlijke wijze ruimte voor een vierde wiskun-

decluster rond de vierde pijler van de wiskunde, te weten de stochastiek (kansrekening, statistiek en stochastische besliskunde). De Nederlandse stochastiekgemeenschap heeft een sterke internationale reputatie en zichtbaarheid, en onderhoudt een uitgebreid netwerk van samenwerking met onderzoekers uit de natuurkunde, biologie, economie en industrie. Bovendien coördineert zij een landelijk netwerk van cursussen op master- en aio-niveau.

De oprichting, in 1998, van het internationaal georiënteerde onderzoeksinstituut EURANDOM heeft de Nederlandse stochastiekgemeenschap aanzienlijk versterkt. Haar workshop-, bezoekers- en postdoc-programma's trekken toponderzoekers uit alle delen van de wereld naar Nederland. Veel buitenlandse postdocs zijn via EURANDOM doorgestroomd naar vaste posities aan Nederlandse universiteiten of hebben een aanstelling in het bedrijfsleven of industrie gevonden. Het hier voorgestelde vierde cluster, met EURANDOM in een coördinerende rol, zal de bestaande activiteiten op het gebied van de stochastiek in Nederland een verdere impuls geven en mogelijkheden creëren om een aantal van haar toepassingsgebieden, die momenteel sterk in opkomst zijn en in Nederland relatief ondergerepresenteerd zijn, tot ontwikkeling te brengen. Voorbeelden zijn biostatistiek en mathematical finance.

De drie bestaande clusters zien hun tijdelijke financiering binnenkort ten einde lopen en dreigen zonder nieuwe investeringen tot stilstand te komen. Omdat het succes van de clusters vooral gebaseerd is op de dynamiek die zij hebben geïntroduceerd in wiskundig Nederland, pleit dit masterplan dan ook voor een hernieuwde clusterfinanciering. Een financiering die uiteindelijk structureel dient te worden: de wiskundeclusters

hebben blijvend de ruimte nodig om te evolueren en zich te herconfigureren. Vanzelfsprekend hoort de wetenschappelijke kwaliteit en het functioneren van de clusters periodiek geëvalueerd te worden. Daarbij is ook de samenstelling van de clusters en hun onderlinge afstemming onderwerp van evaluatie. Zo ligt het voor de hand om de stochastiekcomponent van het NDNS+ cluster over te hevelen naar het nieuw te initiëren stochastiekcluster. Tevens is het goed mogelijk dat bijvoorbeeld de numerieke wiskunde en/of de logica in de toekomst een grotere rol gaan spelen binnen een van de clusters.

Omdat persoonlijke excellentie centraal staat in de wiskunde, is de instroom van getalenteerde jonge onderzoekers de levensader van het vakgebied en de eerste voorwaarde voor een juiste dynamiek. De vitaliteit van de clusters is daarom het best gediend bij het aantrekken van wiskundigen op postdoc- of op beginnend *tenure track*-niveau. Tegelijkertijd is dit bij uitstek de manier het voor jong talent aantrekkelijk te maken om een wetenschappelijke carrière in Nederland op te starten of te continueren. De komst van de clusters heeft hier, samen met de NWO-Vernieuwingsimpuls, verbetering in gebracht, maar nog steeds zijn de carrièreperspectieven voor jonge wiskundigen zonder extra investeringen niet rooskleurig. De NWO-Vernieuwingsimpuls is doorslaggevend voor het behoud voor de Nederlandse wiskundegemeenschap van onderzoekers die via de clusters binnenkomen. Vanzelfsprekend zullen zij ook (beperkte) onderwijstaken krijgen, en zo een bijdrage leveren aan het oplossen van de problematiek rond de krimpende vaste staf aan de universiteiten (zie hoofdstuk 3). Hier zij opgemerkt dat het opdoen van onderwijservaring ook in het belang van de jonge onderzoekers zelf is.

Op deze manier zullen de clusters en EURAN-DOM qua opzet naar elkaar toegroeien: alle vier de clusters zullen voornamelijk aangedreven worden door de komst van jong talent.

4.2. Computational Science

Hoewel de vier wiskundecusters sterk geïnspireerd en gestimuleerd worden door hun samenwerking met wetenschap en maatschappij, benaderen zij hun onderzoeksthema's van nature vanuit de wiskunde. Dit definieert in belangrijke mate de kracht van deze clusters en hun relevantie voor de ontwikkeling van het wiskundig onderzoek in Nederland.

Er zijn ook disciplines binnen de wiskunde die dusdanig sterke banden met wetenschappelijke en/of industriële onderzoeksgebieden buiten de wiskunde onderhouden, dat zij het best tot hun recht komen in een gebiedsoverstijgend initiatief, dat gecreëerd kan worden vanuit een breder wetenschappelijk draagvlak. Dit geldt met name voor het zich snel ontwikkelende, volledig multidisciplinaire vakgebied Computational Science.

De Computational Science ontwerpt modellen en methoden voor de wiskundige simulatie en optimalisering van processen in de natuurkunde, scheikunde, moleculaire biologie, medische wetenschap en techniek. Dankzij deze methoden is het mogelijk om klimaatsveranderingen te voorspellen, botsingen tussen melkwegstelsels te begrijpen, fraude te detecteren in zeer grote financiële datastromen, en grote constructies op hun draagkracht door te rekenen. Dit vakgebied is van evident belang voor wetenschap en samenleving. In Nederland is op dit moment geen overkoepelend platform aanwezig, waardoor wederzijdse kruisbestuiving onvoldoende wordt

Onderzo

gerealiseerd. Meerdere ontwikkelingen binnen de wetenschappelijke gemeenschap in Nederland, zoals de plannen binnen de 3 TU's en het Amsterdams/Leidse ACMM/CECAM-initiatief, geven aan dat de tijd rijp is voor een nationale, bètabrede investering in de Computational Science.

4.3. Het NWO wiskundebudget

De Vrije Competitie van NWO Exacte Wetenschappen (NWO-EW) dient een goede instroom van talentvolle aio's te waarborgen, zowel binnen de clusters als daarbuiten. Zeer goede en excellente voorstellen behoren een redelijke kans op honorering te maken. Hetzelfde geldt voor de Vernieuwingsimpuls op postdoctoraal en UD/UHD-niveau. In beide NWO-competities worden de succeskansen door het stijgende aantal uitstekende aanvragen steeds kleiner. Zij dienen zodanig geijkt te worden dat excellente voorstellen een serieuze kans op honorering maken: competitie is goed, maar te kleine slaagkansen zijn demotiverend en leiden tot energieverspilling. Dit vereist een extra investering in deze geldstroom.

Net als C&D pleit ook dit masterplan voor het initiëren van samenwerkingsprogramma's die de interactie tussen wiskunde en andere wetenschapsdisciplines, maatschappij en industrie versterken. Thematische programma's, zoals het

NWO-complexiteitsprogramma dat in ontwikkeling is, stimuleren de dynamiek van de wiskunde. Ten slotte stelt C&D voor de kloof tussen de Vici-subsidies en Spinozapremies en/of academiehoogleraarschappen te verkleinen door een nieuw initiatief op post-Vici-niveau te ontwikkelen. In de huidige situatie zijn wetenschappers van naam gedwongen voor iedere aio of postdoc een afzonderlijk en scherpomlijnd voorstel te schrijven. Dit is tijdrovend en heeft bovendien een negatieve invloed op de dynamiek en feilbaarheid van het onderzoek. C&D noemt in dit kader de financiering van kleinschalige projecten voor twee tot vier senior-onderzoekers met een vijftal tijdelijke onderzoekers. Tevens zou een systeem van *rolling grants* ingesteld kunnen worden voor excellente wetenschappers met een bewezen track record op het gebied van begeleiding van aio's en postdocs (zie ook het sectorplan voor de natuurkunde *Fysica voor de toekomst – Toekomst voor de fysica*).

4.4. Vrouwen in de wiskunde

De ondervertegenwoordiging van vrouwen in de wiskunde is, net als in andere bètadisciplines als natuurkunde en informatica, bijzonder schrijnend, (tabel 2, deze pagina).

	Totale staf (fte)	Totaal aantal vrouwen (fte)	% vrouw
HL	78	3,4	4,4
UHD	89	5,4	6,1
UD	117	14	12,0
Postdoc	89	7,3	8,2
Aio	279	45,2	16,2

Tabel 2 De vertegenwoordiging van vrouwen in de wiskunde.

ek:

Onderzoek: Concentratie & Dynamiek

Een gebrek aan rolmodellen, met name op UHD- en hoogleraarniveau, is hier voor een belangrijk deel debet aan. Diverse initiatieven zijn ontplooid om de situatie te veranderen.

In lijn met de voorstellen in het sectorplan natuurkunde vraagt ook de wiskunde aan NWO om een concreet en structureel plan te ontwikkelen waarbij wiskundestudentes na afronding van hun promotieonderzoek een reëel perspectief op een academische carrière tegemoet kunnen zien. De toe te kennen posities kunnen op zowel UD-, UHD- als hoogleraarsniveau zijn. Dit komt in feite neer op verdere uitbreiding van het programma MEERVOUD van NWO Exacte Wetenschappen, waarbij de periode van financiering langduriger en vollediger wordt. Als bestaande best practices kunnen de Rosalyn Franklin Fellowships in Groningen en het Women-in-Science programma in Eindhoven worden genoemd. Deze verdienen navolging en uitbreiding. Het spreekt vanzelf dat deze plannen samen met de andere bètadisciplines moeten worden ontwikkeld, waarbij de wiskunde haar eigen verantwoordelijkheid echter niet moet schuwen.

top-notch mathematicians

Kim Carr, Australische minister van Innovation, Industry, Science, and Research:

"A nation that cannot turn out top-notch mathematicians and statisticians is a nation in deep trouble."

Wiskunde

5. Wiskunde, maatschappij en bedrijfsleven

Het kabinet wil dat Nederland tot de internationale top gaat behoren op het gebied van hoger onderwijs, onderzoek en innovatie. Succesvolle ontwikkeling van de Nederlandse economie vraagt om continue innovatie op gebieden als industrie, bankwezen, logistiek, informatietechnologie en zorg. Wiskunde staat hierbij vaak aan de basis. De complexiteit van de moderne industriële en maatschappelijke problemen vraagt om de inzet van de wiskunde in haar volle breedte. Wiskunde wordt echter niet altijd als zodanig herkend. Edward E. David, voormalig president van Exxon Research & Development, formuleerde dit als volgt:

“Too few people recognize that the high technology so celebrated today is essentially a mathematical technology.”

Zijn opmerking heeft nog niets aan geldigheid verloren. De inleiding noemt al een aantal voorbeelden van krachtige toepassingen van wiskunde in het alledaagse leven, en het recent in Eindhoven samengestelde boek *Math Inside* geeft inzicht in de indrukwekkende rol van de wiskunde in de industrie. Ook maatschappelijke vraagstukken hebben steeds vaker een wiskundige dimensie. Zo speelt wiskunde een significante rol in ons rechtssysteem – denk bijvoorbeeld aan de recente zaak-Lucia de B. –, bij het terugdringen van de wachtlijsten in de zorg en bij het effectief tegengaan van het vastlopen van de Nederlandse wegen.

Wij zien drie knelpunten die zorgwekkend zijn voor de innovatiekracht van Nederland en de ontwikkeling van onze maatschappij:

1. Een groot tekort aan wiskundigen in het bedrijfsleven en bij de (semi-)overheid.

2. Onvoldoende wiskundige basiskennis bij andere professionals.
3. Beperkte kennisuitwisseling tussen academie en bedrijfsleven, in het bijzonder het midden- en kleinbedrijf (MKB).

5.1. Wiskundeonderwijs

Een wiskundeopleiding ontwikkelt kwaliteiten als analytisch denken, flexibiliteit en probleemgerichtheid, die zeer gewaardeerd worden door werkgevers. Dankzij deze kwaliteiten blinken wiskundigen uit op veel plaatsen in de moderne samenleving. Het huidige tekort aan academisch getrainde wiskundigen vertraagt de economische ontwikkeling van Nederland: dit wordt algemeen erkend door het bedrijfsleven. Dit tekort doet niet onder voor het tekort dat aan het begin van de Koude Oorlog bestond, en laat eens te meer zien dat de eerder genoemde inspanningen om tot een verhoogde instroom van wiskundestudenten te komen de hoogste prioriteit heeft.

De invoering van de *Dutch Graduate School of Mathematics* (zie hoofdstuk 3) zal Nederland attractiever maken op de internationale markt, en daarmee voor de instroom van buitenlandse graduate studenten zorgen. Het verdient aanbeveling om programma's als de post-masteropleiding Wiskunde voor de Industrie van TU/e verder te versterken, en graduate studenten binnen of na hun programma een periode in Nederlandse bedrijven, banken en overheidsinstellingen te laten doorbrengen.

In de 21e eeuw is wiskundekennis niet alleen voor ingenieurs en economen, maar ook voor artsen en rechters noodzakelijk geworden. Bij de alledaagse uitvoering van hun beroep hebben ook zij veel te maken met geavanceerde wiskundige en



statistische methoden. De universitaire opleiding moet hen een voldoende fundament geven om later in hun loopbaan steeds nieuwe wiskundige technieken op juiste wijze te leren toepassen. Dit benadrukt het belang van wiskundige vorming van de niet-wiskundigen. Zoals reeds naar voren is gebracht in hoofdstuk 3 dient deze op universitair niveau door wiskundigen te worden verzorgd.

5.2. Wiskunde en bedrijfsleven

Talrijke voorbeelden tonen aan dat de wiskunde aan de wieg staat van succesvolle innovatie. Grote bedrijven in Nederland erkennen dit door te investeren in wiskundigen of door de krachten te bundelen met academische instellingen. De situatie voor het MKB is echter anders. De eerste stap is vaak moeilijk of de drempel lijkt te hoog, vooral omdat de opbouw van de samenwerking met de academische universiteiten en de formalisering van het probleem vaak enige tijd nodig hebben en investeringen vereisen. Toch is het benutten van de kracht van de wiskunde van het grootste belang voor het MKB. Dit wordt inmiddels ook onderschreven door de Nederlandse wiskundige gemeenschap, en een succesvol voorbeeld hiervan is de jaarlijkse studieweek Wiskunde voor Industrie, die ondersteund wordt door STW en NWO-EW. Dit programma geeft ondernemingen vrijwel gratis toegang tot academische wiskundige expertise.

Dit masterplan pleit voor het oprichten van een Transferpunt Wiskunde & Innovatie (TWI), dat zorgdraagt voor de verdere valorisatie van wiskunde in het bedrijfsleven. Het succesvolle Canadese MITACS-initiatief kan hierbij als voorbeeld dienen. Vanzelfsprekend zal het TWI aansluiten bij succesvolle lokale activiteiten op dit gebied die met name plaatsvinden aan de technische

universiteiten, maar bijvoorbeeld ook op het hbo. De betrokkenheid van academische wiskundigen in het bedrijfsleven kan door TWI sterk worden gestimuleerd. In het succesvolle (maar inmiddels helaas gestopte) Casimir-programma werd dit idee nagestreefd in een breder kader van techniek en bètawetenschappen. Een soortgelijk maar kleinschaliger experiment, gericht op de wiskunde, zal door het TWI gedragen worden.

In omgekeerde richting dienen industriële wiskundigen een belangrijke rol te spelen in het praktische deel van de wiskundeopleiding. Als geen ander zijn zij in staat studenten te laten kennismaken met de maatschappelijke reikwijdte van hun vak. Door meer deeltijdaanstellingen aan de Nederlandse universiteiten te creëren kan de industrie een bijdrage leveren aan de vorming van toekomstige generaties toegepast wiskundigen. Tegelijk zal dit de voorlichting aan scholieren en studenten over de (vaak onbekende) carrière mogelijkheden van wiskundigen in de samenleving verbeteren. Dit laatste behelst een aanvulling op reeds bestaande initiatieven vanuit de industrie zoals het wiskundeprogramma van het Jongeren en Technologie Netwerk Nederland (Jet-Net), dat lespakketten aanbiedt om belangstelling van scholieren in de bètawetenschappen en de wiskunde in het bijzonder, aan te wakkeren. Deze pakketten worden door docenten op de middelbare school gebruikt voor de ontwikkeling van de beroeps- en praktijkoriëntatie van leerlingen, en kunnen in de toekomst ook input voor het vak Wiskunde D gaan vormen.

Wiskund

5.3. Aanbevelingen

Voor de bevordering van de contacten met het bedrijfsleven en de (semi-)overheid, beoogt dit masterplan de volgende activiteiten te ontplooiën:

1. Oprichting van het Transferpunt Wiskunde & Innovatie (TWI), dat een coördinerende rol zal spelen bij de hieronder genoemde initiatieven.
2. Financiering van tijdelijke en deeltijdaanstellingen van wiskundigen uit het bedrijfsleven en de (semi-)overheid aan Nederlandse universiteiten.
3. Financiering van kortlopende deeltijdaanstellingen van academische wiskundigen aan Nederlandse bedrijven en (semi-)overheidsinstellingen.
4. Voorlichting over wiskunde aan het bedrijfsleven, en het MKB in het bijzonder.
5. Voorlichting over in het bedrijfsleven en de (semi-)overheid toegepaste wiskunde aan scholieren en docenten.

Het ligt in de lijn der verwachting dat in het geval van de bovengenoemde aanstellingen (zie 2 en 3) het bedrijfsleven eveneens zijn financiële bijdrage levert. Een mogelijke kwaliteitstoets kan door NWO-EW worden uitgevoerd.

Wiskunde, maatschappij en bedrijfsleven

e,

successful

Marcus Agius, directievoorzitter van Barclays: "Numeracy and mathematical skill are absolutely essential for a successful business career. In more than 35 years of working life in the City of London, I have seen over and over again the importance of a solid grounding in mathematical techniques."

6. Organisatie van de Nederlandse wiskunde

6.1. Eén nationaal platform voor de Nederlandse wiskunde

Organisatorisch is de Nederlandse wiskunde versnipperd. Met een achttal permanente commissies (OOW, NOCW, ARW, ACW, Kamer Wiskunde VSNU, Voorzittersoverleg, Publicatiecommissie KWG, en Taakgroep Landelijke Wiskunde-PR) kent zij een te groot aantal commissies om een slagvaardig beleid te kunnen voeren. Daarnaast worden op ad-hoc-basis nog regelmatig andere commissies in het leven geroepen.

De oprichting van één nationaal platform voor de Nederlandse wiskunde maakt de organisatie inzichtelijker en levert één gezicht op waarmee de wiskunde naar buiten treedt. Dit platform, met als voorgestelde naam WisNed, is bij uitstek geschikt om als centraal aanspreekpunt voor de wiskunde te dienen. De acht hierboven genoemde commissies kunnen opgaan in vier onafhankelijke landelijke commissies, te weten voor Onderzoek, voor Onderwijs, voor PR en voor Publicaties. De onderwijsactiviteiten worden gebundeld binnen de voorgestelde *Dutch Graduate School of Mathematics* (zie hoofdstuk 3), dat samen met Mastermath en de MRI-Masterclasses wordt ingebed in WisNed.

Daarnaast dient WisNed te functioneren als een centraal loket voor de wiskunde, waar de diverse afnemers van wiskunde terecht kunnen met hun vragen. Dit wordt gerealiseerd door een nationaal Transferpunt Wiskunde & Innovatie (TWI) op te richten en onder te brengen in WisNed (zie hoofdstuk 5). Dit transferpunt dient een hogere valorisatie van de wiskundige kennis te bewerkstelligen en zo de innovatiekracht van Nederland te vergroten. WisNed wordt bij voorkeur gesitueerd binnen het CWI, dat hiervoor bij uitstek geschikt is.

6.2. Nationale instellingen

Het masterplan benadrukt en ondersteunt het groeiende belang van de nationale instituten CWI, EURANDOM en het Lorentz Center. Ieder van deze drie vormt op het eigen gebied een belangrijk nationaal platform. Het CWI op het gebied van fundamenteel onderzoek op de raakvlakken tussen de wiskunde en de informatica enerzijds en maatschappij en industrie anderzijds. EURANDOM op het gebied van onderzoek in de statistiek, de kansrekening en de stochastische beslissonderzoek. Het Lorentz Center op het gebied van de organisatie van workshops in de bètawetenschappen. Deze instituten hebben een erkende internationale uitstraling, die positieve impact heeft op de gehele Nederlandse wiskunde.

Het CWI heeft een lange traditie als nationaal onderzoeksinstituut. Het CWI is de natuurlijke thuisbasis voor het op te richten platform WisNed en het daarin in te bedden Transferpunt Wiskunde & Innovatie. Juist een nationaal instituut kan de samenwerking en de interactie tussen alle bij de Nederlandse wiskunde betrokken partijen op onpartijdige wijze coördineren. Sinds haar oprichting is een groot deel van de medewerkers van het CWI betrokken bij het wiskundeonderwijs aan Nederlandse universiteiten. Ook hierin zal het CWI een natuurlijke rol blijven spelen: het kan de thuisbasis zijn van deeltijdhoogleraren die de lacunes in het academisch onderwijs opvullen die – ondanks regionale samenwerkingen – kunnen ontstaan door de combinatie van bezuiniging en clustervorming (zie hoofdstuk 3).

Organisatie van de Nederlandse wiskunde

atie

high technology

Edward E. David, voormalig president van Exxon Research & Development:

"Too few people recognize that the high technology so celebrated today is essentially a mathematical technology."

Maatregel

7. Maatregelen en aanbevelingen

1. Introduceer educatieve minors in de bacheloropleiding die direct leiden tot een eerstegraads lesbevoegdheid.

Er is in Nederland een groot tekort aan academisch geschoolde middelbare-schooldocenten. Dit heeft een direct negatief effect op de instroom van wiskundestudenten en draagt in belangrijke mate bij aan het moeizame contact tussen universiteit en middelbare school. Het tekort kan op een versnelde manier teniet worden gedaan door een eerstegraads lesbevoegdheid te koppelen aan de universitaire bacheloropleiding wiskunde. De vak kennis van wiskundeleraars op het vwo zal hierdoor stijgen.

2. Investeer in de interactie tussen de universitaire wiskunde, de middelbare-schoolwiskunde en de lerarenopleidingen.

Een goede aansluiting tussen het voortgezet onderwijs en het wetenschappelijk onderwijs is van doorslaggevend belang voor de kwaliteit en het niveau van het onderwijs, zowel op de middelbare school als op de universiteit. De huidige – vaak zeer succesvolle – lokale initiatieven op dit gebied verdienen een structurele basis. Duale aanstellingen tussen universiteit en middelbare school en tussen vakopleiding en lerarenopleiding creëren banden tussen de verschillende partijen. Daarnaast is het belangrijk dat wiskundeopleidingen structurele ruimte krijgen voor PR en wervingsactiviteiten en de begeleiding van nieuw instromende studenten. Per wiskundeopleiding is hiervoor een bedrag van M€ 0,5 per jaar nodig. Verwacht wordt dat met deze maatregelen vanaf 2010 de instroom structureel minstens 50% boven die van 2005 zal liggen en dat de studierendementen aantoonbaar zullen zijn gestegen.

Kosten: M€ 4,5 per jaar

3. Versterk de regionale en nationale onderwijs-samenwerking in het universitaire wiskundeonderwijs.

De wiskunde kiest voor kwaliteit en focus in het onderzoek en voor samenwerking in het onderwijs. De kwaliteit en breedte van de bacheloropleidingen kan worden verbeterd door nieuwe regionale samenwerkingen op te zetten en bestaande verder uit te werken. De nationale Mastermath-samenwerking tussen de negen Nederlandse wiskundeopleidingen in de masterfase is zeer succesvol. Deze samenwerking kan worden uitgebreid naar het onderwijs aan promovendi en postdocs in een Dutch Graduate School of Mathematics.

Kosten: M€ 0,5 per jaar

4. Laat universitair wiskundeonderwijs verzorgd worden door wiskundigen.

Voor het goed functioneren van academici in de huidige high-tech maatschappij is een goede ontwikkeling van het wiskundig denken essentieel. Daarom hoort het academisch wiskundeonderwijs, in alle academische studies, door professionals gegeven te worden.

5. Continueer en dynamiseer drie clusters en initieer een vierde cluster stochastiek.

De Nederlandse wiskunde heeft ervoor gekozen het onderzoek te concentreren in die gebieden waarin zij het sterkst is. Dit heeft geleid tot drie succesvolle multidisciplinaire clusters. De financiering van de clusters dient een structurele basis te krijgen, zodat de clusters de mogelijkheid krijgen om mee te groeien met, en richting te geven aan, de ontwikkelingen binnen het internationale onderzoek. Dit is alleen mogelijk als clusters kunnen investeren in jong talent op postdoc- en beginnend *tenure track*-niveau. Naast de huidige

elen

drie clusters is er ruimte voor een cluster rond de vierde pijler van de Nederlandse wiskunde, de stochastiek. Het onderzoeksinstituut EURANDOM kan op een natuurlijke manier ingebed worden in dit vierde cluster.

Kosten: M€ 4,5 per jaar

6. Initieer een bètabreed samenwerkingsprogramma in de Computational Science.

Het vakgebied Computational Science heeft een onbetwiste impact op de hedendaagse wetenschap en samenleving. Hoewel de wiskunde hierin centraal staat, heeft zij een gebiedsoverstijgend karakter: ook de technische wetenschappen, de natuurkunde, de biologie en de informatica spelen een essentiële rol. De vorming van een bètabreed samenwerkingsprogramma in de Computational Science zal niet alleen een stimulerende invloed hebben op ieder van de hierbij betrokken wetenschapsgebieden, maar is tevens een belangrijke investering in de positie van Nederland als internationale kenniseconomie.

7. Verhoog de participatie van vrouwen in de wiskunde.

De ondervertegenwoordiging van vrouwen in de wiskunde, als ook in de meeste andere bètadisciplines, is een schrijnend probleem. Hoewel deze kwestie al jaren in het centrum van de aandacht ligt, is er nauwelijks sprake van verbetering. Hierbij speelt het gebrek aan inspirerende rolmodellen een belangrijke rol. In het kader van dit masterplan dienen twintig extra geoormerkte posities voor vrouwen in de academische wiskunde gecreëerd te worden.

Kosten: M€ 2,0 per jaar

8. Vergroot het NWO-wiskundebudget.

NWO-EW heeft momenteel onvoldoende middelen om jong talent te ontwikkelen en toptalent voor Nederland te behouden. Er dient meer bestedingsruimte te komen in de Vrije Competitie (M€ 2,0 per jaar), voor het opstarten van nieuwe (multi-disciplinaire) programma's (M€ 2,0 per jaar) en voor kleinschalige samenwerkingsprojecten en zogenaamde 'rolling grants' (M€ 2,0 per jaar).

Kosten: M€ 6,0 per jaar

9. Verbeter de contacten tussen de wiskunde en samenleving en bedrijfsleven.

Er dient een Transferpunt Wiskunde & Innovatie (TWI) te worden opgericht dat de wisselwerking tussen de onderzoekswiskunde en het bedrijfsleven en maatschappij gaat coördineren. In het kader van TWI zullen tijdelijke en deeltijdaanstellingen gecreëerd worden tussen de academische wereld en het bedrijfsleven (in ruime zin).

Kosten: M€ 1,0 per jaar

10. Organiseer de wiskunde op nationaal niveau in WisNed.

Organisatorisch is de wiskunde in Nederland te versnipperd. Het onderzoek, het onderwijs, de PR- en publicatie-activiteiten horen onder één paraplu, WisNed, te worden samengebracht. Ook het TWI kan onder WisNed worden ondergebracht.

Buiten de bijdragen vanuit de wiskundegemeenschap zelf, betekent de realisatie van deze aanbevelingen een totale extra investering in de Nederlandse wiskunde van M€ 18,5 per jaar. Hiervoor wordt steun gezocht bij het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, het ministerie van Economische Zaken, NWO, de universiteiten en het bedrijfsleven.

zuurstof

Maatregelen en aanbevelingen

1. Verbind eerstegraads lesbevoegdheid aan de bachelor met educatieve minor.
2. Verbeter interactie tussen universiteit, middelbare school en lerarenopleiding.
3. Versterk regionale en nationale samenwerking in het universitaire onderwijs.
4. Laat wiskundeonderwijs op de universiteit verzorgd worden door wiskundigen.
5. Continueer drie wiskundecusters en initieer een vierde cluster.
6. Initieer een bètabreed samenwerkingsprogramma in de Computational Science.
7. Verhoog de participatie van vrouwen in de wiskunde.
8. Vergroot het NWO-wiskundebudget.
9. Richt het Transferpunt Wiskunde & Innovatie op voor verdere valorisatie.
10. Organiseer de Nederlandse wiskunde in WisNed.

elen

Kosten per jaar (M€)	hoofdstuk
-	2
4,5	
0,5	3
-	
4,5	4
-	
2,0	
6,0	
1,0	5
-	6
Totaal kosten per jaar M€18,5	

Literatuur

Bij het schrijven van dit masterplan is gebruik gemaakt van de volgende literatuur:

Bibliometric Study on Mathematics Research in the Netherlands 1993-2002, CWTS Research Report to NWO-EW. Leiden, 2007.

Concentratie & Dynamiek. Een strategie voor de wiskunde, Nationaal Overleg Onderzoekscholen Wiskunde (OOW) en het gebiedsbestuur NWO Exacte Wetenschappen. Den Haag, mei 2008.

De perfecte chemie tussen onderwijs en onderzoek. De Regiegroep Chemie. Juni 2007.

De toekomst van het wiskunde-onderzoek in Nederland, Verkenningen, Deel I, KNAW. Amsterdam, 1999.

Diverse studies Thomson Research, zie www.in-cites.com/research/2007/

Duurzame wetenschap, Strategisch plan KNAW 2007-2010. Amsterdam, 2006.

Investeren in Dynamiek, Eindrapport Commissie Dynamisering. Den Haag, 2006.

Fysica voor de toekomst, toekomst voor de fysica. Sectorplan voor de Natuurkunde in Nederland. Stuurgroep van de Colleges van Bestuur. Juni 2007.

Math Inside. Verrassende wiskunde, Laboratory for industrial mathematics Eindhoven. Eindhoven, april 2008.

Nieuwe dimensies, ruimer bereik. Een nationale strategie voor wiskundeonderzoek en gerelateerde masteropleidingen. Nationaal Overleg Onderzoekscholen Wiskunde in samenwerking met de NWO Advies Commissie Wiskunde. Den Haag, 2002.

The scientific wealth of nations, R. M. May, *Science* 75 793-796, 1997.

Wetenschap gewaardeerd! NWO-strategie 2007-2010. Den Haag, 2006.

Wiskunde in Actie, Akademie Raad voor de Wiskunde, KNAW. Amsterdam, 2006.

Wiskunde in beweging, Rapport van de Verkenningcommissie Wiskunde, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen. Zoetermeer, februari 1992.

www.maths.manchester.ac.uk/~bl/maths-league/uk-maths-league-tables.html.

Zahlen rund um das Mathematikstudium – teil 2, M. Dieter, P. Brugger, D. Schnelle, G. Törner.

Lijst van afkortingen en begrippen

ACMM	Amsterdam Center for Multiscale Modeling
aio	Assistent in opleiding
ARW	Akademie Raad voor de Wiskunde
Casimir-programma	NWO-programma om uitwisseling van onderzoekers tot stand brengen tussen bedrijven en publieke kennisinstellingen
C&D	Strategienota wiskunde: Concentratie en Dynamiek
CECAM	Centre Européen de Calcul Atomique et Moléculaire
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
cTWO	Commissie Toekomst Wiskundeonderwijs
CWI	Centrum Wiskunde & Informatica
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIAMANT	Wiskundecluster Discrete, Interactive and Algorithmic Mathematics, Algebra and Number Theory
EPSRC	Engineering and Physical Sciences Research Council
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
EURANDOM	European research institute for the study of randomness
FI	Freudenthal Instituut
fte	Full-time equivalent (mensjaar)
GQT	Wiskundecluster Geometry & Quantum Theory
hbo	Hoger Beroepsonderwijs
HL	Hoogleraar
HO	Hoger Onderwijs
Jet-Net	Jongeren en Technologie Netwerk Nederland
KWG	Koninklijk Wiskundig Genootschap
M€	Miljoen euro
Mastermath	Landelijke organisatie masteronderwijs wiskunde
MEERVOUD	Het 'MEER Vrouwelijke Onderzoekers als UD'-programma van NWO-EW
MITACS	Mathematics of Information Technology and Complex Systems
MO-akte	Middelbaar Onderwijs akte
MKB	Midden- en kleinbedrijf
MRI	Onderzoekschool Mathematisch Research Instituut
NDNS+	Wiskundecluster Nonlinear Dynamics of Natural Systems
NOCW	Nederlandse Onderwijscommissie voor de Wiskunde
NSF	National Science Foundation
NVvW	Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
NWO-EW	NWO-wetenschapsgebied Exacte Wetenschappen
OCW	Ministerie voor Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
OOW	Overleg Onderzoekscholen Wiskunde
PABO	Pedagogische Academie voor het Basisonderwijs

Platform Bèta en techniek	Platform met als opdracht te zorgen voor voldoende en kwalitatief goed opgeleide bèta's en technici
PR	Public relations
RU	Radboud Universiteit
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
SLO	Stichting Leerplanontwikkeling
STW	Stichting Technische Wetenschappen
TD	Technisch Docent
TUD	Technische Universiteit Delft
TU/e	Technische Universiteit Eindhoven
TWI	Transferpunt Wiskunde & Innovatie (nieuw op te richten)
UD	Universitair docent
UHD	Universitair Hoofddocent
UL	Universiteit Leiden
UM	Universiteit Maastricht
UT	Universiteit Twente
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
UvT	Universiteit van Tilburg
Vici	Het Vernieuwingsimpuls-programma voor excellente senior-onderzoekers
VSNU	Vereniging van Universiteiten
VU	Vrije Universiteit
vwo	Vorbereidend wetenschappelijk onderwijs
WisNed	Nog te lanceren organisatie met een centrale rol binnen de wiskunde
WO	Wetenschappelijk Onderwijs
WUR	Wageningen Universiteit