Een Deltaplan voor de Nederlandse wiskunde

NWO
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

platform wiskunde nederland

Wiskunde is de sleutel tot alle wetenschappen...
tot de kunst en de muziek.

– Donald Duck in Rekenland –

Een Deltaplan voor de Nederlandse wiskunde

2015

NWO
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

platform wiskunde nederland

Colofon

© 2015 Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek & Platform Wiskunde Nederland

Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
Postbus 93138
2509 AC Den Haag
www.nwo.nl

Platform Wiskunde Nederland
Science Park 123
1098 XJ Amsterdam
www.platformwiskunde.nl

Fotografie
pagina 16 en 21: Jan Willem Steenmeijer
pagina 45 en 46: Elodie Burrillon

Ontwerp
WAT ontwerpers, Utrecht

Druk
Zalsman B.V., Zwolle

Voorwoord

Voor u ligt het *Deltaplan Wiskunde.NL*. Het wordt u aangeboden door de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en het Platform Wiskunde Nederland (PWN).

Het Deltaplan is een vervolg op het Visiedocument van PWN, *Formulas for insight and innovation; mathematical sciences in the Netherlands*, dat de visie en de ambitie van de Nederlandse wiskunde op de middellange termijn presenteert. Het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap verzocht NWO en PWN de aanbevelingen uit het Visiedocument uit te werken, concrete acties te formuleren en zich te verzekeren van draagvlak voor de realisering daarvan.

Wij hebben een commissie onder leiding van prof.dr. Jacob Fokkema, voormalig rector magnificus van de Technische Universiteit Delft, gevraagd dit werk op zich te nemen. Wij zijn de commissie zeer erkentelijk voor het opstellen van dit Deltaplan. Onze dank strekt zich uit tot de uitgebreide groep van personen die zijn geconsulteerd, commentaar hebben gegeven of anderszins hebben bijgedragen.

Het resultaat is een breed gedragen plan dat, evenals het Visiedocument, geschreven is voor beleidsmakers, zoals de Ministeries van OCW en EZ, NWO, rectoren, decanen en directeuren van wiskunde-instituten, maar ook voor de Nederlandse wiskundigen zelf.

De wiskunde is het onmisbare fundament van wetenschap, technologie en een groot deel van de maatschappij. In de 21ste eeuw is de rol van de wiskunde nog groter geworden. Een actueel en breed herkend voorbeeld daarvan is de opkomst van *computational science* en *big data*, onderwerpen waar de wiskunde overduidelijk onmisbaar is. Maar de rol van de wiskunde strekt zich uit tot een veel breder terrein van uitdagingen in wetenschap, bedrijfsleven en samenleving. De vraag naar wiskunde groeit en het aantal studenten stijgt.

De omvang van de wiskundestaf stagneert echter. Het fundamentele wiskundeonderzoek raakt in de knel en de bijdrage van de wiskunde aan de economische topsectoren en aan Europese programma's blijft achter.

Het Deltaplan heeft tot doel deze ontwikkeling ten goede te keren. Het is gebaseerd op een koppeling van onderzoek, onderwijs en innovatie. Met de voorgestelde acties, meetbare doelstellingen en monitoring biedt het een uitstekend instrument om de uitdagingen van de toekomst aan te gaan. Daaronder vallen ook de aan de wiskunde gerelateerde vragen uit de komende Nationale Wetenschapsagenda.

Het Deltaplan is het startpunt van een stevige impuls voor de Nederlandse wiskunde. NWO en PWN gaan doen wat in hun vermogen ligt om het Deltaplan in werkelijkheid om te zetten. Wij roepen alle betrokkenen op hieraan mee te werken.

Jos Engelen
Voorzitter Algemeen Bestuur NWO

Sjoerd Verduyn Lunel
Voorzitter PWN

Ten geleide

Delta is niet alleen de vierde letter van het Griekse alfabet. In de wiskunde staat het symbool Δ voor *verandering* of *verschil*. Het *Deltaplan Wiskunde.NL* straalt een eenheid en kracht uit die van wezenlijk belang zijn voor verandering en daarmee voor ontwikkeling en vernieuwing. Het zal de wiskundigen in staat stellen een fundamenteel verschil te blijven maken.

De commissie Deltaplan Wiskunde.NL heeft een jaar lang enthousiast gewerkt aan een concreet en gedragen plan. Wij hebben uitgebreide consultaties gehouden en meerdere discussiemomenten georganiseerd. Wij zijn er trots op het plan te kunnen presenteren. Velen hebben bijgedragen aan de totstandkoming ervan. Zij allen verdienen onze dank.

Het wiskundeonderzoek in Nederland behoort tot de wereldtop. In het plan stellen we het behoud en de uitbouw van deze internationale positie centraal. Wij schenken veel aandacht aan de vernieuwing van het wiskundeonderwijs, inclusief de opleiding van leraren, en de versterking van de rol van de wiskunde in de maatschappij.

Een bundeling van krachten is cruciaal. Wij ontwerpen daarom een *wiskundehuis* dat een stevige basis biedt voor de nodige veranderingen. De belangrijkste bouwstenen zijn de vier wiskundeclusters en een daardoor gedragen nationale onderzoeksschool. Het wiskundehuis biedt een kwartier aan alle wiskundigen en staat open voor de buitenwereld via bruggen naar andere disciplines, maatschappij en bedrijfsleven. Het is voorzien van een *lerarenkamer* en een *innovatiepark*.

Het dak van het huis bestaat uit een Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde en het Platform Wiskunde Nederland. Hun taak is de landelijke coördinatie van de door ons voorgestelde acties, in samenwerking met OCW, NWO en de universiteiten. De implementatiecommissie heeft geen academische bestuursverantwoordelijkheid. Zij is van essentieel belang om de organisatie van het wiskundehuis te schragen en naar boven te verantwoorden.

Als voorzitter van de commissie is het mij een groot genoegen het Deltaplan onder uw aandacht te brengen. Het jaar 2015 is voor mij het jaar van de wiskunde. Ik ben van mening dat dit plan daarvan op uitnemende wijze getuigt.

Jacob Fokkema
Voorzitter Commissie Deltaplan Wiskunde.NL

Inhoud

SAMENVATTING 8

1. VAN VISIE NAAR ACTIE 11

2. WISKUNDE IS FUNDEREND EN DRAGEND 13

3. HET WISKUNDEHUIS 15
- 3.1. Verworvenheden 15
- 3.2. Onderzoek: clusters, instituten en profilering 16
- 3.3. Nationale onderzoekschool 19
- 3.4. De bewoners van het wiskundehuis 20
- 3.5. Wiskunde en informatica 22
- 3.6. Europa 23
- 3.7. Governance 24

4. ONDERWIJSVERNIEUWING 25
- 4.1. Wiskundeopleiding 25
- 4.2. Wiskunde in andere opleidingen 26
- 4.3. Voortgezet onderwijs 27

5. DE LERARENKAMER 29
- 5.1. Universitaire lerarenopleiding 29
- 5.2. Bij- en nascholing 31

6. HET INNOVATIEPARK 33
- 6.1. Wiskunde in bedrijven 33
- 6.2. Publiek-private samenwerking 35

7. COMMUNICATIE 37

8. ACTIELIJNEN, BEGROTING EN MONITORING 39
- 8.1. Actielijn governance 39
- 8.2. Actielijn wiskundehuis 39
- 8.3. Actielijn onderwijsvernieuwing 41
- 8.4. Actielijn lerarenkamer 42
- 8.5. Actielijn innovatiepark en communicatie 43
- 8.6. Begroting 43
- 8.7. Tijdpad en monitoring 44

Literatuur 45
Commissie Deltaplan Wiskunde.NL 45
Gesprekspartners 47
Afkortingen 48

Samenvatting

Het Platform Wiskunde Nederland publiceerde in 2014 zijn Visiedocument voor de Nederlandse wiskunde. Dit Deltaplan biedt een vertaling van de aanbevelingen uit het Visiedocument in concrete acties. Het is gebaseerd op consultaties met rectoren, decanen, wiskundigen, industriële partners en gerelateerde partijen. Inspiratiebronnen zijn onder andere de Europese Onderzoeks- en Innovatieagenda Horizon 2020, de Wetenschapsvisie van de overheid, de Strategische Agenda Hoger Onderwijs en Onderzoek 2015–2025 van OCW en de Nationale Wetenschapsagenda.

Het Deltaplan stelt een geïntegreerde aanpak voor van onderzoek, onderwijs, lerarenopleiding, en maatschappij en innovatie. Een profilering van het wiskundeonderzoek via de clusters, verdere samenwerking in het universitaire wiskundeonderwijs, vernieuwing van de lerarenopleiding, aandacht voor het innovatieve vermogen van de wiskunde en een sterke organisatie van de discipline weerspiegelen de ambities van de Wetenschapsvisie. De Nederlandse wiskunde is bij uitstek in staat prominente vragen uit de Nationale Wetenschapsagenda te adopteren en een stevige rol te spelen in de publiek-private samenwerking.

Onderzoek in het wiskundehuis. Wij bouwen een wiskundehuis rond drie recente landelijke verworvenheden: de wiskundeclusters, Mastermath en PWN. Het huis rust op de wiskundige fundamenten en heeft bruggen naar andere disciplines en naar maatschappij en innovatie.

In internationaal opzicht is het wiskundehuis klein. Het aantal studenten groeit sterk en de onderzoekscapaciteit daalt. Om de balans tussen onderwijs en onderzoek en de Nederlandse deelname aan het mondiale wiskundeonderzoek te herstellen, vragen wij om een *geleidelijke uitbreiding van de universitaire wiskundestaf en van het aantal promotieplaatsen.*

De vier clusters hebben de laatste tien jaar gezorgd voor meer focus van het wiskundeonderzoek en meer samenwerking tussen wiskundigen. Om deze bundeling van krachten en onze internationale positie verder te versterken, vragen wij om *structurele financiering van de clusters.*

Een belangrijk voorstel is de oprichting van een *nationale onderzoekschool Mastermath*. Deze verzorgt een breed onderwijsaanbod voor masterstudenten en promovendi, alsmede *cursussen op grensvlakken* met andere disciplines en *bijscholingscursussen* voor leraren en voor het bedrijfsleven. Mastermath stimuleert *andere promotiemodellen*, zoals duopromoties en industrial doctorates. Het zorgt in overleg met de decanen voor aansluiting op de lokale graduate schools. Alleen een hechte landelijke samenwerking kan de vereiste inhoud, breedte en kwaliteit bieden.

Wij bepleiten tevens de verruiming van het *promotierecht*, nog meer aandacht voor de *deelname van vrouwen* aan de wiskunde, en het uitbouwen van het *Nederlands Mathematisch Congres* (NMC) tot een grote bijeenkomst, waar alle aspecten van de wiskundebeoefening aan de orde komen. Ook doen wij voorstellen tot het beter benutten van de kansen die *Europese programma's* bieden.

De landelijke coördinatie van het wiskundehuis ligt in handen van een door OCW in te stellen *Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde* (CIΔ) en PWN. De CIΔ verzorgt de monitoring van de voorgestelde acties, voert regelmatig overleg met de decanen, en helpt hen en de wiskundigen keuzen te maken. *PWN* ontwikkelt zich tot een platform voor alle Nederlandse wiskundigen. Het verzorgt professionele ondersteuning van landelijke activiteiten, waaronder Mastermath.

Onderwijsvernieuwing. De universitaire wiskundeopleidingen kennen veel dynamiek qua inhoud en inrichting en een toenemende samenwerking. Wij stellen voor dat zij in het eerste jaar een college opnemen over de *wiskunde in zijn omgeving*. De betrokkenheid van wiskundigen bij andere opleidingen reflecteert niet overal de sterk groeiende rol van ons vak in andere disciplines. Wij vragen om *aandacht voor het serviceonderwijs* met integrale financiering ervan als uitgangspunt.

Wat betreft het voortgezet onderwijs pleiten wij ervoor *docenten* te betrekken bij universitair onderzoek en *studenten en promovendi* in te zetten in de bovenbouw van het vwo. Wij vragen OCW een *permanente curriculumcommissie* voor de wiskunde in te stellen.

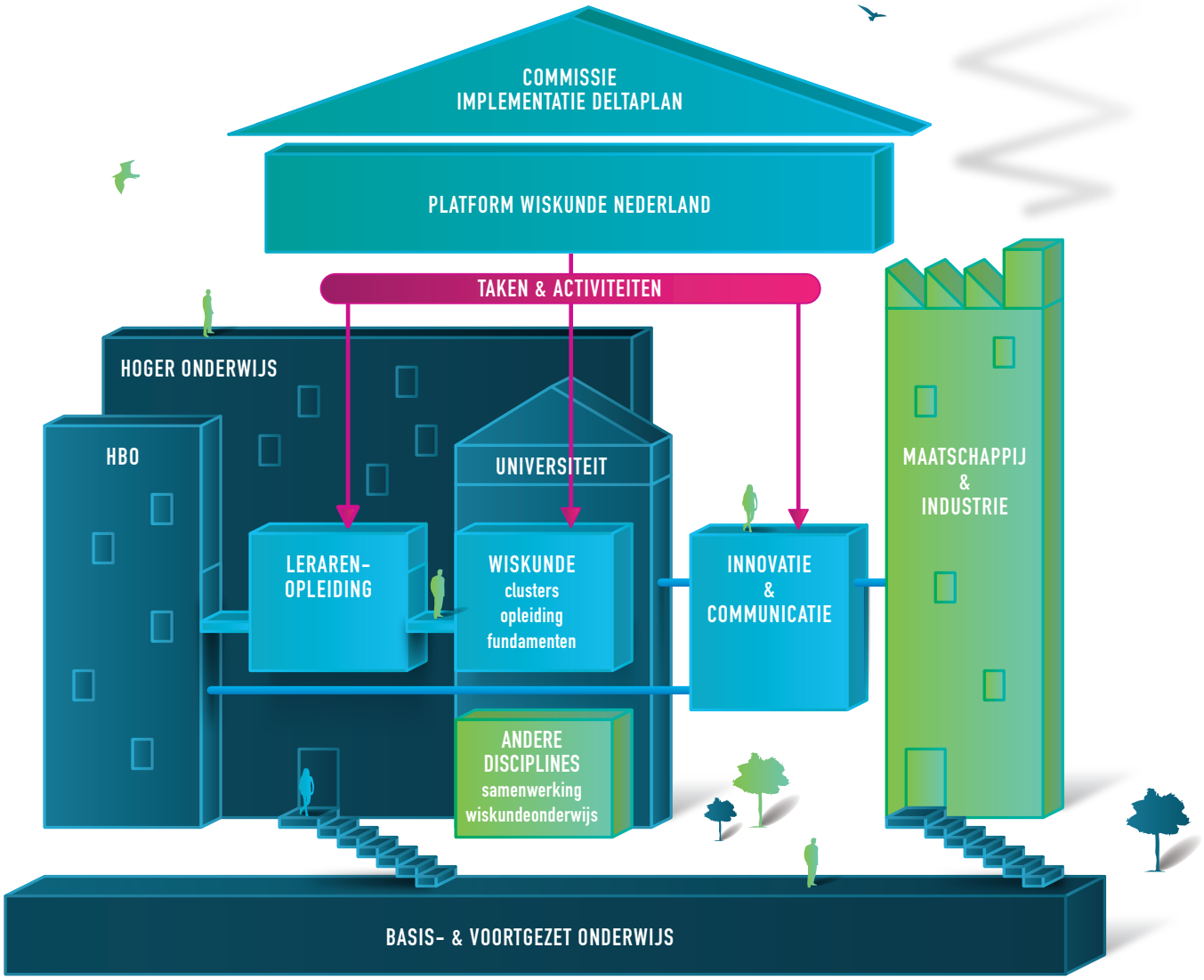
Lerarenopleiding. Om de *universitaire vorming van leraren* te bevorderen vragen wij de universiteiten de lerarenopleiding een prominente plaats in hun beleid en communicatie te geven, een premie te stellen op het behalen van de eerstegraadsbevoegdheid als deel van de master of de promotie, aantrekkelijke en flexibele routes naar de eerstegraadsbevoegdheid te creëren en de vakdidactiek dichter bij de vakinhoud te plaatsen.

Het aanbod van *nascholing* is divers maar onoverzichtelijk, de vraag ernaar is groot. Wij stellen voor dat PWN, samen met de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren en de vaksteunpunten wiskunde, een digitale nascholingscatalogus opzet en een financieel stabiel model ontwikkelt voor de organisatie van nascholingscursussen en voor de certificering van lesbevoegdheden wiskunde.

Maatschappij en innovatie. Een enquête onder twintig bedrijven leert dat er behoefte is aan meer *structurele contacten* tussen bedrijfsleven en academia. Naast de succesvolle Studiegroep Wiskunde met de Industrie denken wij aan regionale bedrijvendagen, een symposium over wiskunde en innovatie als onderdeel van het NMC, en lifelong learning activiteiten voor het bedrijfsleven, verzorgd door Mastermath.

De positie van de wiskunde in de publiek-private samenwerking en in het bijzonder de *aansluiting bij de economische topsectoren* moet worden versterkt. Wij pleiten voor het identificeren van strategische thema's voor de wiskunde en het opstellen van wiskundige roadmaps, die door de wiskundeclusters worden geadopteerd. De CIΔ en PWN hebben daarbij een coördinerende rol.

Ten slotte merken wij op dat er veel goeds gebeurt op het gebied van *outreach*. De activiteiten zijn echter versnipperd. Wij stellen voor dat PWN een professionele communicatiegroep opzet, die een strategie ontwikkelt om met één gezicht en één boodschap tot de verschillende doelgroepen te spreken, eigen activiteiten ontplooit en lokale initiatieven stimuleert.



Figuur 1. De wiskunde in zijn omgeving.

1

Van visie naar actie

Visiedocument. Het Platform Wiskunde Nederland (PWN) publiceerde in januari 2014 zijn Visiedocument, *Formulas for insight and innovation; mathematical sciences in the Netherlands* [PWN 2014a]. Het plan werd goed ontvangen door de overheid en de wiskundegemeenschap. OCW vroeg NWO en PWN een commissie in te stellen met als opdracht de aanbevelingen uit het Visiedocument te vertalen in concrete actielijnen, inclusief kritische succesfactoren en meetbare criteria, en de actielijnen te bespreken met universiteiten en andere belanghebbenden om zo draagvlak voor de realisering te scheppen. OCW voorzag de commissie van financiële steun.

Het Deltaplan stelt een geïntegreerde aanpak voor van onderzoek, onderwijs, lerarenopleiding, en maatschappij en innovatie.

Commissie Deltaplan Wiskunde.NL. De commissie stond onder voorzitterschap van Jacob Fokkema, voormalig rector magnificus van de TUD. De leden waren Eugène Bernard (OMO), Frank den Hollander (UL), Barry Koren (TU/e), John Koster (ASML), Jan Karel Lenstra (vicevoorzitter, CWI), Ieke Moerdijk (RU), Gerrit Timmer (ORTEC) en Nellie Verhoef (UT). Petra de Bont en Christiane Klöditz (NWO-EW) waren de secretarissen. De commissie is haar werk in september 2014 begonnen en heeft het onderhavige plan, hierna *Deltaplan*, in oktober 2015 afgerond.

De commissie heeft maandelijks vergaderd. Om tot een gefundeerd plan te komen heeft zij meer dan 175 belanghebbenden geconsulteerd. Er is gesproken met het rectorencollege, de bètadecanen, de 3TU.AMI-decanen, de instituuts- en clusterdirecteuren, de leiding van Mastermath, WONDER en PWN, gerelateerde partijen zoals PBT, IPN en NIBI, en diverse groepen wiskundigen. Alle wiskunde-instituten zijn bezocht, waarbij speciale aandacht was voor de wiskundeopleiding en de lerarenopleiding. Ook zijn twintig industriële partners geënquêteerd.

Het Deltaplan stelt een geïntegreerde aanpak voor van *onderzoek*, *onderwijs*, *lerarenopleiding*, en *maatschappij en innovatie.* Het heeft drie hoofddoelen:

- het bundelen van de krachten van de Nederlandse wiskunde en het verder versterken van haar internationale positie, in het licht van de culturele betekenis en de kwaliteit van het vakgebied;
- het versterken van de maatschappelijke verbondenheid van de wiskunde en het optimaliseren van haar impact, in het licht van de snel groeiende rol van de wiskunde in de maatschappij, in het bedrijfsleven en in andere disciplines;
- het creëren van meer kansen voor de ontplooiïng van wiskundig talent, wat hard nodig is, want de maatschappij kan het niet zonder wiskundigen stellen.

De maatschappij kan het niet zonder wiskundigen stellen.

Inspiratiebronnen. De hoofddoelen van het Deltaplan weerspiegelen de ambities van de *Wetenschapsvisie* van de overheid [OCW 2014]. Voortgezette bundeling en profilering van het wiskundeonderzoek in clusters, verdere samenwerking in het universitaire

wiskundeonderwijs, vernieuwing van de lerarenopleiding en aandacht voor het innovatieve vermogen van de wiskunde zullen bijdragen aan toponderzoek, talentontwikkeling en maatschappelijke verbondenheid, zoals gevraagd in de Wetenschapsvisie. Ook het belang van organisatie en strategievorming binnen de discipline wordt onderstreept door de Wetenschapsvisie, alsmede door de *Strategie 2015–2018* van NWO [NWO 2015]. De recente *Strategische Agenda Hoger Onderwijs en Onderzoek 2015–2025* van OCW [OCW 2015] vindt in diverse aanbevelingen uit dit Deltaplan een weerklank.

De KNAW heeft op verzoek van OCW de *witte vlekken* in het Nederlandse wetenschappelijk onderzoek in kaart gebracht [KNAW 2015b]. Belangrijke punten uit deze inventarisatie komen terug in het Deltaplan. De KNAW breekt een lans voor het ongebonden fundamentele onderzoek; universiteiten, subsidiegevers en overheid moeten zich beraden op de kwetsbaarheid ervan.

Energievoorziening, gezondheidszorg, watermanagement en klimaatverandering stellen de wetenschap voor grote uitdagingen. De *grand challenges* uit het Visiedocument [PWN 2014a] sluiten aan bij deze uitdagingen en daarmee bij de Europese Onderzoeks- en Innovatieagenda *Horizon 2020*, bij de *Nederlandse Wetenschapsagenda* [KNAW 2011], bij de *NWO-Strategie* en bij de *Nationale Wetenschapsagenda* [KNAW 2015a, NWA 2015]. De Nederlandse wiskunde is, mede op basis van de in het Deltaplan voorgestelde maatregelen, bij uitstek in staat de aan de wiskunde gerelateerde vragen uit de Nationale Wetenschapsagenda te adopteren. Het Deltaplan beoogt ook de rol van de wiskunde in de publiek-private samenwerking, in het bijzonder in het kader van de *economische topsectoren*, te verstevigen.

De Nederlandse wiskunde is bij uitstek in staat vragen uit de Nationale Wetenschapsagenda te adopteren.

Analyse en actielijnen. Wij geven in hoofdstukken 2 t.e.m. 7 een beschrijving en analyse van de Nederlandse wiskunde in relatie tot zijn omgeving en wij doen voorstellen tot acties. Het beeld dat daarbij ontstaat is samengevat in figuur 1. De voorgestelde acties hebben betrekking op de drie centrale lichtblauwe velden; belangrijke partners van de wiskunde zijn aangegeven in groen, taken en activiteiten van PWN in rood. Wij werken dit beeld in figuren 2, 3 en 4 uit tot een *wiskundehuis*, een *lerarenkamer* en een *innovatiepark*.

In hoofdstuk 8 worden de acties samengevat en voorzien van heldere en meetbare doelstellingen. Verscheidene acties zijn door de wiskundigen zelf te realiseren, in samenwerking met hun partners in wetenschap, onderwijs en bedrijfsleven. Twee acties vragen om aanmerkelijke extra steun: de *versterking van de fundamenten van de wiskunde*, waarvoor wij een beroep doen op de decanen, de colleges van bestuur en NWO, en de *consolidering van de wiskundeclusters*, waarvoor wij ons wenden tot OCW en NWO.

Wiskundigen aan het woord. In het Deltaplan beschrijven twaalf wiskundigen hun onderzoek. Zij leggen relaties met centrale wetenschappelijke en maatschappelijke vragen. Veel van de grote thema's die een prominente rol spelen in de Nationale Wetenschapsagenda [NWA 2015] komen daarbij aan bod: bouwstenen van de natuur, klimaat, nieuwe materialen, de dataexplosie, algoritmiek, quantum computing, digitale veiligheid, netwerken, complexe dynamische systemen en het Langlandsprogramma.

2

Wiskunde is funderend en dragend

Wiskunde wordt hier verstaan in de brede zin van de *mathematical sciences* [NRC 2013; PWN 2014a] en omvat naast algebra, meetkunde, analyse en kansrekening ook statistiek, operations research, computational science en een zich voortdurend verbredend scala van toepassingen.

Wiskunde is *funderend.* De wiskunde legt patronen bloot door logisch redeneren. De wiskunde ontwikkelt zich organisch en vernieuwt zichzelf voortdurend vanuit fundamentele nieuwsgierigheid naar structurele waarheden en vanuit wetenschappelijke en maatschappelijke vraagstellingen. De wiskunde creëert daarbij generieke inzichten en oplossingen, die los van elke context geldig zijn.

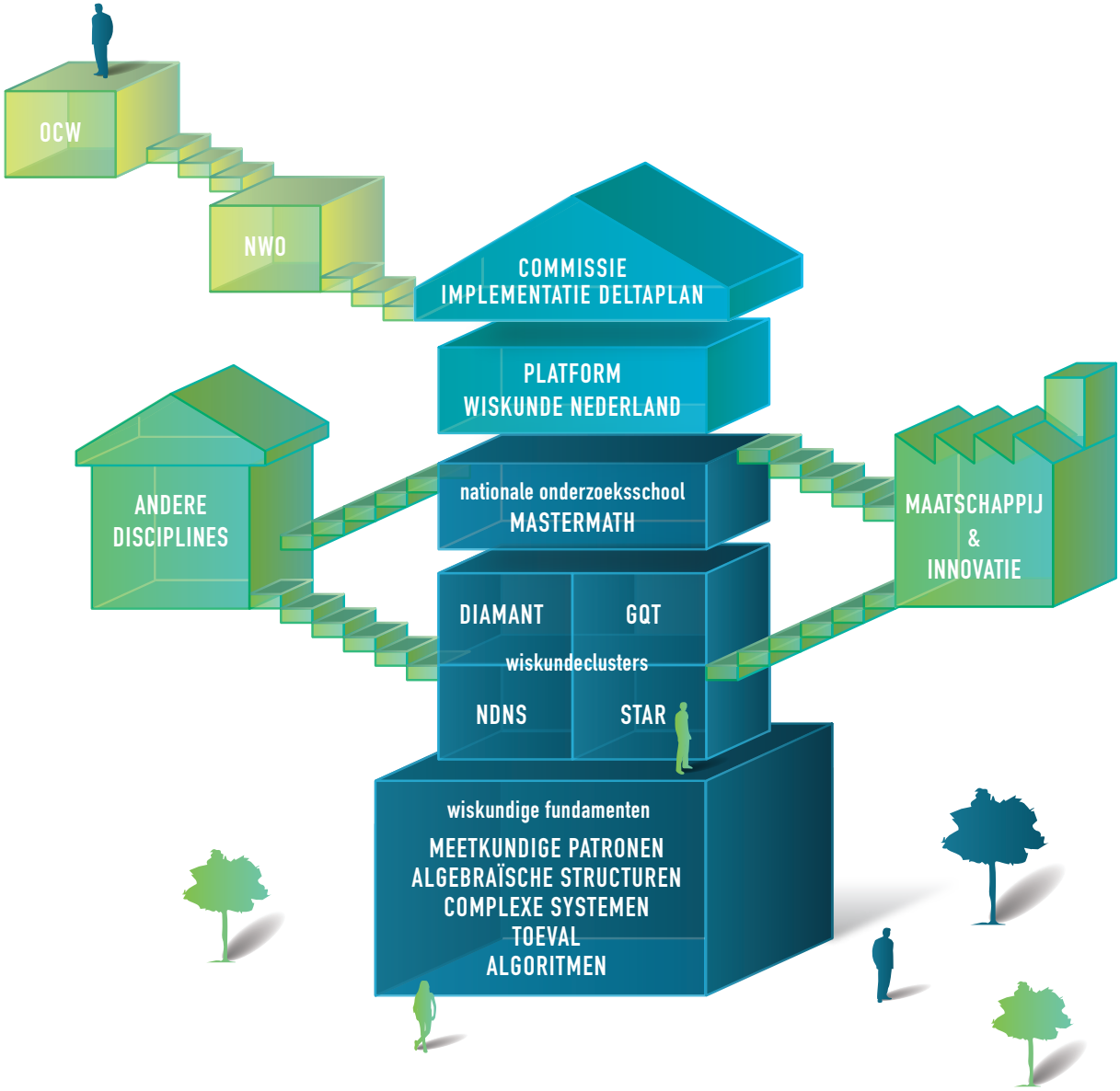
Wiskunde is *dragend.* De wiskunde is de taal van de wetenschap en geeft iedereen het gereedschap om te modelleren en te rekenen. De methoden van de natuurwetenschappen, technische wetenschappen, datawetenschap, informatica en economie zijn gebaseerd op de wiskunde. Dit geldt in groeiende mate ook voor de levens-, gedrags- en geesteswetenschappen [KNAW 2009]. Deze universele rol komt voort uit het paradoxale feit dat de wiskunde uiteindelijk geen ander object heeft dan de abstractie. Wij moeten de taal en het gereedschap van de wiskunde voortdurend verder ontwikkelen om haar op het hoogste niveau te kunnen blijven hanteren.

De wiskunde geeft iedereen het gereedschap om te modelleren en te rekenen.

Wiskunde is *kleinschalig*. Onderzoek vindt plaats in kleine groepen, met veel en vaak onverwachte interactie tussen subdisciplines. Diversiteit is daarom essentieel, zowel voor het onderzoek als voor de opleiding van studenten. Wiskunde is ook een *slow discipline*. Het kost veel tijd om je een nieuwe techniek of ontwikkeling eigen te maken.

Wiskunde is *zelden direct zichtbaar maar overal aanwezig* waar wordt gestructureerd, ontworpen, gemodelleerd en gerekend. Geen wetenschap heeft een breder bereik dan de wiskunde. De recente opkomst van de computational science en de dataexplosie hebben de relevantie en de invloed van de wiskunde nog verder versterkt. De KNAW [KNAW 2015b] merkt op dat er in andere disciplines en in het bedrijfsleven een grote behoefte is aan gepromoveerde wiskundigen.

Geen wetenschap heeft een breder bereik dan de wiskunde.



Figuur 2. Het wiskundehuis.

3

Het wiskundehuis

3.1 Verworvenheden

Wij stellen voor een *wiskundehuis* te bouwen rond drie recente landelijke verworvenheden van de Nederlandse wiskunde: de wiskundeclusters, Mastermath en PWN; zie figuur 2. Het wiskundehuis symboliseert de eenheid van de wiskunde en de noodzaak tot samenwerking. Het bestaat uit de volgende componenten:

- *Wiskundige fundamenten*: meetkundige patronen, algebraïsche structuren, complexe systemen, toeval en algoritmiek. Deze vertegenwoordigen de universele principes en de paradigma's van de wiskunde.
- De vier *wiskundeclusters* DIAMANT, GQT, NDNS+ en STAR.
- Een *nationale onderzoekschool* Mastermath, waarin het huidige Mastermath en WONDER opgaan.
- *Bruggen naar andere disciplines*: natuur-, levens- en technische wetenschappen, datawetenschap, informatica, economie, gedrags- en geesteswetenschappen. Deze bruggen zijn de multi- en transdisciplinaire banden die de Nederlandse wiskunde onderhoudt.
- *Bruggen naar maatschappij en innovatie*: dataexplosie, digitale veiligheid, netwerken, systeem aarde, systeem mens. Deze bruggen staan voor de wisselwerking met maatschappij, bedrijfsleven en semioverheid op het gebied van de wiskunde. (Wij beperken ons hier tot brede thema's. Netwerken omvat logistiek en finance. Systeem aarde omvat klimaat, milieu, energie, materialen, voedsel en water. Systeem mens omvat leven en gezondheid.)
- Het *Platform Wiskunde Nederland* en een door OCW te benoemen *Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde*. Deze faciliteren de bouw van het wiskundehuis en zijn belast met de landelijke coördinatie.

In dit hoofdstuk werken wij de rollen van deze componenten en de relaties ertussen verder uit. Daarbij komen ook de wiskunde-instituten van UL, RUG, UU, UvA, VU, TUD, RU, TU/e en UT, de wiskundegroepen bij WUR en UvT, het CWI (een NWO-instituut) en 3TU.AMI (de federatie van de wiskunde-instituten van TUD, TU/e en UT) aan de orde.

Het wiskundehuis symboliseert de eenheid van de wiskunde en de noodzaak tot samenwerking.

De Nederlandse wiskunde is klein. Ons land telt 44 universitair wiskundigen per miljoen inwoners; in Duitsland zijn dit er 58, in Frankrijk 64. Hoewel het aantal ingeschreven wiskundestudenten is gestegen van 1100 in 2004 tot 3000 in 2014, is de omvang van de wiskundestaf in deze periode gelijkgebleven. De WTI2-rapporten [Dialogic 2011–2014] laten zien dat de wiskunde in Nederland ondervertegenwoordigd is en dat deze ondervertegenwoordiging toeneemt. Ook in andere bètadisciplines is sprake van groeiende studentenaantallen en nationale ondervertegenwoordiging. De onderzoekspecialisatie-index voor wiskunde, die de Nederlandse publicatie-output meet in vergelijking tot die van referen-

tielanden, daalde van 63% in 2011 tot 54% in 2014. De KNAW [KNAW 2015b] oormerkt de zuivere wiskunde als een *signaalgebied*: een gebied dat kerngezond is maar door het huidige beleid in de knel raakt en extra aandacht verdient.

De vraag naar wiskunde groeit en het aantal studenten stijgt.

Om de balans tussen onderwijs en onderzoek en de deelname van Nederland aan het mondiale wiskundeonderzoek te herstellen, is het nodig de universitaire wiskundestaf uit te breiden. De wiskunde moet de komende jaren kunnen profiteren van de aangetrokkken studentenaantallen in het kader van de reguliere financiering van het hoger onderwijs door OCW en de facultaire verdeel- en formatieplannen; *zie Actie 3.*

Ook de wiskunde-instituten zijn in internationaal perspectief klein. Zij kunnen onmogelijk diversiteit combineren met diepgang en massa op alle deelgebieden. De oplossing ligt in intensieve landelijke samenwerking, in het onderzoek via de clusters en in het onderwijs via de nationale onderzoekschool. Zo komen de beste onderzoekers samen en krijgen grotere groepen van masterstudenten en promovendi college van de beste docenten over een breed scala van onderwerpen.

3.2 Onderzoek: clusters, instituten en profilering

De stimulering en financiering van onderzoek in het wiskundehuis wordt bij de clusters neergelegd. DIAMANT (discrete wiskunde, algoritmiek, algebra en getaltheorie), GQT (meetkunde en mathematische fysica), NDNS+ (analyse en dynamische systemen) en STAR (stochastiek) dekken het grootste gedeelte van het wiskundeonderzoek in Nederland af. Ieder cluster bestrijkt een breed domein dat zich uitstrekt van fundamenten tot toepassingen. Het zwaartekrachtproject *Networks* is gelieerd aan DIAMANT en STAR. *Scientific computing* is onderdeel van NDNS+. *Mathematische besliskunde* behoort tot DIAMANT (discrete optimalisering), NDNS+ (continue optimalisering) en STAR (stochastische besliskunde). *Systeem- en regeltheorie* heeft een band met NDNS+ maar wordt thematisch gedreven door vragen binnen electrotechniek, werktuigbouwkunde en infor-

Michel Mandjes (STAR)

Networks is een groot onderzoeksproject dat in de wiskunde is geworteld maar zich tot de informatica uitstrekt. Het is erop gericht te komen tot een diep begrip van de grillige dynamiek van netwerken, met als doel ze op adequate wijze te besturen. Het onderzoek wordt gemotiveerd door de lastig beheersbare netwerken die we zien in de wereld om ons heen, zoals communicatienetwerken, verkeersnetwerken en energienetwerken. Gebruikmakend van de universele kracht van de wiskundige modellering, voorziet het daarnaast toepassingen op diverse andere gebieden, zoals neurale netwerken en sociale netwerken. Het programma is fundamenteel van aard, maar zal impact hebben op een scala van maatschappelijk relevante thema's.

Het consortium brengt onderzoekers uit de stochastiek en de algoritmiek samen. Daarmee heeft _Networks_ state-of-the-art expertise in huis ten aanzien van zowel de toevalseffecten die een rol spelen in het gedrag van grote netwerken als de algoritmen waarmee onvoorziene effecten te lijf kunnen worden gegaan.

Networks is in de prijzen gevallen binnen het prestigieuze Zwaartekrachtprogramma van OCW, dat bedoeld is om toponderzoekers de extra steun te geven die nodig is om hun ideeën ten volle te kunnen uitwerken.

matica. *Logica* is aanwezig in DIAMANT en wordt tegenwoordig ook actief bestudeerd binnen de informatica. De twee laatstgenoemde gebieden zijn via disciplinaire bruggen verbonden met het wiskundehuis.

De plaatsing van de vier clusters onder één dak in een hechte band met Mastermath bevestigt een situatie die de laatste tien jaar op natuurlijke wijze is ontstaan [NWO 2011]. De clusters hebben de focus van het Nederlandse wiskundeonderzoek, de samenwerking tussen de wiskundigen en de eenheid van het vak in belangrijke mate versterkt. Ook de interactie met andere disciplines en de maatschappij is toegenomen. De indeling van het vakgebied in clusters is pragmatisch en dynamisch. De speerpunten van het onderzoek zijn voortdurend in ontwikkeling en beweging. Verscheidene wiskundigen kunnen tot meer dan één cluster worden gerekend. Om de bundeling van krachten van de Nederlandse wiskunde en haar internationale positie verder te versterken, vragen wij om structurele financiering van de clusters; *zie Actie 4*.

De clusters hebben de focus van het wiskundeonderzoek en de samenwerking tussen de wiskundigen versterkt.

Wij geven hieronder voor ieder cluster aan welke wiskundige fundamenten en welke disciplinaire en maatschappelijke bruggen *centraal* staan. Voor ieder wiskunde-instituut geven wij aan welke onderdelen van de wiskunde en welke bruggen de *zwaartepunten* zijn. Deze overzichten geven een beeld van de *profilering* van het Nederlandse wiskundeonderzoek. Profilering leidt tot herkenbaarheid voor studenten en werkgevers en ondersteunt lokale specialismen [OCW 2015].

Profilering van de clusters

Wiskundige fundamenten	DIAMANT	GQT	NDNS+	STAR
meetkundige patronen		●	●	
algebraïsche structuren	●			
complexe systemen		●	●	●
toeval				●
algoritmen	●		●	

Disciplines	DIAMANT	GQT	NDNS+	STAR
natuurwetenschappen		●	●	●
levenswetenschappen			●	●
technische wetenschappen	●		●	
datawetenschap				●
informatica	●	●		
economie	●			●
gedrags- en geesteswetenschappen				●

Maatschappij en innovatie	DIAMANT	GQT	NDNS+	STAR
dataexplosie				●
digitale veiligheid	●			
netwerken	●			●
systeem aarde		●	●	
systeem mens	●	●	●	●

Wiskundige zwaartepunten per instituut

	DIAMANT	GQT	NDNS+	STAR
UL	getaltheorie, algebraïsche meetkunde		patroonvorming	stochastische netwerken, Bayesiaanse statistiek
RUG			dynamische systemen, systeem- & regeltheorie	mathematische fysica
UU*	getaltheorie	meetkunde, topologie	computational dynamics	
UvA	discrete wiskunde	algebraïsche meetkunde, mathematische fysica		stochastische netwerken, Bayesiaanse statistiek
VU			dynamische systemen	ruimtelijke stochastiek, biostatistiek
TUD	discrete optimalisering		stochastische analyse, scientific computing	mathematische fysica, toegepaste statistiek
WUR			systeem- & regeltheorie, systeembiologie	toegepaste statistiek
RU	algebraïsche meetkunde	mathematische fysica, Liegroepen		combinatorische stochastiek
UvT	discrete wiskunde		continue optimalisering	
CWI	optimalisering, cryptologie, quantum computing		computational science, systeembiologie	stochastische netwerken
TU/e	discrete algoritmiek, cryptologie		stochastic flows, scientific computing	stochastische netwerken
UT	discrete optimalisering		dynamische systemen, scientific computing	toegepaste stochastiek

*UU ook: geschiedenis van de wiskunde.

Disciplinaire en maatschappelijke zwaartepunten per instituut

	disciplines	maatschappij en innovatie
UL	natuurkunde, levens- en gedragswetenschappen	dataexplosie, digitale veiligheid, netwerken
RUG	natuurkunde, levenswetenschappen	energie, gezondheid
UU	natuurkunde, geowetenschappen, levenswetenschappen	gezondheid, klimaat
UvA	natuurkunde, quantuminformatica	dataexplosie, netwerken
VU	bedrijfskunde, levenswetenschappen, recht en filosofie	business analytics, forensics, gezondheidszorg
TUD	natuurkunde, electrotechniek, lucht- en ruimtevaart	financiën, logistiek, water en klimaat
WUR	levenswetenschappen	levende omgeving, voedsel en gezondheid
RU	natuur- en sterrenkunde, theoretische informatica	gezondheid
UvT	economie	business analytics, logistiek
CWI	informatica, levenswetenschappen	digitale veiligheid, logistiek, netwerken
TU/e	theoretische informatica, datawetenschap, complexe moleculaire systemen	digitale veiligheid, energie, netwerken
UT	bedrijfskunde, biomedische technologie	energie, gezondheid, logistiek, high tech systems

3.3

Nationale onderzoekschool

De onderzoekschool WONDER biedt een beperkt opleidingsprogramma voor promovendi aan. WONDER heeft tien leden (UL, RUG, UU, UvA, VU, TUD, RU, UvT, TU/e, UT) en twee geassocieerde leden (CWI, Eurandom). De directeuren van de deelnemende instituten vormen het bestuur, wat zorgt voor een breed draagvlak. Mastermath is het succesvolle samenwerkingsverband van de wiskunde-instituten in het masteronderwijs. Het valt bestuurlijk onder WONDER, wordt inhoudelijk geleid door een regieorgaan en wordt bekostigd door de wiskunde-instituten.

Gezien de enorme toename van het aantal wiskundestudenten bij een gelijkblijvende omvang van de wiskundestaf is het noodzakelijk het landelijk gecoördineerde onderwijsaanbod voor masterstudenten en promovendi uit te breiden en de organisatie ervan te professionaliseren [QANU 2014]. Wij stellen voor dat Mastermath en WONDER opgaan in één nationale onderzoekschool voor de wiskunde, die de naam *Mastermath* krijgt. Het nieuwe Mastermath werkt nauw samen met de clusters en de instituten, zorgt in overleg met de decanen voor een goede aansluiting op de lokale graduate schools en streeft op termijn naar erkenning als onderzoekschool. Een van de instellingen wordt penvoerder; PWN zorgt voor professionele ondersteuning.

Mastermath staat voor een inhoud, breedte en kwaliteit die de Nederlandse wiskunde alleen in gezamenlijkheid kan bieden.

Het huidige Mastermath wordt eerst geëvalueerd, waarbij zaken als doelstellingen, afstemming van onderwijs- en examenregelingen, kosten, communicatie en mobiliteit van studenten aan de orde komen. Op basis daarvan stellen het regieorgaan, het bestuur van WONDER en de decanen een plan op voor de inrichting van het nieuwe Mastermath. Masterstudenten en promovendi krijgen toegang tot Mastermath via hun lokale graduate schools, die ieder hun eigen eisen stellen en lokaal verantwoording afleggen. In aanvulling daarop staat het nieuwe Mastermath voor een inhoud, breedte en kwaliteit die de Nederlandse wiskunde alleen in gezamenlijkheid kan bieden.

Karen Aardal (DIAMANT)

Het woord "optimaal" hoor je dagelijks. We willen een optimale dienstregeling voor de trein, een optimaal gebruik van ambulancediensten en van frequenties voor mobiel verkeer. In de wiskunde is een optimale oplossing een bewijsbaar beste uit een verzameling mogelijke oplossingen, waarbij de kwaliteit wordt gemeten met betrekking tot een gegeven criteriumfunctie. Er kunnen oneindig veel oplossingen zijn. Voor sommige problemen is het optimum snel te vinden, voor andere kan het exponentiële tijd kosten. Is er een wezenlijk onderscheid tussen deze twee klassen van problemen? Dit is de vraag of P = NP, de grote open vraag binnen de algoritmiek en een van de *Millennium Prize Problems* van het Clay Institute. Maar ook als we voor een probleem geen efficiënt algoritme kunnen vinden, willen we het wel te lijf gaan.
Mijn onderzoek richt zich op twee aspecten van de geheeltallige optimalisering. Voor brede probleemklassen waarvoor geen efficiënt algoritme beschikbaar is, bepaal ik transformaties van de coördinaten zodat de nieuwe representatie algoritmisch aantrekkelijk is. Met deze techniek, die is gebaseerd op resultaten uit de algebra en getaltheorie, heb ik erkend lastige problemen kunnen oplossen. Verder ontwerp ik efficiënte algoritmen die een oplossing vinden met een a priori gegeven kwaliteitsgarantie.

Mastermath breidt het onderwijsaanbod uit tot drie lagen cursussen met hernieuwde aandacht voor masterclasses:

- *Eerstejaars master*: jaarlijkse mastercolleges, zo mogelijk op meer lokaties, met een inhoud die globaal is vastgelegd, zodat elke docent weet waar hij of zij op kan voortbouwen.
- *Tweedejaars master*: gespecialiseerde mastercolleges, op de lokatie waar de specialiteit (via profilering) op hoog niveau aanwezig is, met een inhoud die jaarlijks kan wisselen.
- *Eerstejaars PhD*: PhD-colleges en -cursussen gericht op groepen van promovendi.
- *Masterclasses*: intensieve eenjarige masteropleidingen rond wisselende thema's. De beste studenten wordt een promotieplaats in Nederland aangeboden. Er komen twintig beurzen voor excellente studenten, te voorzien uit eigen bronnen.

Mastermath bestendigt de banden met het Landelijk Netwerk Mathematische Besliskunde en het Aio-Netwerk Stochastiek en zoekt aansluiting bij andere landelijke onderzoekscholen, zoals het J.M. Burgerscentrum, DISC en BioSB, en bij het zwaartekrachtproject Networks, dat trainingsweken rond onderwerpen uit stochastiek en algoritmiek organiseert. Dit alles is alleen te realiseren als er meer personeel komt ten gevolge van Acties 3 en 4. *Zie Actie 5*.

Mastermath biedt tevens cursussen aan over relevante onderwerpen op grensvlakken met andere disciplines (zie bijvoorbeeld paragraaf 3.5) alsmede bijscholingscursussen voor niet-wiskundige bachelors die instromen in de lerarenopleiding (paragraaf 5.2) en voor het bedrijfsleven (paragraaf 6.1). Op deze wijze wordt Mastermath een katalysator van interdisciplinaire en maatschappelijke samenwerking. *Zie Acties 6, 17 en 18*.

In samenwerking met de clusters stimuleert Mastermath twee alternatieve modellen voor promoties die de zichtbaarheid van de wiskunde vergroten en de interactie met andere disciplines en het bedrijfsleven intensiveren (*zie Actie 7*):

- *duopromoties*: twee promovendi, één uit de wiskunde en één uit een ander vakgebied, die samen aan een project werken; vgl. [KNAW 2009];
- *industrial doctorates*: een promovendus uit de wiskunde die werkt binnen een bedrijf onder gezamenlijke supervisie van universiteit en bedrijf; dit voorstel vindt steun in een onlangs door de Tweede Kamer aangenomen motie en in de Strategische Agenda van OCW [OCW 2015].

Iedere discipline heeft baat bij dergelijke promotiemodellen. Gezien haar universele rol zal juist de wiskunde er zeer wel bij varen.

Mastermath kan met de clusters ook kijken naar de mogelijkheid van een driejarig promotietraject in combinatie met de tweejarige masteropleiding. Dit model komt in andere landen vaker voor en sommige Europese fondsen gaan er zelfs van uit. De voorgestelde activiteiten sluiten aan bij het pleidooi in de Strategische Agenda van OCW [OCW 2015] voor differentiatie in promotietrajecten.

3.4
De bewoners van het wiskundehuis

Talentenbeleid. Een belangrijke taak in het wiskundehuis ligt bij de decanen en de instituutsdirecteuren: het selecteren en aanstellen van getalenteerde jonge wiskundigen. De KNAW [KNAW 2015b] benadrukt dat het behouden van talent en het bieden van loopbaanperspectieven voor jonge onderzoekers aandachtspunten zijn voor de gehele Nederlandse wetenschap. Wij constateren met genoegen dat het formatieprincipe lijkt te wijken voor een beleid gebaseerd op *tenure* en *career tracks*, al voltrekt deze ontwikkeling zich niet overal in hetzelfde tempo.

Nederland dreigt onaantrekkelijk te worden voor wiskundigen in een meer gevorderd stadium van hun loopbaan. Er is een grote behoefte aan toegankelijke fondsen voor individuele promotieplaatsen. *Zie Actie 3*. Ook het invoeren van het promotierecht voor uhd's en ud's – waar OCW naar streeft – en een flexibel personeelsbeleid gericht op vrouwen met leemten in hun cv zullen Nederland aantrekkelijker maken voor wiskundigen van niveau. *Zie Actie 8*.

Toename van diversiteit is een kwestie van attitude, inzet en training.

Diversiteit. Van de universitaire wiskundigen is 15% vrouw, variërend van 19% van de aio's tot 5% van de hoogleraren. Deze percentages zijn laag in vergelijking met andere landen; zie https://womenandmath.wordpress.com/past-activities/statistics-on-women-in-mathematics/. Maatregelen zoals het creëren van posities exclusief voor vrouwen hebben in de wiskunde tot nu toe minder effect gehad dan in andere disciplines. Toename van de deelname van vrouwen en van de diversiteit in het algemeen is een kwestie van attitude, inzet en training. De wiskunde dient hier nog meer aandacht aan te besteden. PWN kan de banden met het netwerk *European Women in Mathematics* en de Nederlandse tak ervan aanhalen. *Zie Actie 9*.

Eenheid. Iedere Nederlandse wiskundige is een ambassadeur van de wiskundegemeenschap en dient zich voor een deel van zijn of haar tijd voor het vak als geheel in te zetten, bijvoorbeeld door bij te dragen aan de externe beeldvorming, contacten te onderhouden met het primair en secundair onderwijs, samen te werken met het bedrijfsleven, deel te nemen aan commissies, of bestuurlijke functies te vervullen.

Iedere Nederlandse wiskundige is een ambassadeur van de wiskunde-gemeenschap.

Ter versterking van de eenheid van de Nederlandse wiskunde wil het Koninklijk Wiskundig Genootschap (KWG) het jaarlijkse tweedaagse *Nederlands Mathematisch Congres* (NMC) verder uitbouwen tot een grote bijeenkomst, die prominente aandacht geeft aan de activiteiten van de clusters, aan de beoefening en het gebruik van de wiskunde buiten de eigen kring en aan ontwikkelingen in het onderwijs. Deelname aan het vernieuwde NMC moet voor de Nederlandse wiskundigen vanzelfsprekend zijn. *Physics@FOM Veldhoven*, dat een vaste lokatie heeft, is een goed voorbeeld. *Zie Actie 10*. De succesvolle jaarlijkse *Nationale Wiskundedagen* (NWD) voor leraren moeten natuurlijk worden voortgezet.

Eric Opdam (GQT)

In de representatietheorie bestuderen we het begrip symmetrie in al haar verschijningsvormen. Een symmetrie van een object is een transformatie (bijvoorbeeld een rotatie, een spiegeling of een translatie) die de vorm onveranderd laat. Dergelijke transformaties vormen samen de "symmetriegroep" van het object.

Vaak draait het om verborgen symmetrieën van meetkundige ruimten, van vergelijkingen of zelfs van hele theorieën. Een bekend voorbeeld in de natuurkunde is het relativiteitsprincipe: alle natuurwetten zijn hetzelfde voor alle waarnemers. Een ander voorbeeld is ijksymmetrie in de kwantumtheorie. Zo kan men in de hoge energiefysica elementaire deeltjes en hun eigenschappen voorspellen op basis van de representatietheorie van de ijksymmetriegroep.

Een ander toepassingsgebied van de representatietheorie is de getaltheorie in het kader van het Langlandsprogramma. Dit is een visionair web van vermoedens dat in de jaren zeventig van de vorige eeuw door de Canadese wiskundige Robert Langlands werd geformuleerd. Hier gebruikt men de representatietheorie om de eigenschappen van priemgetallen beter te begrijpen.

Mijn onderzoek richt zich op diverse aspecten van de representatietheorie, waarbij de beide bovengenoemde toepassingsgebieden een belangrijke rol spelen.

Vaandeldragers. Het wiskundehuis telt vooraanstaande bewoners, die in internationaal perspectief toonaangevend zijn. Onder hen zijn vijf Spinozalaureaten, vier winnaars van een ERC Advanced Grant en achttien houders van een Vici-beurs, waarvan vier op het grensvlak met de informatica. De samenwerking tussen Nederlandse wiskundigen uit universiteit en bedrijfsleven werd sinds 2008 driemaal bekroond met de Franz Edelman Award van INFORMS voor baanbrekende toepassingen. Het consortium Networks, bestaande uit wiskundigen en informatici van UL, UvA, CWI en TU/e, ontving in 2014 een tienjarig onderzoeksbudget in het kader van het Zwaartekrachtprogramma van OCW. Wij noemen ook de vele leden van wetenschappelijke academies, de (semi)plenaire sprekers op ICM en ICIAM, de fellows en bestuursleden van internationale beroepsverenigingen, en de leden van juries voor prestigieuze wetenschappelijke prijzen.

3.5
Wiskunde en informatica

Wij besteden speciale aandacht aan de relatie tussen wiskunde en informatica, mede op verzoek van de rectoren en de decanen.

De informatica is een relatief jonge discipline, die geworteld is in logica en wiskunde. De opkomst van de informatica en de informatietechnologie heeft een enorme invloed gehad op de wiskunde, zowel door het stellen van vragen naar berekenbaarheid als door het bieden van de mogelijkheid tot algoritmisering. Gevestigde onderzoeksgebieden op het grensvlak, zoals *formele methoden* en *algoritmiek en complexiteit*, zijn onverminderd vitaal en relevant.

De informatica heeft zich ontwikkeld tot een brede discipline die, naast de connecties met de exacte en de technische wetenschappen, ook facetten heeft die tot de sociale wetenschappen behoren. Een zwaartepunt van het vak is het ontwerpen van *heuristieken* en *empirische methoden*. Een treffend voorbeeld is *machine learning* op basis van massale hoeveelheden data, wat de kunstmatige intelligentie een nieuwe impuls heeft gegeven. De analyse van dergelijke methoden leidt tot diepe wiskundige vragen. Omgekeerd bieden de wiskundige fundamenten en zwaartepunten beschreven in paragraaf 3.2 tal van aanknopingspunten voor een kruisbestuiving tussen beide disciplines.

Svetlana Dubinkina (NDNS+)

Hoe voorspellen meteorologen het weer? Kunnen we de opbrengst van een windmolenpark voorspellen? Hoe schat een gasbedrijf de hoeveelheid gas die het uit een boorput kan winnen? Wij benaderen deze vragen via data-assimilatie, een methodologie die uitgaat van metingen die deel uitmaken van een berekeningsmodel. Metingen zijn echter niet exact en modellen bevatten fouten. Data-assimilatie heeft tot doel fouten kleiner te maken en zo modelparameters (bijvoorbeeld de structuur van een gasreservoir) beter te schatten en de toekomst (bijvoorbeeld het weer) beter te voorspellen.
Mijn onderzoek gebruikt fundamentele wiskunde, zoals kansrekening, control theory en transporttheorie. Tegelijk werk ik intensief samen met klimatologen, oceanografen, gasbedrijven en energiebedrijven. Bij het ontwikkelen van nieuwe data-assimilatiemethoden en hun toepassingen werk ik samen met collega's van de Université Catholique de Louvain, het Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht, en Koninklijke Shell.

Het zwaartekrachtproject Networks is een voorbeeld van een succesvolle samenwerking tussen wiskundigen en informatici, maar er zijn meer kansen. Binnen de wiskundeclusters lopen diverse lijnen naar de informatica. Interactie met de universitaire *data science centers* verbreedt het spectrum van mogelijkheden verder. De initiatieven van de EU op het gebied van *high-performance computing* en *big data* zijn aanleiding tot gezamenlijke projectaanvragen. Wij stellen tevens voor dat Mastermath samen met de informaticaonderzoekscholen ASCI, IPA en SIKS cursussen aanbiedt die aantrekkelijk zijn voor studenten uit beide disciplines; *zie Actie 6.* Ook is het raadzaam dat er geregeld bestuurlijk overleg is tussen PWN en IPN.

3.6
Europa

De EU stimuleert onderzoek en innovatie met het programma *Horizon 2020*. Hieronder vallen de *ERC Grants*, *Future Emerging Technologies* en *Innovative Training Networks*. Nederland is succesvol in het benutten van de kansen die Horizon 2020 biedt, maar de Nederlandse wiskunde blijft hierbij achter. Wij doen drie aanbevelingen; *zie Actie 11*.

- Nederlandse wiskundigen dienen meer aanvragen in en gaan daartoe internationale allianties aan. Om de daarvoor benodigde kennis en ervaring op te doen, nemen zij meer deel aan internationale programmavoorbereidings- en beoordelingscommissies. Ook training in het schrijven en presenteren van voorstellen is op zijn plaats. De instituutsdirecteuren hebben hier een stimulerende taak.
- De faculteiten bieden actieve lokale ondersteuning. Een goed voorbeeld is het *Project Development Office* bij de Faculteit Wiskunde & Informatica van de TU/e, dat optreedt als makelaar tussen onderzoekers en externe financieringsbronnen. Hier ligt een taak voor de decanen.
- Projectvoorstellen die door de EU excellent zijn bevonden maar niet zijn gehonoreerd komen in aanmerking voor een premie uit nationale of universitaire fondsen. Deze premie kan uiteenlopen van een subsidie voor het verbeteren van het voorstel tot volledige honorering. In andere landen werkt een dergelijk systeem overtuigend. Het stimuleert de onderzoekers aanvragen bij de EU in te dienen en brengt de financieringsinstrumenten dichter bij elkaar.

Nederland is succesvol in het benutten van de kansen die Horizon 2020 biedt.

Lenny Taelman (DIAMANT & GQT)

In de 18e eeuw bewees de Zwitserse wiskundige Euler een formule die π berekent als een oneindig produkt opgebouwd uit alle priemgetallen. Nu hebben priemgetallen (2, 3, 5, 7, 11, ..., enkel deelbaar door 1 en zichzelf) a priori niets te maken met π (3,14159..., de omtrek van een cirkel met diameter 1). Het was tot dan toe ondenkbaar dat priemgetallen iets zouden kunnen vertellen over de meetkunde van een cirkel.

In de jaren zestig van de 20e eeuw ontdekten Birch en Swinnerton-Dyer aan de hand van computer-experimenten een nieuwe en rijke collectie van Euler-achtige formules. Deze geven mysterieuze verbanden waarbij alle priemgetallen samen iets vertellen over de meetkunde van elliptische krommen. Maar niemand is erin geslaagd deze verbanden te bewijzen. In 2000 nam het Clay Institute het vermoeden van Birch en Swinnerton-Dyer op in de inmiddels beroemde lijst van zeven *Millennium Prize Problems*. Een oplossing is nog niet in zicht.

In mijn onderzoek leg ik verbanden tussen dit vermoeden en meetkundige constructies komende uit het Langlandsprogramma, om zo tot nieuw inzicht te komen om deze impasse te doorbreken.

3.7

Governance

De CIΔ is een kritische vriend, die de decanen, de instituten, de clusters en Mastermath helpt keuzen te maken.

Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde. Wij stellen voor dat OCW een *Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde* (CIΔ) instelt, die samen met PWN de bouw van het wiskundehuis faciliteert. De CIΔ bepleit het belang van de wiskunde voor kennis, cultuur en innovatie bij de overheid en het bedrijfsleven en verzorgt de monitoring van de in dit Deltaplan voorgestelde acties. Zij voert regelmatig intensief overleg met de decanen, die verantwoordelijk zijn voor het universitaire wiskundeonderwijs en -onderzoek; wij bevelen aan dat de bètadecanen en de 3TU-AMI-decanen ook onderling overleg voeren. De CIΔ is een kritische vriend, die de decanen, de instituten, de clusters en Mastermath helpt keuzen te maken.

De CIΔ bestaat uit zeven onafhankelijke en gezaghebbende personen. De voorzitter heeft draagvlak in de wetenschap en ingang naar de politiek. Vier leden zijn afkomstig uit het onderzoek, één uit het onderwijs, één uit maatschappij en bedrijfsleven. Het secretariaat van de CIΔ berust bij NWO. De CIΔ rapporteert aan OCW. De voorzitter van PWN woont vergaderingen van de CIΔ bij. *Zie Actie 1.*

PWN krijgt een centrale rol bij de landelijke coördinatie van het beleid in het wiskundehuis.

Platform Wiskunde Nederland. PWN krijgt een centrale rol bij de landelijke coördinatie van het beleid in het wiskundehuis. PWN is in 2010 opgericht als een samenwerkingsverband tussen het KWG en de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren (NVvW). Het geniet financiële steun van NWO-EW en de wiskunde-instituten en heeft eerste stappen gezet tot het coördineren van gezamenlijke activiteiten. Om de in het Deltaplan voorgestelde taken op nationaal niveau te kunnen uitvoeren moet het zich ontwikkelen tot een platform voor alle Nederlandse wiskundigen werkzaam in onderzoek, onderwijs en industrie, dat professioneel is georganiseerd.

PWN stelt een businessplan op voor zijn bestuurlijke en financiële opschaling. Er komt een compact bureau met een voltijdse directie en medewerkers met portefeuilles Mastermath (paragraaf 3.3, 5.2, 6.1), leraren (hoofdstuk 5), Europa en innovatie (paragraaf 3.6, hoofdstuk 6) en communicatie (hoofdstuk 7), die worden ondersteund door PWN-commissies. De directie voert regelmatig intensief overleg met de instituutsdirecteuren, de voorzitters van de clusters en Mastermath en andere sleutelfiguren. Het PWN-bestuur behoudt zijn strategische rol, onderhoudt de contacten met de CIΔ, het KWG en de NVvW, en streeft naar een hechtere relatie met de Vereniging voor Statistiek & Operationele Research. Naast de bestaande financiële steun en een eventuele startsubsidie van OCW en NWO moet PWN de benodigde inkomsten zelf genereren. *Zie Actie 2.*

4

Onderwijsvernieuwing

4.1 Wiskundeopleiding

Inhoud. Voor een vak met een zwaar inhoudelijk fundament als de wiskunde kennen de Nederlandse universitaire opleidingen een opmerkelijke dynamiek. De brede bachelor bij de TU/e biedt, naast veel keuzevrijheid, aan wie dat wil ook diepgang in de "fundamenten van de technische wiskunde". De VU heeft, naast de traditionele wiskundeopleiding, een succesvolle opleiding *business analytics*. Drie faculteiten van de UL werken met VU en WUR samen in een nieuwe master *statistical science for the life and behavioural sciences*. Op veel plaatsen worden er *data science centers* opgericht samen met informatica en andere disciplines. Veel studenten volgen een dubbele bachelor, vooral in combinatie met natuurkunde of informatica. Er is in de bacheloropleidingen toenemende aandacht voor modellering en communicatie en in de masteropleidingen toenemende aansluiting op universitaire profileringsgebieden.

De universitaire wiskunde-opleidingen kennen veel dynamiek qua inhoud en inrichting en een toenemende samenwerking.

In aanvulling op deze vernieuwingen stellen wij voor dat de opleidingen in het eerste jaar een college opnemen over de *wiskunde in zijn omgeving*, met onderwerpen als geschiedenis, ethiek, gebruik, didactiek en communicatie van de wiskunde, en dat docenten deze aspecten van de wiskunde ook opnemen in andere colleges. De leerdoelen zijn maatschappelijke en culturele verbreding en het bijbrengen van het *besef dat anderen anders denken dan wij*. Zo worden wiskundestudenten zich in een vroeg stadium bewust van hun ambassadeursrol. *Zie Actie 12.*

De profilering van de wiskundeopleidingen in termen van zwaartepunten en aansluiting op lokale thema's kan worden versterkt. Dit is primair een taak van de instellingen.

Inrichting. In de bacheloropleidingen is er veel aandacht voor studeerbaarheid, begeleiding en tutoring. Enkele universiteiten hebben, gegeven de eisen die Mastermath stelt, het niveau van de bacheloropleiding aangepast, zij het niet overal in dezelfde richting. De UT heeft het *Twents Onderwijsmodel* ingevoerd, dat projectmatig en modulair van opzet is, de studenten bindt en het rendement verhoogt. De TUD voert grootschalige vernieuwingen door in het serviceonderwijs in de wiskunde, met gevolgen voor de bacheloropleiding. Verscheidene opleidingen zetten in het eerste jaar docenten uit het voortgezet onderwijs (vo) in om voor de studenten de overgang naar de universiteit te versoepelen. Deze duale aanstellingen hebben het nevenvoordeel dat vo-docenten bij het universitaire proces betrokken raken.

Hier is geen behoefte aan landelijke sturing maar wel aan meer communicatie tussen de betrokkenen, die veel van elkaar kunnen leren. In het kader van 3TU.AMI voeren de tech-

nische universiteiten al overleg over onderwijsprojecten. Ook het NMC biedt hiervoor een natuurlijk forum.

Samenwerking. De samenwerking tussen Nederlandse wiskundeopleidingen werd begin deze eeuw geboren uit nood, toen de instroom van studenten tot amper 150 was teruggelopen. De instroom is nu tot 800 gestegen, maar de wiskundestaf is niet gegroeid en samenwerking blijft noodzakelijk. Daarnaast biedt een nationale samenwerking grote voordelen. Studenten met een verschillende achtergrond leren elkaar kennen en krijgen een bredere blik; opleidingen profiteren van elkaars specialismen.

Lichtende voorbeelden zijn de nationale samenwerking in Mastermath en de regionale samenwerking tussen UL en TUD in de bacheloropleiding. UvA en VU hebben een gezamenlijke masteropleiding en verkennen verdere samenwerking in de bacheloropleiding. Er is een beginnende uitwisseling van mastercolleges tussen UU en TU/e. Wij zien een faciliterende rol voor de CIΔ bij het verkennen van verdere mogelijkheden tot samenwerking.

4.2
Wiskunde in andere opleidingen

Serviceonderwijs bevordert de integratie van de academische disciplines.

De wiskunde speelt een steeds grotere rol in vrijwel alle segmenten van wetenschap en technologie. Wiskundeonderwijs aan studenten in andere disciplines neemt daardoor toe in belang en omvang. Het is hierbij een uitdaging een balans te vinden tussen de contextuele en de universele aspecten van de wiskunde. In onze ogen dienen wiskundigen de basiswiskunde te doceren en nauw betrokken te zijn bij vakken met een sterke wiskundecomponent.

De praktijk is vaak anders. Onderwijs buiten de eigen opleidingen heeft meestal geen onderzoeksopslag, waardoor het verliesgevend is, tenzij er voltijdsdocenten worden ingezet, wat weer in strijd is met de academische eenheid van onderwijs en onderzoek. Ook de verrekening tussen de toeleverende en de afnemende faculteit kan een obstakel vormen. Dit alles leidt ertoe dat bij de algemene universiteiten het wiskundeonderwijs door wiskundigen beperkt blijft tot een deel van de bètafaculteit. Bij de UL wordt dit onderwijs integraal gefinancierd en verzorgt het wiskunde-instituut het wiskundeonderwijs bij de andere opleidingen binnen de eigen faculteit en bij het *Leiden University College The Hague*.

Bij de technische universiteiten is er sprake van massaal “serviceonderwijs”, waarvoor traditioneel voltijdsdocenten worden ingezet. Dit zijn vaak gepromoveerde wiskundigen, die een inhoudelijke brugfunctie met de afnemende opleiding vervullen en daar ook bijdragen aan afstudeerprojecten. De TUD en TU/e hanteren een loopbaanmodel waarin medewerkers, binnen de academische verbondenheid van onderwijs en onderzoek, voor een dergelijke carrière kunnen kiezen. Wij constateren dat dit model goed werkt.

Betrokkenheid bij het wiskundeonderwijs aan andere opleidingen is een integrerend deel van de taak van universitaire wiskundigen en bevordert de integratie van de academische disciplines. Veel universiteiten hanteren echter een financieringsmodel dat dit onderwijs eerder afremt dan aanmoedigt. We roepen de wiskunde-instituten op dit onderwerp te agenderen bij hun decanen en colleges van bestuur. *Zie Actie 13.* In de huidige situatie zien wij een volwaardige plaats voor voltijdsdocenten, in het kader van een zorgvuldig loopbaanbeleid. Ook OCW vraagt in zijn Strategische Agenda [OCW 2015] om meer waardering voor het onderwijs ten opzichte van het onderzoek en om loopbaandifferentiatie voor docenten en onderzoekers.

4.3

Voortgezet onderwijs

De rol van de leraar. Leraren in het basis- en voortgezet onderwijs spelen een cruciale rol bij het kweken van nieuwsgierigheid en het wekken van enthousiasme voor rekenen en wiskunde. In hoofdstuk 5 pleiten wij voor de universitaire vorming van leraren in de bovenbouw van het vo en voor meer aandacht voor hun nascholing. Hier pleiten wij ervoor leraren in staat te stellen een deel van hun tijd in een wiskundige onderzoeksomgeving door te brengen. Het programma *Leraar in onderzoek* van NWO-EW wordt dit jaar op bescheiden schaal herstart voor wiskundeleraren met financiering van de *STEM Teacher Academy* van PBT. Het is complementair aan de *academische werkplaatsen* [VSNU 2015], die zijn gericht op de onderwijskundige professionalisering van de docent. Omgekeerd is de inzet van masterstudenten en promovendi in het vo een eenvoudige manier om nieuw materiaal in het vo te introduceren, de leerling te enthousiasmeren, de leraar te scholen, en de student te leren naar buiten te treden. Studenten staan dichtbij de leerlingen; in het bijzonder zijn vrouwelijke wiskundestudenten ideale rolmodellen om de passie voor het vak over te brengen. *Zie Actie 14.*

Vrouwelijke wiskundestudenten zijn ideale rolmodellen om de passie voor het vak over te brengen.

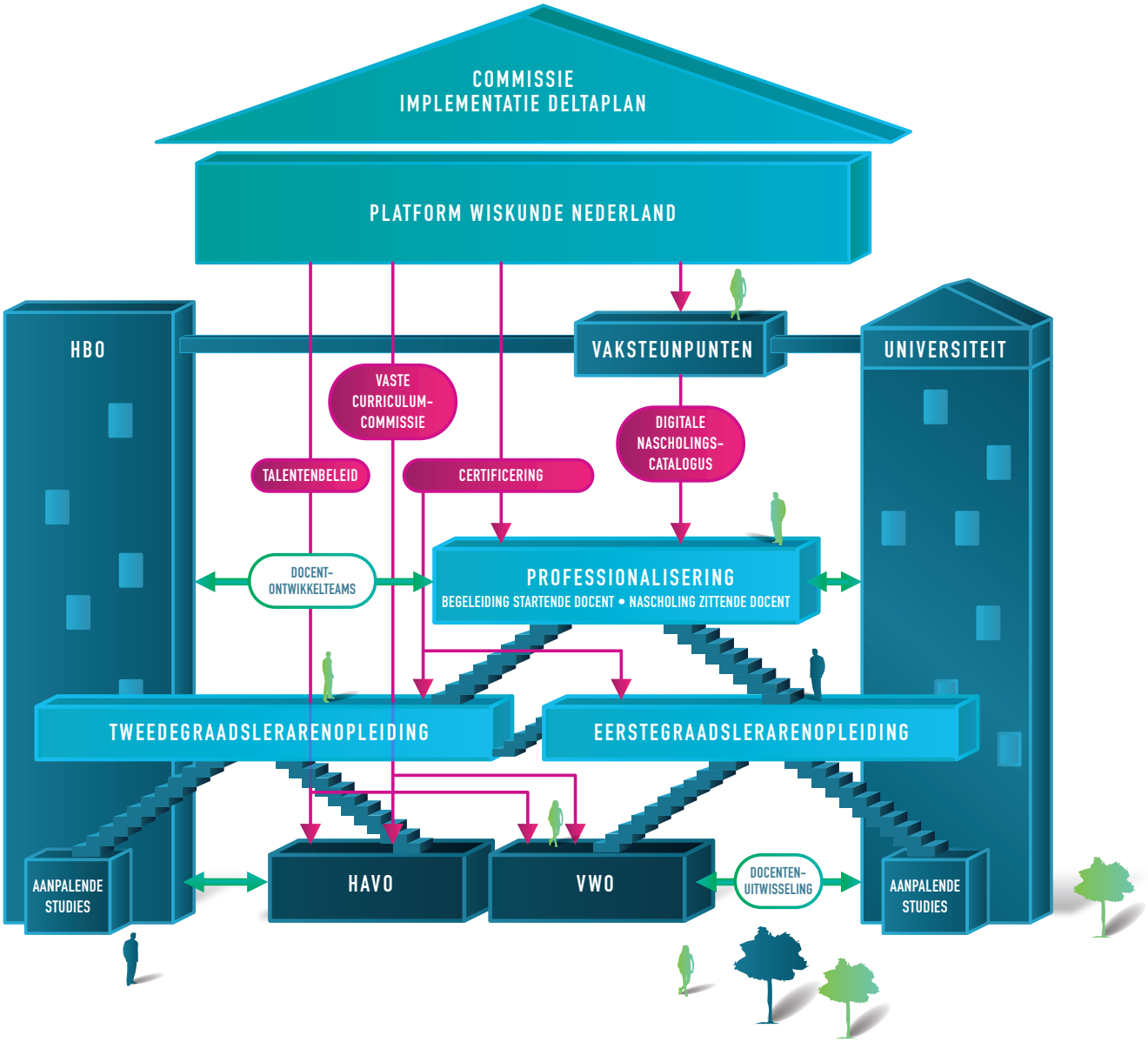
Talentenbeleid. De wiskunde-instituten hebben de laatste vijftien jaar veel werk gemaakt van het identificeren van wiskundig talent in het vo. Zij onderhouden zonder uitzondering contacten met het vo in hun regio en laten scholen naar de universiteit komen of omgekeerd. Ook speelt Nederland weer een rol van betekenis in de Internationale Wiskunde Olympiade voor middelbare scholieren. De inspanningen van de instituten en de steun van het bedrijfsleven hebben hier vruchten afgeworpen.

De groei van de studenteninstroom over deze periode met een factor 4 à 5 moet voor een deel aan het talentenbeleid worden toegeschreven. Wij hebben bewondering voor het werk dat hier wordt verricht en suggereren dat de *best practices* tijdens het NMC prominent voor het voetlicht komen. PWN kan bij het talentenbeleid een coördinerende en stimulerende rol spelen.

Curriculum. Een recente vernieuwing van het wiskundeprogramma in het vo heeft geleid tot de inrichting van de vakken Wiskunde A, B, C en D. Wiskunde B is de basiswiskunde voor bèta's, Wiskunde D is een verdieping en verrijking daarvan. In vergelijking met naburige landen biedt Wiskunde B een magere en Wiskunde B+D een degelijke voorbereiding op een exacte studie. Helaas is Wiskunde D niet geworden wat de vernieuwers voor ogen stond. Het is voor geen enkele universitaire studie verplicht en wordt om financiële redenen steeds minder aangeboden.

PWN steunt een initiatief van RUG en OU, waarbij universiteiten Wiskunde D ondersteunen door inzet van personeel, studenten en IT-middelen. Dit is een goede oplossing voor de korte termijn. Op de langere termijn kan men denken aan de samenvoeging van Wiskunde B en D tot een stevig wiskundevak. Ook kan het onderhouden van de rekenvaardigheid in het vo worden geïntegreerd in het wiskundeprogramma.

Het doen van specifieke aanbevelingen over het wiskundecurriculum op het vo behoort echter niet tot onze opdracht. Wel stellen wij voor dat OCW een *permanente curriculumcommissie* instelt, die opereert onder de vleugels van PWN en tot taak heeft vakinhoudelijk toezicht te houden op het wiskundeonderwijs in het vo, klein onderhoud te plegen en strategische adviezen uit te brengen; *zie Actie 15*.



Figuur 3. De lerarenkamer.

5

De lerarenkamer

De *lerarenkamer* in het wiskundehuis is geschetst in figuur 3. De kern bestaat uit de tweedegraadsopleiding bij het hoger beroepsonderwijs (hbo) en de eerstegraadsopleiding bij de universiteit, bereikbaar vanuit respectievelijk havo en vwo en vanuit aanpalende studies. Na de opleiding volgt de professionalisering, bestaande uit onderwijskundige begeleiding in de praktijk, en vakinhoudelijke nascholing via hbo en universiteit. De rode elementen zijn – deels nieuwe – activiteiten, waarbij PWN een initiërende en coördinerende rol kan spelen.

5.1 Universitaire lerarenopleiding

Zoals uit de inrichting van de lerarenkamer blijkt, menen wij dat een eerstegraadslerarenopleiding thuishoort aan de universiteit. In vergelijking met collega's met een hbo-masteropleiding heeft een universitair gevormde leraar een diepere kennis van het vak en een bredere kennis van het nut en het gebruik ervan. Het fundament van een wetenschappelijke houding kan het best worden gelegd door een docent die zelf aan de wetenschap heeft gewerkt en talent herkent.

Een eerstegraadsopleiding hoort thuis aan de universiteit.

De realiteit is echter dat de universitaire lerarenopleidingen weinig studenten trekken. Hier zijn historische oorzaken voor aan te geven. Met het toegenomen gebruik van de wiskunde in alle geledingen van de maatschappij is het beroepsperspectief van de wiskundige verbreed. Onderzoek van *Vacatures.nl* en *Elsevier* onder Nederlandse hbo- en wo-studenten toont aan dat studenten wiskunde het meest enthousiast zijn over hun studie, mede door de snelheid waarmee zij na het afstuderen een goed betaalde baan vinden. Het beroep van leraar is minder vanzelfsprekend dan het vroeger was. Daarnaast is de wiskundedidactiek een eigen vak geworden, waarbij de afstand tot de wiskunde vaak groter is dan die tot de onderwijskunde. De universitaire lerarenopleidingen zijn meestal ondergebracht in instituten met een sterk onderwijskundig karakter en de route daarheen is voor veel studenten afkomstig uit een alfa- of bètafaculteit minder aantrekkelijk.

De universitaire masteropleiding is tweejarig en bestaat uit een vakinhoudelijk jaar en een educatief jaar met vakdidactiek, onderwijskunde, wetenschapscommunicatie, onderwijsonderzoek en een stage. De educatieve bachelor duurt een half jaar, bestaat uit onderwijskunde, vakdidactiek en een stage, en biedt een bevoegdheid voor vmbo-t en de onderbouw van havo en vwo. Voor studenten met een aanpalende bachelor of master en voor hbo-masterstudenten zijn er speciale regelingen.

De routes naar de universitaire eerstegraads-bevoegdheid moeten flexibeler en aantrekkelijker worden.

De routes naar de universitaire eerstegraadsbevoegdheid moeten flexibeler en aantrekkelijker worden. Goede initiatieven zijn *Eerst de Klas* (www.eerstdeklas.nl) en het *Onderwijs-Traineeship* (www.onderwijstraineeship.nl), waarin OCW, de VO-raad en de VSNU gezamenlijk optrekken met de universitaire lerarenopleidingen. De VSNU pleit in zijn Lerarenagenda [VSNU 2013] tevens voor een sterkere positie van de inhoudelijke vakdidactiek. De bètadecanen hebben een plan opgesteld voor het versterken van de vakdidactiek binnen de bètafaculteiten. Het PWN-advies *Tussen wal en schip; wiskundig-didactisch onderzoek in Nederland* [PWN 2014b] sluit daarbij aan.

De Commissie Deltaplan Wiskunde.NL trekt in deze kwestie gezamenlijk op met de Commissie Breimer voor natuur- en scheikunde en in overeenstemming met de plannen van de VSNU en de bètadecanen. Wij doen de volgende voorstellen; *zie Actie 16*.

- De universiteiten zijn in alle geledingen trots op hun lerarenopleiding en stralen dit uit in hun communicatie. Zij stellen een premie op het behalen van de eerstegraadsbevoegdheid als onderdeel van de master of de promotie. Dit sluit aan op een recent initiatief van OCW.
- De bètafaculteiten zorgen dat de vakdidactiek meer vakinhoud krijgt en deels geplaatst wordt binnen de faculteit. Samen met de instituten voor de lerarenopleiding creëren zij een aantrekkelijke en studeerbare opleiding, ook toegankelijk voor studenten uit aanpalende studies en met veel ruimte voor maatwerk.
- Het vo besteedt volop aandacht aan het inductietraject van de leraar, als afsluiting van de opleiding en begin van de professionalisering. OCW stelt voor deze trajecten subsidies beschikbaar.

Bas Edixhoven (DIAMANT)

Hoewel ons ruimtelijk inzicht beperkt is tot drie dimensies, heeft de wiskunde geen probleem met hogere dimensies. Punten in het vlak beschrijven we met twee reële getallen (x,y), punten in de ruimte met drie getallen (x,y,z) en punten in de vierdimensionale ruimte met (x,y,z,a). Zo'n punt heet geheel als elk van de getallen geheel is. Gehele punten in hoge dimensies komen veel voor: de bevolkingscijfers van honderd gemeenten vormen samen een geheel datapunt in dimensie honderd.

Het tellen van gehele punten op bolschillen heeft een lange geschiedenis, die begint met Diophantus en Fermat in dimensie twee. De bolschil met straal r in dimensie vier is gegeven door $x^2+y^2+z^2+a^2 = r^2$. In 1829 bewees Jacobi dat in dimensie vier het aantal gehele punten op een bolschil met straal $\sqrt{n}$ voor een oneven getal n gelijk is aan acht maal de som van de delers van n. Zo is $8\cdot(1+3) = 32$ het aantal gehele oplossingen van $x^2+y^2+z^2+a^2 = 3$.

Sinds ongeveer 1900 kan men deze aantallen snel berekenen voor de even dimensies tot en met 10; snel betekent hier dat de rekentijd niet exponentieel groeit in het aantal cijfers van n. Samen met Couveignes, De Jong, Merkl en Bruin heb ik dit uitgebreid naar *alle* even dimensies. De nieuwe wiskunde die hiervoor nodig is heeft ook toepassingen in ons dagelijks leven: veilig internetbankieren (zelfs als criminelen quantumcomputers hebben), het kunnen afspelen van beschadigde cd's en dvd's, en snelle berekeningen met hoge precisie en grote getallen.

5.2

Bij- en nascholing

Mastermath biedt zeven semestervakken aan voor de bijscholing van niet-wiskundige bachelors die instromen in de universitaire lerarenopleiding. Het streeft ernaar om dit pakket tot het vakinhoudelijk deel van de hbo-masteropleiding te maken, wat het vakinhoudelijk verschil met de universitaire opleiding zal verkleinen. OCW steunt dit lofwaardige initiatief over de periode 2014–2017. Tot 2020 is nog steun nodig, waarna het programma zichzelf kan betalen. *Zie Actie 17.*

Regionale vaksteunpunten wiskunde bieden vakinhoudelijke nascholing aan in de vorm van *docentontwikkelteams*. Deze steunpunten zijn gevestigd bij hbo of universiteit. Daarnaast is er een aantal jaarlijkse nascholingsactiviteiten, zoals de vakantiecursus van PWN in Amsterdam en Eindhoven, het Wintersymposium van het KWG, de NWD van het Freudenthal Instituut in Noordwijkerhout, de jaarvergadering van de NVvW, en het congres *Leve de wiskunde* van de UvA. We noemen ook het programma *Leraar in onderzoek* van NWO en PBT; zie paragraaf 4.3.

In verband met de vernieuwing van het examenprogramma heeft de NVvW met steun van OCW vier vakinhoudelijke nascholingscursussen ontwikkeld, die via de vaksteunpunten worden aangeboden. Meer dan 200 docenten hebben de afgelopen maanden één of meer van deze cursussen gevolgd. Dit project biedt een blauwdruk voor de organisatie van toekomstige cursussen. De samenwerking tussen de NVvW, de vaksteunpunten en PWN kan hier leiden tot een succesvol en financieel stabiel nascholingsmodel.

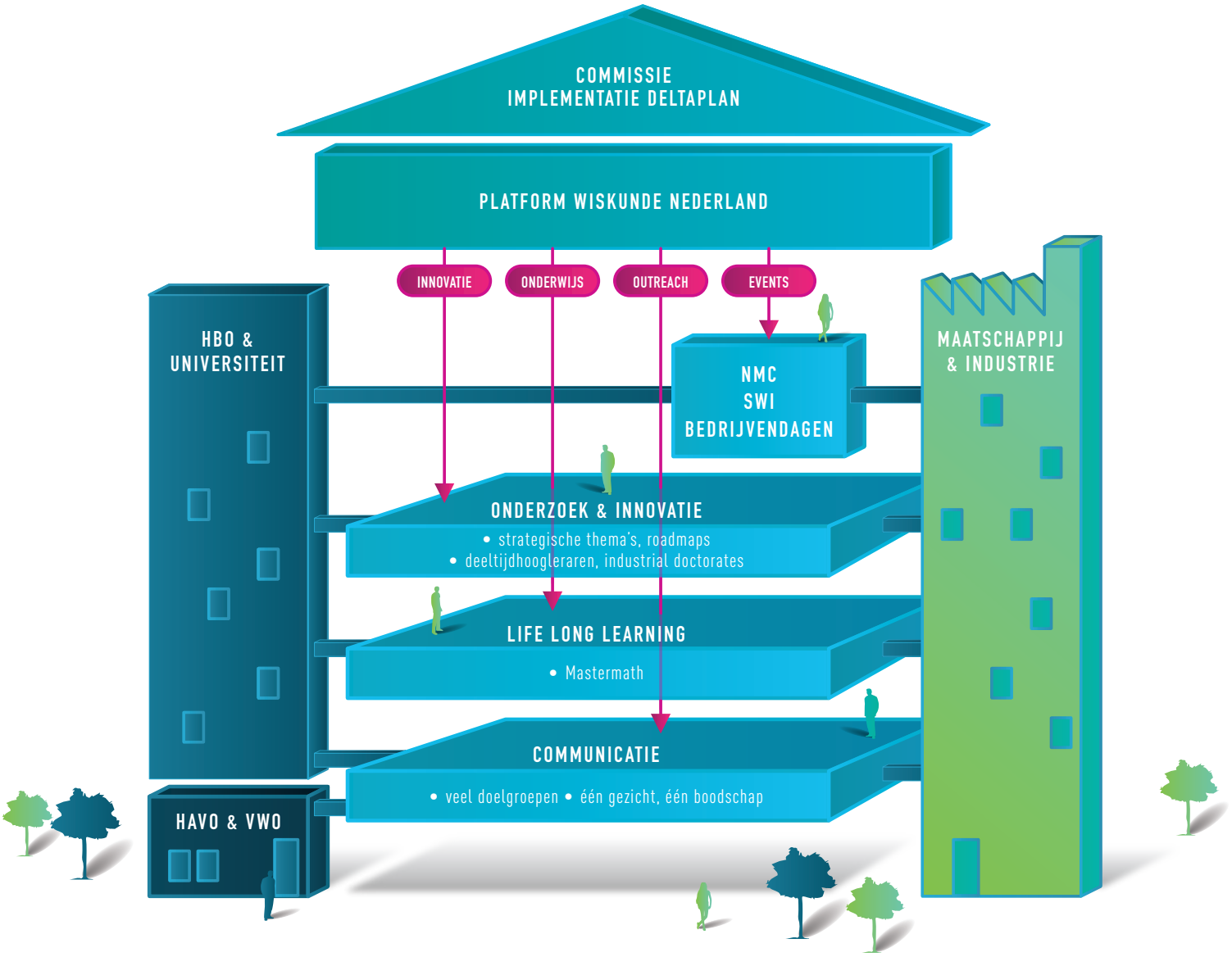
Het aanbod van nascholing is onoverzichtelijk; de vraag ernaar is groot.

Het aanbod van nascholing is onoverzichtelijk; de vraag ernaar is groot. Er is behoefte aan een *digitale nascholingscatalogus*, die het gehele aanbod presenteert. De vaksteunpunten wiskunde werken aan een opzet hiervan maar hebben te weinig capaciteit. Wij stellen voor dat PWN samen met hen dit project uitvoert en het beheer van de site op zich neemt. Het is tevens van groot belang dat permanente nascholing verplicht wordt gesteld via de *certificering* van bevoegdheden. Wij stellen voor dat de wiskundigen dit zelf ter hand nemen, met PWN als uitvoerder en bijhouder van een register voor wiskundeleraren, in goede samenwerking met de Onderwijscoöperatie. Deze nieuwe taken vormen een uitdagende maar tegelijk ook zakelijk interessante uitbreiding van de portefeuille van PWN. *Zie Actie 17.*

Sonja Cox (STAR)

Stochastische partiële differentiaalvergelijkingen worden gebruikt als model voor processen waarbij een fysische wetmatigheid wordt verstoord door ruis. Een voorbeeld is de Cahn-Hilliard-Cook vergelijking, die beschrijft hoe een legering bij een kritieke druk en temperatuur uiteenvalt, waarbij een ruisterm het uiteenvallen op gang brengt. Ook in de scheikunde, biologie en financiële wiskunde worden veel processen beschreven door stochastische differentiaalvergelijkingen.

Vaak zijn computersimulaties nodig om inzicht te krijgen in een dergelijk proces. Mijn onderzoek richt zich vooral op de vraag welke numerieke algoritmen zich "goed" gedragen. Dat betekent dat men weet hoeveel extra berekeningen nodig zijn om de nauwkeurigheid van de simulatie te verdubbelen – ervan uitgaande dat meer berekeningen daadwerkelijk meer nauwkeurigheid geven. In de afgelopen jaren hebben verscheidene onderzoekers, onder wie Fieldsmedaille-winnaar Martin Hairer, aangetoond dat dit niet vanzelf spreekt. Anderzijds is recent veel nieuw gereedschap ontwikkeld voor stochastische partiële differentiaalvergelijkingen, wat dit vakgebied uitdagend en spannend maakt.



Figuur 4. Het innovatiepark.

6

Het innovatiepark

Het wiskundehuis is voorzien van een *innovatiepark*, dat is geschetst in figuur 4. De inrichting ervan en de door ons voorgestelde acties zijn gebaseerd op de bevindingen en aanbevelingen van twintig bedrijven die door de commissie zijn geënquêteerd.

6.1 Wiskunde in bedrijven

Great mathematics creates great products. Wiskunde wordt steeds meer een kerncompetentie binnen de Nederlandse bedrijven. Wiskunde bepaalt de competitieve waarde van producten, verschaft inzicht in processen en ondersteunt besluitvorming [Deloitte 2014]. Vanwege de toenemende complexiteit van producten en processen zal het belang van de wiskunde alleen maar groeien. Dit wordt gestimuleerd door de stijgende kracht van computers en algoritmen en de beschikbaarheid van grote dataverzamelingen.

Wiskunde bepaalt de competitieve waarde van producten, verschaft inzicht in processen en ondersteunt besluitvorming.

Samenwerking. De Strategische Agenda van OCW [OCW 2015] constateert dat veel samenwerking tussen universiteiten en bedrijven voortkomt uit spontane individuele contacten. Onze enquête bevestigt dit beeld. De relaties zijn doorgaans informeel en verschillen sterk in intensiteit. Veel universitaire wiskundigen, in het bijzonder in 3TU.AMI-verband, staan in een voortdurende dialoog met bedrijven en werken gericht samen in master- en promotieprojecten. Sommige wiskundigen uit het bedrijfsleven hebben een deeltijdaanstelling aan een universiteit.

Een ontmoetingspunt tussen academia en bedrijfsleven is de jaarlijkse *Studieweek Wiskunde met de Industrie*, waar praktische vraagstukken aan de orde komen. Deze vorm van samenwerking is succesvol en heeft navolging gevonden bij de natuurkunde, de informatica en de levenswetenschappen. Er is echter vaak geen structureel vervolg.

Uitdagingen. De uitdagingen voor de wiskunde binnen bedrijven zijn significant. Zij omvatten de volledige beheersing en optimalisering van bedrijfsprocessen en de geavanceerde analyse van produktspecificaties en data. Voor het realiseren van korte real-time cycli in het produktieproces zijn complexe modellen en efficiënte simulaties van groot belang. Dit alles stelt hoge eisen aan de wiskundige. De wiskundeopleiding zal, met behoud van diepgang en kwaliteit, aandacht moeten besteden aan het modelleren van real-life problemen, aan programmeren en aan communiceren.

Wij pleiten voor structurele contacten tussen bedrijfsleven en academia.

Sterkere interactie. Een nauwere samenwerking vraagt om wederzijdse toenadering, om oog voor de applicatie en respect voor de abstractie, om het spreken van elkaars taal. Wij pleiten voor structurele contacten tussen bedrijfsleven en academia van de volgende vorm; *zie Actie 18*.

- Regionale bedrijvendagen, bijvoorbeeld aan CWI, de drie TU's, RUG en WUR, waar bedrijven studenten en onderzoekers ontmoeten met als doel het leggen van contacten en het vinden van talent. Het CWI heeft ruime ervaring met de jaarlijkse bijeenkomst *CWI in bedrijf*.
- Een symposium, als onderdeel van het NMC, waar wiskundigen uit bedrijfsleven en academia samen hun werk presenteren.
- Lifelong learning activiteiten die aansluiten bij de behoefte van het bedrijfsleven aan post-initiële scholing, opgezet in het kader van Mastermath.
- Industrial doctorates binnen het bedrijfsleven. De UT heeft onlangs een initiatief hiertoe aangekondigd.

OCW onderstreept de behoefte aan de laatste twee punten in zijn Strategische Agenda [OCW 2015].

Jan van Neerven (STAR & NDNS+)

Stochastische analyse is de tak van wiskunde die toevalsprocessen analyseert, harmonische analyse is het vakgebied dat zich bezighoudt met de frequentieverdeling van signalen en golven. Deze disciplines lijken niets met elkaar te maken te hebben, maar er blijken verrassende verbanden te bestaan. Dit heeft te maken met het feit dat golven van verschillende frequenties zich in veel opzichten net zo gedragen als onafhankelijke toevalsvariabelen. Daardoor kunnen wiskundige technieken die ontwikkeld zijn voor de studie van toevalsprocessen met succes worden toegepast in de harmonische analyse en andersom.

Recentelijk is gebleken dat dit tal van belangrijke en onverwachte toepassingen heeft in de theorie van de partiële differentiaalvergelijkingen. Mijn onderzoek concentreert zich rond dit thema en heeft onder meer geleid tot een beter begrip van een aantal kwalitatieve eigenschappen van de oplossingen van partiële differentiaalvergelijkingen. Een belangrijk resultaat is een stelling die de regulariteit van oplossingen precies kwantificeert. Dit levert informatie over de onderliggende fysische modellen en verschaft tevens een krachtige techniek om ingewikkelde niet-lineaire vergelijkingen op te lossen door middel van reductie tot eenvoudiger vergelijkingen.

6.2

Publiek-private samenwerking

Onderzoek en innovatie. Om wetenschap en innovatie bij elkaar te brengen en nieuwe uitdagingen aan te gaan is er hoogwaardig en grensverleggend onderzoek nodig dat aansluit bij maatschappelijke thema's [Deloitte 2014]. Er zijn veel mogelijkheden voor wiskundig onderzoek dat specifiek gericht is op de economische topsectoren en waaraan naast publieke ook private fondsen bijdragen. Dit mag niet ten koste gaan van het nieuwsgierigheidsgedreven funderend onderzoek, want de kern van de wiskunde is de uiteindelijke bron van vernieuwing. Zonder balans tussen aandacht voor de fundamenten van het wiskundehuis en aandacht voor de bruggen naar maatschappij en innovatie ontstaan er zwakke plekken in de kennisketen.

Topsectoren. Wiskunde is voor ieder van de negen economische topsectoren onmisbaar, in het bijzonder voor Energie, High Tech Systemen & Materialen, Life Sciences & Health, Logistiek en Water. Toch is de wiskunde binnen de topsectoren vrijwel onzichtbaar. Er zijn te weinig wiskundigen betrokken bij de ontwikkeling en uitvoering van topsectorprojecten. De grote uitdagingen uit het Visiedocument [PWN 2014a], zoals complexe systemen, stochastische modellering, efficiënte berekeningen en datawetenschap, kunnen cross-sectoraal een verbindende rol spelen. NWO zet in het kader van het topsectorenbeleid een flink deel van zijn middelen in voor publiek-private samenwerking. De diversiteit en flexibiliteit van de daarop gerichte subsidie-instrumenten zijn voor het gehele spectrum van het wiskundeonderzoek belangrijk.

De aansluiting van de wiskunde bij de economische topsectoren moet worden versterkt.

Walter van Suijlekom (GQT)

Mijn onderzoek beweegt zich in de mathematische fysica en richt zich in het bijzonder op de niet-commutatieve meetkunde, een jong vakgebied. Het biedt een verstrekkende uitbreiding van de moderne meetkunde en kent toepassingen in de wiskunde zelf, variërend van de analyse tot de getaltheorie, en in de natuurkunde, bijvoorbeeld in de kwantummechanica.

Ik gebruik deze meetkunde om tot een wiskundige formulering van zogeheten ijktheorieën te komen. Hoewel deze theorieën succesvol zijn in de beschrijving van de kleinste elementaire deeltjes, ontbreekt al ruim 60 jaar de wiskundige onderbouwing en dus een volledig begrip. Ik pas een benadering toe waarbij ruimte wordt vervangen door een eindig aantal punten, zodat een wiskundig sluitende formulering van ijktheorieën mogelijk is. Vervolgens is de uitdaging om het aantal punten naar oneindig te laten gaan om zo het continuüm te benaderen.

Samen met Alain Connes, de grondlegger van het vakgebied, werk ik aan een niet-commutatief meetkundige beschrijving van de elementaire deeltjes. Hoewel dit opnieuw stevig is geworteld in de wiskunde, leidt het onverwachts tot nieuwe voorspellingen die toetsbaar zijn met bijvoorbeeld de deeltjesversneller in Genève.

Kansen voor de wiskunde. Bij het ontwikkelen en uitvoeren van programma's voor publiek-private samenwerking met een wiskundige component zijn er rollen voor alle partijen, inclusief de decanen, de CIΔ, PWN, de clusters, de private partners en de wiskundigen zelf; *zie Actie 19*.

- De decanen kiezen gezamenlijk en in overleg met de CIΔ strategische thema's van economisch, maatschappelijk en wetenschappelijk potentieel en definiëren daaraan gerelateerde onderzoeksvelden waar de Nederlandse wiskunde een verschil kan maken. Zij leggen samen met private partners de ambities voor ieder thema vast in een *wiskundige roadmap* die aansluit bij de bestaande innovatieroadmaps.
- PWN vervult een landelijke makelaarsrol bij het totstandbrengen van publiek-private samenwerking. PWN brengt de balans tussen vraag (maatschappij en bedrijfsleven) en aanbod (wetenschap) in kaart en identificeert samen met de clusters onderzoeksgroepen die de gevraagde bijdrage kunnen leveren.
- De clusters worden opgeroepen roadmaps te adopteren. Zij zijn uitstekend gepositioneerd om deze in samenwerking met private partners uit te voeren. De topsectoren krijgen op deze wijze toegang tot de clusters.
- De private partners worden opgeroepen te verkennen welke kansen er in hun sector liggen voor publiek-private samenwerking met wiskundigen. Zij leggen dit vast in een intentieverklaring.
- De wiskundigen van alle instellingen worden opgeroepen zich actief op te stellen en de kansen te onderzoeken op samenwerking met partners in andere disciplines en in maatschappij en bedrijfsleven, in het bijzonder in het kader van de topsectorprogramma's van NWO.

Martina Chirilus-Bruckner (NDNS+)

Partiële differentiaalvergelijkingen behoren tot de meest gebruikte wiskundige technieken om fenomenen zoals de beweging van water of de verplaatsing van licht te modelleren. Ondanks hun lange traditie is een algemene theorie van deze vergelijkingen nog steeds een uitdaging. Mijn onderzoek heeft als hoofddoel methoden te ontwikkelen die de complexiteit van een onderliggend model reduceren en de afleiding van eenvoudiger vergelijkingen mogelijk maken. Dit is met name effectief bij de analyse van "gelokaliseerde" structuren, bijvoorbeeld solitaire lopende golven aan het wateroppervlak of lichtpulsen in optische vezels.

De motivatie van mijn werk komt uit het nieuwe onderzoeksgebied van de metamaterialen. Dit gebied richt zich op het maken van nieuwe materialen die geschikt zijn voor technische toepassingen. Zo wordt de analyse van "ademende pulsen" in niet-lineaire golfvergelijkingen gemotiveerd door de fotonica, waar men methoden ontwikkelt om met licht data te transporteren, op te slaan en te verwerken, met als uiteindelijk doel het bouwen van een optische computer.

Dankzij de huidige geavanceerde methodes om te observeren, te meten en te construeren is er een doorbraak in de ontwikkeling van nieuwe materialen. Deze vraagt om nieuwe wiskundige modellen en methoden.

7

Communicatie

Door bekendheid te geven aan de bijdrage die de wiskunde levert aan kennis, cultuur en innovatie kunnen wij het draagvlak voor de wiskunde in de samenleving vergroten en de belangstelling voor de wiskunde doen toenemen. Presentatietechnieken en communicatieve vaardigheden maken dan ook een belangrijk deel uit van de opleiding van studenten. Dit mag niet beperkt blijven tot het in paragraaf 4.1 voorgestelde eerstejaarscollege over de omgeving van de wiskunde. *Zie Actie 12.*

Er gebeurt veel op het gebied van *outreach*. Goede voorbeelden zijn het tijdschrift *Pythagoras*, de zomerkampen van de Stichting Vierkant voor Wiskunde, het Wiskundetoernooi van de RU, de Wiskunde Olympiade en A-lympiade, de Science Café's, het boek met succesverhalen [PWN 2014c] en de wiskundetentoonstelling in Nemo. De activiteiten zijn echter versnipperd. Er is geen sprake van een *branding* van de wiskunde in Nederland die ervoor zorgt dat de diverse activiteiten elkaar versterken en zo bijdragen aan een totaalbeeld van de wiskunde.

Aad van der Vaart (STAR)

Een goede statistische analyse van wetenschappelijke data geeft niet alleen de meest plausibele grootte van een effect, maar ook een betrouwbaarheidsmarge, die aangeeft hoever deze grootte van de waarheid zou kunnen afliggen. Een opiniepeiling is een eenvoudig voorbeeld; men rapporteert bijvoorbeeld dat het relevante percentage gelijk is aan 10% met een marge van ±3%. Zo'n uitspraak is precies te maken door het achterliggende experiment (bijvoorbeeld de opiniepeiling) te beschrijven met een kansmodel. Voor ingewikkelde experimenten met veel onbekenden is de methodologie echter nog onvolledig. Denk hierbij aan biologische en genetische toepassingen, beeldanalyse, kwantificering van financiële risico's of betrouwbaarheid van netwerkreconstructies.

Een methodologisch probleem ontstaat wanneer slechts weinig onbekenden echt invloed lijken te hebben op een uitkomst. Men weet echter niet welke dat zijn, en het blijkt moeilijk de onzekerheid veroorzaakt door de redundante onbekenden in een marge te vangen. In het bijzonder is onbekend hoe de Bayesiaanse statistische methoden zich in deze context gedragen. Deze methoden geven de betrouwbaarsheidsmarge middels een kansverdeling op de mogelijke waarden van het effect, maar vereisen precies zo'n kansverdeling als input. Voor die laatste zijn bij hoog-dimensionale modellen uiteenlopende mogelijkheden. In mijn onderzoek vergelijk ik deze op correctheid en effectiviteit.

Het doel is het merk van de Nederlandse wiskunde te versterken.

Communicatie van de wiskunde kan gericht zijn op collega's, op studenten, op leerlingen, op bedrijven, op de overheid en op het brede publiek. Verschillende doelgroepen vragen om verschillende activiteiten. Voor een professionele aanpak is tijd en capaciteit nodig. Een focussering van de activiteiten kan de communicatie effectiever en efficiënter maken.

Wij stellen voor dat PWN in samenwerking met de communicatiemedewerkers van de instellingen een professionele communicatiegroep opzet, die een overkoepelende strategie voor de communicatie van de wiskunde ontwikkelt, zichtbare eigen activiteiten ontplooit en lokale initiatieven stimuleert. Het doel is de diverse activiteiten onder een gemeenschappelijke noemer te brengen, de wiskundigen te leren met één gezicht en één boodschap naar buiten te treden, en zo het merk van de Nederlandse wiskunde verder te versterken. PWN streeft hierbij naar samenwerking met het CWI. De pr-activiteiten van het Berlijnse MATHEON en de recente campagne *Chemie is overal* (zie www.chemieisoveral.nl) mogen tot voorbeeld dienen. *Zie Actie 20.*

Ronald de Wolf (DIAMANT)

Computers kun je zien als gemechaniseerde wiskunde. De computers van vandaag gedragen zich volgens de klassieke natuurkunde: bits hebben waarden 0 of 1, niet iets daar tussenin, en een programma is een serie van instructies die de waarden van die bits verandert tot de gewenste uitkomst is bereikt. De natuurkunde is echter flink vooruitgegaan. De beste theorie die we nu hebben is de quantummechanica. Quantumcomputers maken gebruik van effecten zoals *superpositie* (een quantumbit kan een combinatie van 0 en 1 zijn), *interferentie* en *verstrengeling*. De vraag voor natuurkundigen is of je zo'n computer kunt bouwen. De vraag voor wiskundigen en informatici is wat zo'n computer beter kan dan de huidige computers. Er zijn spectaculaire toepassingen van quantumcomputing gevonden die grote maatschappelijke invloed kunnen hebben: quantumcomputers kunnen veel van de computerbeveiliging die momenteel gebruikt wordt breken (maar hebben zelf weer een quantumvorm van beveiliging); ze kunnen sneller databestanden doorzoeken; en ze kunnen eigenschappen van grote moleculen zoals potentiële medicijnen beter uitrekenen.
Mijn onderzoek richt zich op het vinden van algoritmen die quantumeffecten gebruiken (of het bewijzen dat zulke effecten soms niet helpen) en op het toepassen in andere takken van de wiskunde van de technieken die voor quantumcomputers ontwikkeld zijn.

8

Actielijnen, begroting en monitoring

8.1
Actielijn governance

Actie 1. Instelling van Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde

OCW stelt deze commissie in. De CIΔ faciliteert samen met PWN de bouw van het wiskundehuis. Zij bepleit het belang van de wiskunde bij overheid en bedrijfsleven en verzorgt de monitoring van de in het Deltaplan voorgestelde acties. Zij voert regelmatig overleg met de decanen en helpt hen en de wiskundigen keuzen te maken. Zij rapporteert aan OCW.
Benodigd budget: k€ 60 per jaar.
Actor: OCW.
Doelstelling: De CIΔ wordt uiterlijk begin 2016 benoemd.

Actie 2. Opschaling van PWN

PWN krijgt een centrale rol bij de landelijke coördinatie van het beleid in het wiskundehuis in nauw contact met alle betrokkenen. Hiertoe ontwikkelt PWN zich tot een platform voor alle Nederlandse wiskundigen werkzaam in onderzoek, onderwijs en industrie, met een bureau van passende omvang dat professioneel is georganiseerd.
Benodigd budget: Nader te bepalen op basis van een businessplan van PWN. Wij denken aan 1 fte directie en 2 fte voor Mastermath, leraren, Europa en innovatie, en communicatie.
Actoren: PWN, NVvW, CIΔ, wiskunde-instituten, NWO, OCW. De bijdragen van NWO-EW en de instituten en toekomstige inkomsten uit de nascholing en certificering van leraren en uit andere activiteiten moeten voor een sluitende begroting zorgen. Er is een startsubsidie nodig.
Doelstelling: De bestuurlijke en financiële opschaling van PWN is eind 2016 voltooid.

8.2
Actielijn wiskundehuis

Actie 3. Versterking van fundamenten van het wiskundehuis

Het groeiende aantal wiskundestudenten, de stagnerende omvang van de wiskundestaf, de teruglopende deelname van Nederland aan het mondiale wiskundeonderzoek en de geringe financiering van individuele promotieplaatsen tasten de fundamenten van het Nederlandse wiskundehuis aan. Om dit proces ten goede te

keren en het personeelstekort op te heffen is het nodig de universitaire wiskundestaf geleidelijk uit te breiden en het NWO-programma voor vrij onderzoek te verruimen met individuele promotieplaatsen beschikbaar voor alle wiskundigen.
Benodigd budget: Wij laten dit open en vertrouwen op een accres voor de wiskunde in het kader van de reguliere financiering van het hoger onderwijs door OCW en de facultaire verdeel- en formatieplannen. Tevens vertrouwen wij op ontwikkelingen binnen NWO.
Actoren: Colleges van bestuur, decanen, NWO.
Doelstellingen: Deze zijn onderwerp van overleg tussen de CIΔ en de actoren.

Actie 4. Consolidering van wiskundeclusters

Om de bundeling van krachten van de Nederlandse wiskunde en haar internationale positie een extra impuls te geven, worden de vier clusters voorzien van structurele financiering. De clusters dragen hiermee bij aan de profilering van het wiskundeonderzoek en aan de aansluiting van de wiskunde bij de economische topsectoren (zie Actie 19). Een tweede evaluatie van de clusters wordt voorgesteld voor 2018; de eerste evaluatie vond plaats in 2010 [NWO 2011].
Benodigd budget: M€ 5 per jaar vanaf 2016, waarvan 80% voor staf en promovendi en 20% voor wetenschappelijke bijeenkomsten en gasten.
Actoren: OCW, NWO, CIΔ. De CIΔ vraagt OCW en NWO de clusters gezamenlijk te blijven steunen. NWO heeft de intentie hiertoe al geuit voor 2016 en 2017.
Doelstellingen: De structurele financiering van de clusters wordt in 2016 in gang gezet. Hiermee wordt in 2016 en 2017 een extra impuls van 20 additionele posities gerealiseerd.

Actie 5. Oprichting van nationale onderzoekschool Mastermath

Op basis van een evaluatie van de huidige samenwerking in het masteronderwijs richten alle betrokkenen gezamenlijk de nationale onderzoekschool Mastermath op. Mastermath werkt nauw samen met de clusters en de instituten en zorgt in overleg met de decanen voor een goede aansluiting op de lokale graduate schools. Een van de instellingen wordt penvoerder; PWN zorgt voor professionale ondersteuning.
Benodigd budget: Deel van het budget voor Acties 2, 3 en 4.
Actoren: CIΔ, PWN, decanen.
Doelstelling: Het nieuwe Mastermath is vóór 1 september 2016 opgericht.

Actie 6. Bruggen naar andere disciplines

De samenwerking met andere disciplines krijgt bijzondere aandacht in het wiskundehuis. Mastermath biedt cursussen aan over relevante onderwerpen op grensvlakken met andere disciplines.
Benodigd budget: k€ 200 per jaar voor Acties 6, 17 en 18 samen.
Actoren: Mastermath, OCW, wiskunde-instituten, collega's uit andere disciplines.
Doelstelling: In 2016 en 2017 worden drie cursussen op grensvlakken aangeboden.

Actie 7. Stimulering van alternatieve promotiemodellen

Mastermath en de clusters stimuleren duopromoties en industrial doctorates. De CIΔ vraagt de colleges van bestuur en NWO dergelijke promoties in alle disciplines te ondersteunen.
Benodigd budget: Wij laten dit open en vertrouwen op een oplopend budget, ter beschikking gesteld door de colleges van bestuur en NWO.
Actoren: Mastermath, colleges van bestuur, NWO, bedrijven.
Doelstelling: Deze is onderwerp van overleg tussen de CIΔ en de actoren.

Actie 8. Verruiming van promotierecht

De CIΔ dringt er bij OCW, VSNU en het rectorencollege op aan uhd's en ud's het promotierecht te geven.
Benodigd budget: Geen.
Actoren: OCW, VSNU, colleges van bestuur.
Doelstelling: Promotierecht voor uhd's en ud's in 2017.

Actie 9. Verhoging van aantal vrouwelijke wiskundigen

De extra middelen voor het Deltaplan bieden een uitgelezen kans om het aantal vrouwen in de vaste staf te verhogen. De CIΔ roept de clusters, de decanen en de instituten op om voor ten minste 20% van de nieuwe posities vrouwen te selecteren. PWN organiseert samen met de instituten trainingen gericht op de toename van diversiteit en vraagt de organisatoren van het NMC (Actie 10) ten minste 25% vrouwelijke sprekers uit te nodigen.
Benodigd budget: Deel van het budget voor Acties 3 en 4.
Actoren: PWN, clusters, decanen, wiskunde-instituten.
Doelstelling: Ten minste 20% van de nieuwe stafposities wordt door vrouwen bezet.

Actie 10. Vernieuwing van Nederlands Mathematisch Congres

Het KWG bouwt het jaarlijkse tweedaagse NMC verder uit tot een grote bijeenkomst, die prominente aandacht geeft aan de activiteiten van de clusters, aan de beoefening en het gebruik van de wiskunde buiten de eigen kring en aan ontwikkelingen in het onderwijs.
Benodigd budget: k€ 50 per jaar plus bijdragen van circa 400 deelnemers.
Actoren: KWG, met wiskunde-instituten, clusters, NWO en bedrijven als sponsors.
Doelstelling: De deelname aan het NMC stijgt de komende vijf jaar met 15% per jaar.

Actie 11. Aansluiting bij Europa

De CIΔ roept wiskundigen op aanvragen voor EU-subsidies in te dienen en deel te nemen aan internationale beoordelingscommissies. De decanen bieden hierbij actieve lokale ondersteuning. De colleges van bestuur stellen een premie op EU-voorstellen die excellent zijn bevonden maar niet zijn gehonoreerd; deze premie kan uiteenlopen van een subsidie voor het verbeteren van het voorstel tot volledige honorering.
Benodigd budget: Oproep en steun: geen. Premies: afhankelijk van de vorm.
Actoren: Colleges van bestuur, decanen.
Doelstellingen: In 2016 en 2017 dienen 20 Nederlandse wiskundigen een voorstel in bij de EU en worden vier daarvan door de EU gehonoreerd.

8.3
Actielijn onderwijsvernieuwing

Actie 12. Aandacht voor omgeving van de wiskunde

De bacheloropleidingen wiskunde nemen in het eerste jaar een college op over de wiskunde in zijn omgeving. Daarnaast besteden de wiskundeopleidingen aandacht aan presentatietechnieken en communicatieve vaardigheden.
Benodigd budget: Geen.
Actoren: Wiskunde-instituten, decanen.
Doelstelling: Vanaf het studiejaar 2017–2018 bevat iedere wiskundeopleiding een college over de wiskunde in zijn omgeving.

Actie 13. Aandacht voor wiskunde in andere opleidingen

De wiskunde-instituten agenderen de positie van het wiskundeonderwijs in andere opleidingen bij hun decanen en colleges van bestuur, met integrale financiering ervan als uitgangspunt.
Benodigd budget: Geen.
Actoren: Wiskunde-instituten, decanen, colleges van bestuur.
Doelstelling: Dit is een actie voor de langere termijn.

Actie 14. Leraar in onderzoek, student voor de klas

NWO en PBT continueren en verruimen het programma dat docenten in staat stelt een dag per week onderzoek te doen. De decanen en de wiskunde-instituten streven naar de inzet van masterstudenten en promovendi in de bovenbouw van het vwo.
Benodigd budget: Docenten: k€ 200 per jaar. Studenten: geen.
Actoren: NWO, PBT, decanen, wiskunde-instituten.
Doelstelling: In 2017 nemen 10 docenten en 30 masterstudenten en promovendi hieraan deel.

Actie 15. Instelling van permanente curriculumcommissie

OCW stelt een permanente curriculumcommissie voor de wiskunde in het vo in, die opereert onder de vleugels van PWN en tot taak heeft vakinhoudelijk toezicht op dit onderwijs te houden, klein onderhoud te plegen en strategische adviezen uit te brengen.
Benodigd budget: k€ 20 per jaar.
Actor: OCW, NVvW.
Doelstelling: In 2016 wordt een permanente curriculumcommissie ingesteld.

8.4
Actielijn lerarenkamer

Actie 16. Universitaire vorming van leraren

De universiteiten geven de lerarenopleiding een prominente plaats in hun beleid en communicatie. Zij stellen een premie op het behalen van de eerstegraadsbevoegdheid als onderdeel van de master of de promotie. De wiskunde-instituten creëren samen met de instituten voor de lerarenopleiding aantrekkelijke en flexibele routes naar de eerstegraadsbevoegdheid en plaatsen de vakdidactiek dichter bij de vakinhoud.
Benodigd budget: Geen.
Actoren: Colleges van bestuur, decanen, wiskundeopleidingen, instituten voor lerarenopleiding, NVvW.
Doelstelling: Het aantal uitgereikte universitaire eerstegraadsbevoegdheden wiskunde stijgt de komende tien jaar met 10% per jaar.

Actie 17. Bij- en nascholing van leraren

Mastermath zet de ontwikkeling van haar lerarencolleges voort en streeft daarbij naar samenwerking met het hbo. PWN zet, in samenwerking met de NVvW en de vaksteunpunten wiskunde, een digitale nascholingscatalogus op en ontwikkelt een financieel stabiel model voor de organisatie van nascholingscursussen en voor de certificering van eerste- en tweedegraadsbevoegdheden wiskunde.
Benodigd budget: Mastermath: zie Actie 6. PWN: zie Actie 2.
Actoren: Mastermath, OCW; PWN, NVvW, vaksteunpunten wiskunde.
Doelstelling: Eind 2016 is er een businessplan en een digitale nascholingscatalogus. In 2017 wordt de certificering geïntroduceerd.

8.5

Actielijn innovatiepark en communicatie

Actie 18. Bruggen naar bedrijven

CWI, de drie TU's, RUG en WUR organiseren jaarlijkse bedrijvendagen, onder auspiciën van PWN. Het NMC omvat een symposium over wiskunde en innovatie. Mastermath zet lifelong learning activiteiten voor het bedrijfsleven op.
Benodigd budget: Mastermath: zie Actie 6.
Actoren: PWN, Mastermath, CWI, 3TU.AMI, RUG, WUR, bedrijven.
Doelstelling: In 2016–2017 worden de genoemde activiteiten gerealiseerd.

Actie 19. Aansluiting bij economische topsectoren

De decanen identificeren gezamenlijk en in overleg met de CIΔ strategische thema's voor de wiskunde en initiëren het opstellen van wiskundige roadmaps. PWN helpt publieke en private partners tot elkaar te brengen. De wiskundeclusters, als concentraties van publieke partners, adopteren wiskundige roadmaps.
Benodigd budget: PWN: zie Actie 2.
Actoren: Decanen, CIΔ, PWN, wiskundeclusters, private partners, wiskundigen.
Doelstelling: In 2017 zijn aanzienlijk meer wiskundigen dan nu actief betrokken bij het opstellen van topsectorprogramma's en bij het uitvoeren ervan.

Actie 20. Vergroting van zichtbaarheid

PWN zet een professionele communicatiegroep op. De groep ontwikkelt een strategie om tot de verschillende doelgroepen met één gezicht en één boodschap te spreken, ontplooit eigen activiteiten en stimuleert lokale initiatieven. PWN streeft hierbij naar samenwerking met het CWI.
Benodigd budget: Zie Actie 2.
Actoren: PWN, CWI, wiskunde-instituten.
Doelstelling: In 2016 wordt de communicatiestrategie uitgewerkt.

8.6

Begroting

Actie	2016	2017	2018	2019	2020	Bronnen
1. Instelling CIΔ	60	60	60	60	60	OCW
2. Opschaling PWN	60	60	30	0	0	OCW, NWO
3. Versterking fundamenten wiskundehuis						
a. vaste staf	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	colleges van bestuur, decanen
b. promovendi	550	825	1.100	1.375	1.650	NWO
4. Consolidering wiskundeclusters	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	OCW, NWO
6, 17, 18. Breed cursusaanbod Mastermath	200	200	200	200	200	OCW, bedrijven
7. Stimulering alternatieve promotiemodellen	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	colleges van bestuur, NWO
10. Vernieuwing NMC	50	50	50	50	50	instituten, clusters, NWO, bedrijven
11. Aansluiting bij Europa	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	colleges van bestuur, decanen
14. Leraar in onderzoek, student voor de klas	200	200	200	200	200	NWO, PBT
15. Instelling permanente curriculumcommissie	20	20	20	20	20	OCW
Totaal	**6.140**	**6.415**	**6.660**	**6.905**	**7.180**	**33.300**

De bedragen zijn gegeven in k€.
2. *Startsubsidie, afhankelijk van businessplan PWN.*
3a. *Onderwerp van overleg met de decanen. Wij denken aan 10, 15, 20, 25 resp. 30 nieuwe stafposities in de opeenvolgende jaren.*
3b. *Uitgaande van 10, 15, 20, 25 resp. 30 nieuwe promotieposities in de opeenvolgende jaren.*
7. *Onderwerp van overleg met de colleges van bestuur en NWO. Wij denken voor de wiskunde aan 5, 10, 15, 20 resp. 25 promotieposities in de opeenvolgende jaren.*
11. *Afhankelijk van vorm van premie.*
Totaal. *Exclusief de pro memorie opgenomen posten.*

8.7

Tijdpad en monitoring

Uitgaande van een toewijzing van middelen en een intentie tot het instellen van een Commissie Implementatie Deltaplan Wiskunde stellen wij het volgende tijdpad voor:

- eind 2015: aanbieding van Deltaplan aan opdrachtgevers NWO en PWN en aan OCW;
- begin 2016: afspraken met OCW en NWO over toewijzing van middelen voor 2016–2017;
- voorjaar 2016: instelling van de CIΔ; afspraken met decanen en instituten over toewijzing van middelen, prestaties en monitoring;
- voorjaar 2017: aanbieding van eerste monitoring/tussenrapportage aan OCW;
- medio 2017: verdere afspraken met decanen en instituten;
- najaar 2017: aanbieding van eerste evaluatierapport van voorgestelde acties aan OCW; afspraken met OCW en NWO over toewijzing van middelen voor 2018–2020.

De CIΔ verzorgt de monitoring van de voorgestelde acties. Zij ziet in het bijzonder nauw toe op de voortgang en de resultaten van de acties waarvoor financiële middelen beschikbaar worden gesteld, o.a. door site visits bij de instituten. Zij volgt op welke wijze en in welke mate OCW, NWO, de colleges van bestuur, de decanen en de instituten met de nieuwe middelen bijdragen aan het realiseren van het Deltaplan. Zij vraagt de decanen en de instituten de informatie te leveren die nodig is om de afspraken te evalueren. Waar mogelijk en nodig betrekt zij de gegevens van andere onderwijs- en onderzoekevaluaties bij de monitoring. De in 2015 af te ronden onderzoeksvisitatie dient als nulmeting.

De CIΔ brengt in het voorjaar van 2017 een tussenrapportage aan OCW uit en biedt in het najaar van 2017 een eerste evaluatierapport aan. Over het proces van de evaluatie en de consequenties die eraan worden verbonden maakt zij nadere afspraken met OCW. Zij voert vervolgens jaarlijks de monitoring uit van de activiteiten die in het kader van het Deltaplan worden gefinancierd. Zij betrekt daarbij ook de vraag of de beschikbare middelen toereikend zijn om de oorspronkelijke doelen volgens plan te behalen, en treft bij achterstanden op de afspraken adequate maatregelen.

Literatuur

[Deloitte 2014] Mathematical sciences and their value for the Dutch economy. Deloitte, Amstelveen, 2014.
[Dialogic 2011–2014] Wetenschaps-, technologie- & innovatie-indicatoren. Dialogic, Utrecht, 2011–2014.
[KNAW 2009] Biomathematics; a vision for success. KNAW, Amsterdam, 2009.
[KNAW 2011] De Nederlandse wetenschapsagenda. KNAW, Amsterdam, 2011.
[KNAW 2015a] Elfduizend vragen in perspectief; rapportage jurering nationale wetenschapsagenda. KNAW, Amsterdam, 2015.
[KNAW 2015b] Ruimte voor ongebonden onderzoek; signalen uit de Nederlandse wetenschap. KNAW, Amsterdam, 2015.
[NRC 2013] The mathematical sciences in 2025. National Research Council, Washington, 2013.
[NWA 2015] Nationale wetenschapsagenda; vragen – verbindingen – vergezichten. Den Haag, 2015.
[NWO 2011] Evaluation, conclusions and recommendations mathematics clusters 2005–2010. NWO, Den Haag, 2011.
[NWO 2015] Strategie 2015–2018; uitwerking. NWO, Den Haag, 2015.
[PWN 2014a] Formulas for insight and innovation; mathematical sciences in the Netherlands; vision document 2025. PWN, Amsterdam, 2014.
[PWN 2014b] Tussen wal en schip; wiskundig-didactisch onderzoek in Nederland. PWN, Amsterdam, 2014.
[PWN 2014c] Bennie Mols, Ionica Smeets. Succesformules: toepassingen van wiskunde. PWN, Amsterdam, 2014.
[OCW 2014] Wetenschapsvisie 2025: keuzes voor de toekomst. OCW, Den Haag, 2014.
[OCW 2015] De waarde(n) van weten; strategische agenda hoger onderwijs en onderzoek 2015–2025. OCW, Den Haag, 2015.
[QANU 2014] Wiskundeonderwijs aan de Nederlandse universiteiten in 2013; state of the art rapport. QANU, Utrecht, 2014.
[Sanoma 2014] Donald Duck in Rekenland. Sanoma, Hoofddorp, september 2014.
[VSNU 2013] Actieplan lerarenagenda Nederlandse universiteiten. VSNU, Den Haag, 2013.
[VSNU 2015] Sectorplan onderwijswetenschappen; wetenschap voor het onderwijs. VSNU, Den Haag, 2015.

Commissie Deltaplan Wiskunde.NL

Jacob Fokkema (voorzitter) is hoogleraar technische geofysica aan de TUD met belangstelling voor afbeelding en inversie van golfverschijnselen. Van 2002 tot 2010 was hij rector magnificus van de TUD. Sinds 2010 is hij voorzitter van het gebiedsbestuur Aard- en Levenswetenschappen van NWO.

Eugène Bernard was bijna twintig jaar werkzaam in management- en bestuursfuncties aan verschillende Nederlandse universiteiten. Sinds 2009 is hij bestuursvoorzitter van OMO, een vereniging van scholen voor voortgezet onderwijs in Noord-Brabant. Hij is bestuurlijk betrokken bij diverse universitaire lerarenopleidingen.

Petra de Bont (secretaris) promoveerde in de fysica aan de TUD en is thans senior-beleidsmedewerker wiskunde bij NWO. Zij werkte mee aan verscheidene beleidsdocumenten voor de wiskunde, was secretaris van het oprichtingsbestuur van PWN en voert het secretariaat van de PWN-Commissie Onderzoek.

Frank den Hollander is hoogleraar stochastiek aan de UL. Zijn onderzoek ligt op het grensvlak met de natuurkunde, de populatiegenetica en complexe netwerken. Hij is lid van de KNAW, houder van een ERC Advanced Grant en groepsleider binnen het zwaartekrachtproject Networks. Hij vervult vele bestuurlijke functies in binnen- en buitenland.

Christiane Klöditz (secretaris) is hoofd wiskunde bij NWO. Zij studeerde informatica aan de Otto-von-Guericke Universität Magdeburg en promoveerde daar op het gebied van de beeldverwerking. Na acht jaar bij onderzoeks- en adviesbureau Resource Analysis in Delft maakte zij in 2001 de overstap naar NWO.

Barry Koren is hoogleraar scientific computing en vicedecaan van de Faculteit Wiskunde & Informatica van de TU/e. Eerder was hij leider van een onderzoeksgroep bij het CWI en deeltijdhoogleraar in Leiden en Delft. Hij is lid van diverse wetenschappelijke raden, redacties en commissies.

John Koster is directeur binnen ASML Development & Engineering. Hij is verantwoordelijk voor de afdeling Metrologie, een combinatie van natuurkunde, wiskunde en informatica, die zorgt voor de nanometer-precisie in ASML-produkten. Bij ASML en daarvoor bij Philips/NXP heeft hij verschillende engineering- en managementfuncties vervuld. Hij is bestuurslid van het CWI.

Jan Karel Lenstra (vicevoorzitter) was directeur van het CWI en hoogleraar optimalisering aan de TU/e en aan Georgia Tech. Hij vervulde vele redactionele en bestuurlijke functies. Hij werkte mee aan KNAW-adviezen over reken- en informaticaonderwijs en aan het Visiedocument van PWN.

Ieke Moerdijk is hoogleraar algebra en topologie aan de RU. Hij is lid van de KNAW en de Academia Europaea. In 2012 werd hem de Spinozapremie toegekend. Hij vervult naast zijn onderzoeks- en onderwijstaken vele advies- en bestuursfuncties in binnen- en buitenland.

Gerrit Timmer is medeoprichter en CFO van ORTEC en deeltijdhoogleraar bedrijfseconometrie aan de VU. Zowel vanuit ORTEC als op de VU is hij betrokken bij de wiskundige modellering van praktische problemen. Hij was voorzitter van het Nederlands Genootschap voor Besliskunde en van de Vereniging voor Statistiek.

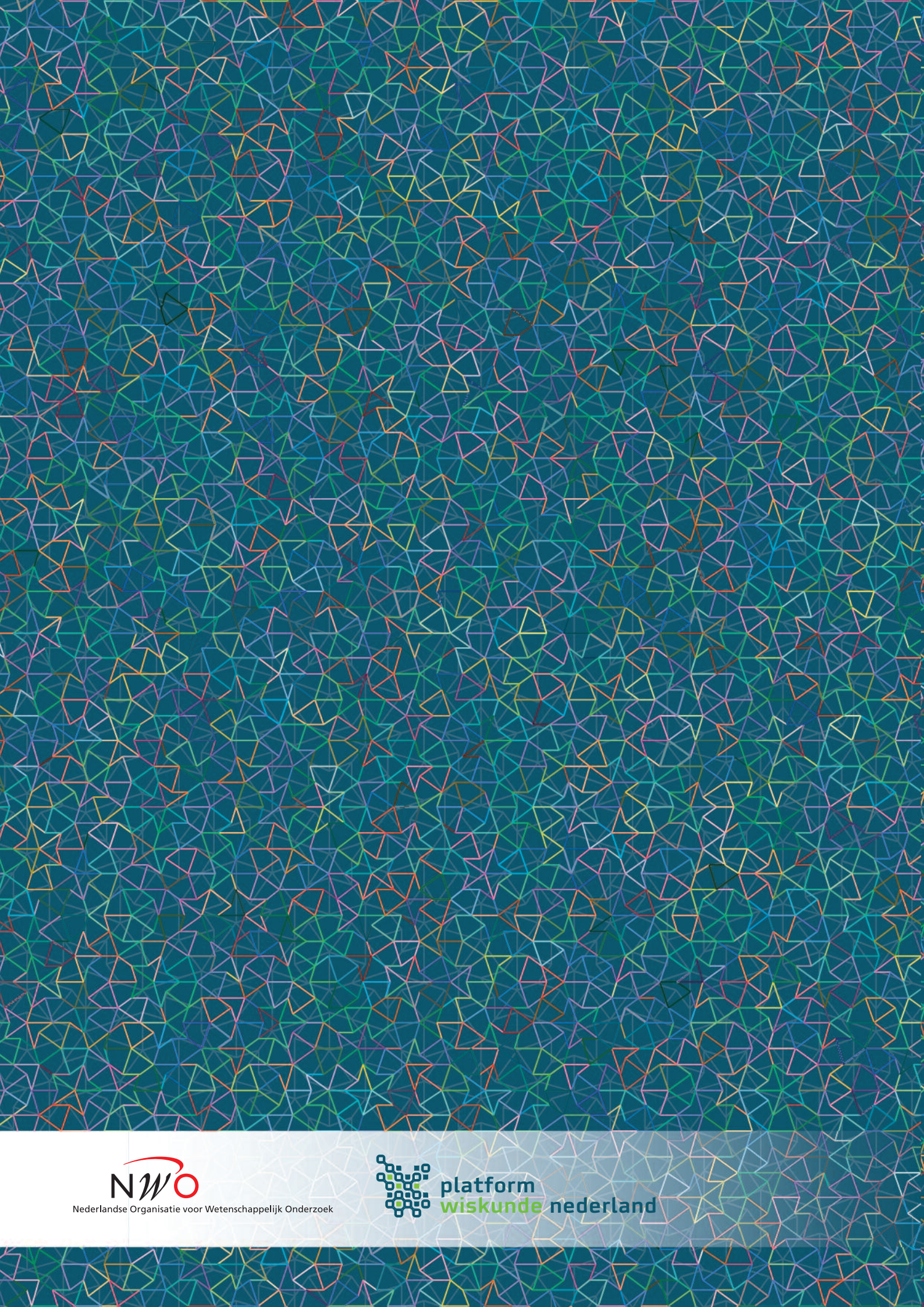
Nellie Verhoef is gepromoveerd wiskunde-vakdidacticus aan de UT. Haar onderzoek betreft de professionalisering van wiskundedocenten. Onder haar voorzitterschap kwam het PWN-rapport *Tussen wal en schip* tot stand. Zij was onderwijsredacteur van het *Nieuw Archief voor Wiskunde* en publiceert regelmatig over wiskundedidactiek in Nederland.

Gesprekspartners

Karen Aardal, TUD
Emile Aarts, TU/e
Erwin Abbink, NS
Peter Apers, UT
Johan van Arendonk, WUR
Jos Baeten, CWI, UvA
Erik van den Ban, UU
Gerard Barkema, UU
Anne-Jan Beeks, KLM
Emiel van Berkum, TU/e
Yvonne Bernardt, OCW
Frits Beukers, UU
Rob Bisseling, UU
Jan de Boer, UvA
Pieter Boerman, UT
Theo van den Boogaart, HU
Dymph van den Boom, UvA
Beatrice Boots, PBT
Pieter Bootsma, KLM
Peter Boswijk, UvA
Richard Boucherie, UT
Saskia van Boven, RU
Onno Boxma, TU/e
Douwe Breimer, UL
Ed Brinksma, UT
Dick Broekhuis, CWI
Henk Broer, RUG
Marion Brouwer, PostNL
Bram Buster, Heineken
Wim Caspers, TUD
Eric Cator, RU
Gil Cavalcanti, UU
Martina Chirilus-Bruckner, UL
Wim Coene, ASML
Gunther Cornelissen, UU
Hans Corstjens, PBT
Fred Couzij, EZ
Sonja Cox, UvA
Marius Crainic, UU
Ronald Cramer, CWI, UL
Hans Cuypers, TU/e
Joke Daemen, UU
Han van Dissel, UvA
Karl Dittrich, VSNU
Arjen Doelman, UL, NWO-EW
Jan van de Donk, OCW
Hanneke van Doorn, KNAW
Jan Draisma, TU/e, VU
Robert van der Drift, NWO-EW
Svetlana Dubinkina, CWI
Hans van Duijn, TU/e
Hans Duisters, Sioux
Frank van der Duyn Schouten, VU
Bas Edixhoven, UL
Philip Eijlander, UvT
Marije Elkenbracht-Huizing, ABN-AMRO
Jos Engelen, NWO
Rob Fastenau, TUD
Diederik Fokkema, Ernst & Young
Jason Frank, UU
Swier Garst, NVvW, PWN
Maarten de Gee, WUR
Birgit Geveling, UT
Stan Gielen, RU
Edgar Groenen, UL
Joost de Groot, TUD
Paul Gruntjens, Aegon Asset Management
Peter Grünwald, CWI, UL
Mathisca de Gunst, VU
Tim van der Hagen, TUD
Michiel van der Hauten, OCW
Arnold Heemink, TUD
Peter Hildering, CWI
Hans Hilgenkamp, UT
Remco van der Hofstad, TU/e
Kees Hoogland, APS
Kim Huijpen, VSNU
Wilbert IJzerman, Philips Lighting
Hubertus Irth, VU
Yvonne Jeuken, RUG
Geurt Jongbloed, TUD, KWG, PWN
Hans de Jonge, VSNU
Wouter van Joolingen, UU
Rien Kaashoek, VU
Stella Kapodistria, TU/e
Marjanne Klom, NVvW, PWN
Luuk Klomp, EZ
Harry Kneppers, TUD
Jasper Knoester, RUG
Erik Koelink, RU
Ed Komen, NRG
Peter Kop, UL
Arie Korbijn, KNAW
Hans Kraaijevanger, Shell
Cor Kraaikamp, TUD
Bert Kramer, ORTEC Finance
Marieke Kranenburg, UvA
Coenraad Krijger, NWO
Leo Kroon, NS, EUR
Tanja Kulkens, NWO-CW
Bart van de Laar, RUG
Peter van Laarhoven, Schiphol
Ton Langendorff, TU/e
Johan van Leeuwaarden, TU/e
Hendrik Lenstra, UL
Gerty Lensvelt-Mulders, UvH
Rik Lopuhaä, TUD
Karel Luyben, TUD
Karen Maex, UvA, VU
Michel Mandjes, UvA
Bob Mattheij, LIME
Gerrit van Meer, UU
Ronald Meester, VU, PWN
Wendi Mennen, Prorail
Hans Mes, Shell
Chris de Mol, ASML
Jaap Molenaar, WUR
Leen van den Oever, NIBI
Kees Oosterlee, CWI, TUD
Erik Opdam, UvA
Frans Oort, UU
Anja Oskamp, OU
Felix Otto, Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig
Ben de Pagter, TUD
Mark Peletier, TU/e
Birgit Pepin, TU/e
Auke van der Ploeg, MARIN
Jan Willem Polderman, UT
Huib Pols, EUR
Frank Redig, TUD
Rob Rink, VU
Alexander Rinnooy Kan, UvA
Jos Roerdink, RUG
Mark Roest, VORtech
Gerrit Roorda, RUG
Petra Rozema, TU/e
Arjan van der Schaft, RUG
Wil Schilders, TU/e, PWN
Jaap Schouten, TU/e
Lex Schrijver, UvA, CWI
Hans Schutte, OCW
Sergey Shadrin, UvA
Dirk Siersma, UU
Bart de Smit, UL
Geert de Snoo, UL
Luc Soete, UM
Judith Soons, TU/e
Bernd Souvignier, RU
Jeroen Spandaw, TUD
Maarten van Steen, UT, IPN
Frans van Steijn, VSNU
Hans Sterk, TU/e
Elmer Sterken, RUG
Peter Stevenhagen, UL
Carel Stolker, UL
Walter van Suijlekom, RU
Rogier Swierstra, PGGM
Lenny Taelman, UvA
Rob Tijdeman, UL
John Toland, Isaac Newton Institute, Cambridge
Harry Trentelman, RUG
Marc Uetz, UT
Aad van der Vaart, UL
Gert Vegter, RUG
Sjoerd Verduyn Lunel, UU, PWN
Arjen Vestjens, CQM
Henk van der Vorst, UU
Kees Vuik, TUD
Hendrik van Vuren, FOM
Tom Wansbeek, RUG
Jan Wiegerinck, UvA
Han de Winde, UL
Ernst Wit, RUG
Ronald de Wolf, CWI, UvA
Willem van der Wolk, UL
Theo Wubbels, UU
Bert Zwart, CWI, TU/e

Afkortingen

ASCI	Advanced School for Computing and Imaging (onderzoekschool)
BioSB	Netherlands Bioinformatics and Systems Biology Research School (onderzoekschool)
CWI	Centrum Wiskunde & Informatica (NWO-instituut)
DIAMANT	Discrete, Interactive and Algorithmic Mathematics, Algebra and Number Theory (wiskundecluster)
DISC	Dutch Institute of Systems and Control (onderzoekschool)
ERC	European Research Council
EU	Europese Unie
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
Eurandom	European Institute for Statistics, Probability, Stochastic Operations Research and Their Applications
EZ	Ministerie van Economische Zaken
FOM	Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (onderdeel van NWO)
GQT	Geometry and Quantum Theory (wiskundecluster)
HU	Hogeschool Utrecht
ICIAM	International Congress on Industrial and Applied Mathematics
ICM	International Congress of Mathematicians
INFORMS	Institute for Operations Research and the Management Sciences
IPA	Institute for Programming Research and Algorithmics (onderzoekschool)
IPN	ICT-onderzoek Platform Nederland
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
KWG	Koninklijk Wiskundig Genootschap
NDNS+	Nonlinear Dynamics of Natural Systems (wiskundecluster)
NIBI	Nederlands Instituut voor Biologie
NMC	Nederlands Mathematisch Congres
NVvW	Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren
NWD	Nationale Wiskundedagen
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
NWO-CW	NWO, Gebied Chemische Wetenschappen
NWO-EW	NWO, Gebied Exacte Wetenschappen
OCW	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap
OMO	Vereniging Ons Middelbaar Onderwijs
OU	Open Universiteit
PBT	Platform Bèta Techniek
PWN	Platform Wiskunde Nederland
QANU	Quality Assurance Netherlands Universities
RU	Radboud Universiteit
RUG	Rijksuniversiteit Groningen
SIKS	School for Information and Knowledge Systems (onderzoekschool)
STAR	Stochastics – Theoretical and Applied Research (wiskundecluster)
STW	Stichting Technische Wetenschappen (onderdeel van NWO)
TUD	Technische Universiteit Delft
TU/e	Technische Universiteit Eindhoven
UL	Universiteit Leiden
UM	Universiteit Maastricht
UT	Universiteit Twente
UvA	Universiteit van Amsterdam
UvH	Universiteit voor Humanistiek
UvT	Universiteit van Tilburg
UU	Universiteit Utrecht
VSNU	Vereniging van Nederlandse Universiteiten
VU	Vrije Universiteit
WONDER	Wiskunde Onderzoekschool Nederland (onderzoekschool)
WUR	Wageningen University & Research Centre
3TU.AMI	3TU Federatie, Applied Mathematics Institute



NWO
Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek

platform
wiskunde nederland