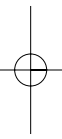
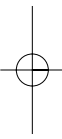


# **Wiskunde en informatica: innovatie en consolidatie**

Over vragen in het wiskunde- en informaticaonderwijs



<rtsp://streaming.ou.nl/huis/050311oratiebertzwanefeld.rm>

Ontwerp omslag: Vivian Rempelberg

© G. Zwaneveld, 2005.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

ISBN 90 358 2264 1

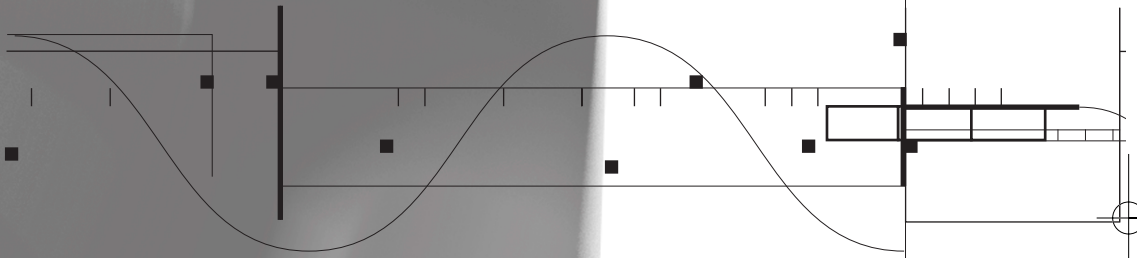
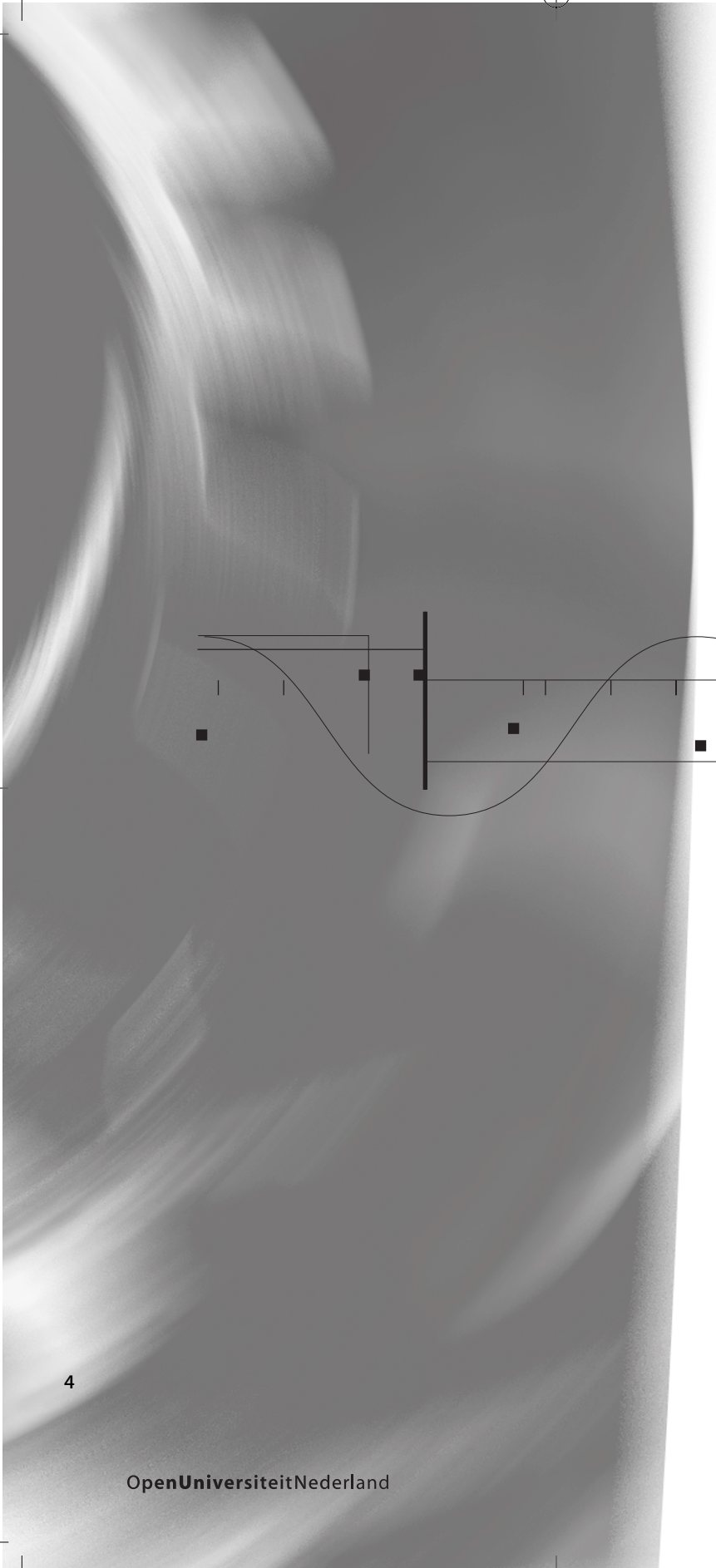
Printed in The Netherlands.

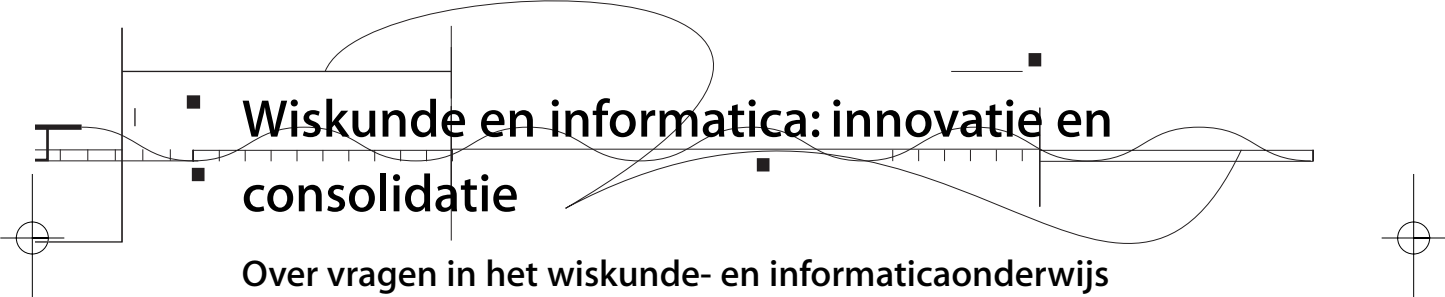
Drukkerij Schrijen-Lippertz-Huntjens, Voerendaal



# Inhoudsopgave

- 1 Over deze oratie Pagina 7
  
- 2 Context Pagina 11
  - 2.1 Vernieuwingen in het leren en onderwijzen Pagina 11
  - 2.2 Leren en onderwijzen in een digitale omgeving Pagina 16
  - 2.3 Rol van de overheid Pagina 18
  - 2.4 Tekort aan bèta's Pagina 20
  - 2.5 Ruud de Moor Centrum Pagina 21
  
- 3 Wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs Pagina 23
  - 3.1 Positie van wiskunde en informatica in het voortgezet onderwijs Pagina 23
  - 3.2 Wiskundeonderwijs Pagina 27
  - 3.3 Informaticaonderwijs Pagina 30
  - 3.4 Modelleren en toepassen Pagina 32
  
- 4 Professionalisering van de leraar in het wiskunde- en informaticaonderwijs Pagina 39
  - 4.1 Competenties van de professionele leraar Pagina 40
  - 4.2 Vakdidactische competenties van de wiskundeleraar en van de informaticaleeraar Pagina 44
  - 4.3 Relatie tussen wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs Pagina 52
  
- 5 Werkplan 2005 - 2009 Pagina 57
  
- 6 Dankwoord Pagina 61
  
- Bijlage: projecten en afgeleide activiteiten Pagina 65
  
- Noten Pagina 71
  
- Literatuur en webadressen Pagina 74





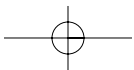
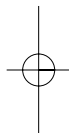
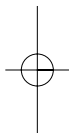
# Wiskunde en informatica: innovatie en consolidatie

Over vragen in het wiskunde- en informaticaonderwijs

## Oratie

In verkorte vorm uitgesproken bij de openbare aanvaarding van het ambt van hoogleraar 'Professionalisering van de leraar in het bijzonder in het onderwijs in de wiskunde en de informatica' bij de Open Universiteit Nederland op vrijdag 11 maart 2005

door prof. dr. Bert Zwaneveld



## 1 Over deze oratie

Mijnheer de rector magnificus,

Dames en heren toehoorders,

Wiskundeonderwijs is ouder dan de weg naar Rome. Plato beschrijft hoe Socrates ongeveer 400 voor Chr. wiskundeonderwijs bedreef via wat nu het socratisch leergesprek heet. Socrates maakte duidelijk aan een willekeurig iemand op de markt van Athene dat een twee keer zo groot vierkant niet een twee keer zo grote zijde heeft, zie bijvoorbeeld Wansink (1971) of Bunt (1968). Informaticaonderwijs bestaat daarentegen in het hoger beroepsonderwijs en de universiteiten pas ongeveer dertig jaar, in het voortgezet onderwijs sinds 1998. Dat informaticaonderwijs nog zo jong is heeft natuurlijk alles te maken met het feit dat de computer nog niet erg lang bestaat; kort na de tweede wereldoorlog werden de eerste computers echt operationeel. De persoonlijke computer, zeker in de vorm van het notebook, bestaat pas ongeveer 25 jaar. Met andere woorden, informaticaonderwijs komt pas kijken, zeker in vergelijking met wiskundeonderwijs. Wiskundeleraren zullen, gezien de leeftijd van hun vak, dus wel heel professioneel zijn. Van informaticaleraren mag je verwachten dat ze nog veel te leren hebben op het gebied van hun professionalisering. Beide uitspraken zijn waar, maar in zekere zin ook niet. De didactiek van de wiskunde is behoorlijk ontwikkeld, die van informatica staat nog in de kinderschoenen. Het is echter zeker niet zo dat informaticaleraren alleen maar van wiskundecollega's zouden kunnen leren.

Wiskundeleraren kunnen wel degelijk ook van hun informaticacollega's leren. Ik doel er dan met name op dat informaticaleraren veel meer dan hun wiskundecollega's als de kern van hun professie zien het ontwerpen, implementeren en, na uitvoering en reflectie op die uitvoering, verbetering van hun onderwijs. Dat heeft natuurlijk alles te maken met hun kennis van de in informatica gehanteerde methodieken, en met de jeugdige leeftijd van informatica. Hier geldt: verbetering door innovatie en door consolidatie van wat goed is.

Het is niet toevallig dat wiskundeonderwijs én informaticaonderwijs in mijn leeropdracht genoemd worden. De relatie tussen beide soorten onderwijs zal regelmatig in deze oratie aan de orde komen. Deze oratie gaat over de vraag naar wat de professionele wiskundeleraar, wat de professionele informaticaleraar is, en wat zij van elkaar kunnen leren. Bovendien wordt ingegaan op de manier hoe er, na beantwoording van die vragen, vanuit het Ruud de Moor Centrum en meer vanuit mijn leeropdracht een bijdrage aan de professionalisering van deze leraren kan worden gegeven. Een eerste

aanzet tot de beantwoording van deze vragen is hiervoor al enigszins gegeven: in mijn visie is die professionele leraar een competent ontwerper van wiskundeonderwijs of van informaticaonderwijs. Misschien is in dit verband 'een competent regisseur' en betere term. Ook dit zal ik hierna nader uitwerken.

Ik begin echter met een beschrijving van een aantal aspecten uit de context van mijn leeropdracht, namelijk:

- 1 Leren en onderwijzen: door allerlei omstandigheden verandert er momenteel heel veel in het onderwijs en dat heeft allerlei repercussies op het leren en onderwijzen.
- 2 Leren en onderwijzen vindt steeds meer plaats met behulp van digitale hulpmiddelen: wat is de rol van de computer hierbij?
- 3 De overheid: die een meer afstandelijke rol nastreeft bij allerlei zaken en meer aan het 'veld' wil over te laten, maar daarin nog niet de goede balans gevonden heeft.
- 4 Het tekort aan hoogopgeleide bèta's.
- 5 Het Ruud de Moor Centrum: mijn werkplek.

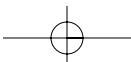
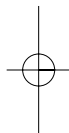
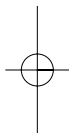
Na deze contextbeschrijving volgt achtereenvolgens een beschrijving van het wiskundeonderwijs en van het informaticaonderwijs en met wat voor soort problemen zij geconfronteerd worden. Daarna ga ik in op de professionele wiskundeleraar en de professionele informaticaleeraar en wat ze van elkaar kunnen leren. Deze rede wordt afgesloten met de bijdrage van het Ruud de Moor Centrum aan de professionalisering van de wiskundeleraar en de informaticaleeraar.

Ik zal met enige regelmaat zaken aan de orde stellen in de vorm van een vraag, en soms ook mijn persoonlijke antwoord daarop geven en beargumenteren.

Informaticaonderwijs wordt op dit moment gegeven in de bovenbouw van havo en vwo, in het hoger beroepsonderwijs en in het universitair onderwijs. In het middelbaar beroepsonderwijs zijn er opleidingen die zich vooral, of vrijwel uitsluitend met de technische aspecten van de informatie- en communicatietechnologie (ict) bezig houden. De term 'wiskundeonderwijs' wordt vooral geassocieerd met het voortgezet onderwijs. Het lijkt er dus op dat mijn leeropdracht vooral betrekking heeft op het wiskundeonderwijs en het informaticaonderwijs in het eerstegraads en tweedegraads gebied van het voortgezet onderwijs. (Met de invoering van de wet op de beroepen in het onderwijs worden de termen 'eerstegraads' en 'tweedegraads' vervangen door



andere, zie noot 4. Voor de herkenbaarheid blijf ik echter deze ingeburgerde termen in deze oratie gebruiken. Hoewel dat wel het vertrekpunt van mijn activiteiten is, reken ik wel degelijk ook het reken/wiskundeonderwijs in het primair onderwijs en de relatie van wiskunde en informatica met andere vakgebieden in het voortgezet onderwijs tot mijn aandachtsgebied. Bij dit laatste gaat het bijvoorbeeld om rekenonderwijs, met name het aspect van de 'gecijferdheid', en om techniekonderwijs in het voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs (vmbo).



## 2 Context

Er is een aantal ontwikkelingen in de samenleving aan te geven die aanleiding zijn duidelijker te definiëren, eventueel te herdefiniëren wat de taken en rollen van een wiskundeleraar of een informaticaleeraar zijn. Die ontwikkelingen zijn zowel kwantitatief als kwalitatief van aard. Een kwantitatief probleem is het tekort aan bèta's. Een kwalitatief probleem is het tekort aan informaticakennis op conceptueel niveau. Om met de toenemende automatisering en informatisering en in verband daarmee de toenemende communicatie praktisch om te kunnen gaan beschikken jongeren tegenwoordig over behoorlijk veel ict-vaardigheden. Maar voor een kennismaatschappij als de Nederlandse kan daarmee niet volstaan worden. Hoewel het een open deur is, is het waar dat de leerlingen veranderen, hun manier van leren en daarmee het onderwijs aan hen. Dat gebeurt mede door de opkomst van ict – denk maar aan de term 'digitale leeromgeving'. En dat heeft uiteraard ook gevolgen voor de schoolvakken wiskunde en informatica. In dit hoofdstuk ga ik op elk van deze ontwikkelingen in: vernieuwingen in leren en onderwijzen, leren en onderwijzen in een digitale leeromgeving, de rol van de overheid en het tekort aan bèta's. Het is de taak van het Ruud de Moor Centrum een bijdrage te leveren aan professionalisering van onderwijsgeevenden, die bij het omgaan met deze ontwikkelingen hoort.

### 2.1 Vernieuwingen in het leren en onderwijzen

Mensen met schoolgaande (klein)kinderen weten dat het er tegenwoordig op school anders aan toegaat dan toen zijzelf op school zaten. Veranderingen hebben te maken met maatschappelijke veranderingen zoals de indringende aanwezigheid van de computer met internet, de televisie, onze toegenomen actieradius onder andere blijkend bij vakanties, de toegenomen individuele vrijheid die wij ons zelf toekennen en die we onze kinderen niet kunnen en willen onthouden. Verder wordt regelmatig geconstateerd, zie bijvoorbeeld <http://www.balansdigitaal.nl/> en Van Neer (1985), dat de spanningsboog van kinderen op school, misschien wel tengevolge van de genoemde veranderingen, steeds kleiner wordt. En dit heeft consequenties voor het inrichten van lessen.

Ook wordt er steeds meer rekening gehouden met de motivatie van de leerlingen. Deze problematiek speelt in het gehele voortgezet onderwijs, maar vooral bij leerlingen van het voorbereidend middelbaar beroepsonderwijs (vmbo), waar bijna tweederde van alle leerlingen in het voortgezet onderwijs zit. Voor Stevens (2004) is het oplossen van de motivatieproblematiek misschien wel de belangrijkste opgave waarvoor het

onderwijs anno 2005 zich gesteld ziet. Het vmbo is een aantal jaren geleden via een fusie van het middelbaar algemeen vormend onderwijs (mavo) en het voorbereidend beroepsonderwijs (vbo) tot stand gekomen. Voor de leerlingen van het vmbo geldt dat er daar 'teveel theorie en te weinig praktijk' is. Zie onder andere het eindrapport van de taakgroep Vernieuwing basisvorming (2002). De constatering is in feite dat voor de huidige leerlingen de traditionele, klassikale manier van lesgeven niet meer werkbaar is. Er moet meer en meer rekening gehouden worden met wat ze kunnen, met wat ze willen en met hoe ze willen leren. Dit betekent dat in ieder geval voor deze leerlingen langs drie dimensies van leerlingengedrag aan onderwijsvernieuwing gewerkt moet worden: de motivatie van de leerlingen, de capaciteiten van de leerlingen en de manier waarop leerlingen in de gelegenheid worden gesteld om te leren. Op één aspect van dit laatste, het leren buiten de school wil ik hier nader ingaan.

Leren gebeurt niet alleen op school, maar ook daarbuiten. Vanaf het midden van de jaren tachtig van de twintigste eeuw is hiervoor steeds meer aandacht gekomen. Baanbrekend in dit verband is het *Presidential Adress* van Resnick (1987): *Learning In School and Out*. Daarin analyseert zij op basis van literatuuronderzoek hoeveel leren, meestal in een vorm van het meester-gezelmodel, buiten de school plaats vindt. Zo gebruiken veel mensen in hun beroep heel adequate rekenmethoden die fundamenteel verschillen van wat ze in het basisonderwijs geleerd hebben. Wat algemener gesteld geldt dat mensen voor of in hun beroep allerlei zaken anders leren dan dat zij die op school hebben geleerd. Ook leren ze daarbij nog van alles dat ze helemaal niet op school hebben gehad. Dat komt vooral doordat het schoolse leren op het individu en de meer conceptuele kant van een vak is gericht dan op het leren in groepen en op het toepassen van het geleerde. Op school leer je allerlei regels, maar hoe deze buiten de school (moeten) worden toegepast blijft soms in het vage. Door de toenemende complexiteit van de beroepen is de kloof tussen het schoolse en het buitenschoolse leren bijna onoverbrugbaar groot geworden.

Voor het reken- en wiskundeonderwijs is de beperking van het schoolse leren al veel eerder door met name Freudenthal en de medewerkers van het naar hem genoemde instituut gesignaleerd. Recent is dat nog gedaan door Wijers & Kemme (2004). Dit heeft tot de ontwikkeling van het realistisch reken- en wiskundeonderwijs geleid, waarbij de concepten geleerd worden door het aanbieden van realistische situaties waarbinnen wiskundige concepten en procedures door hen onder begeleiding van de leraar (her)ontdekt en ontwikkeld worden. Zie bijvoorbeeld Freudenthal (1991). Met andere woorden: men probeert de wereld buiten de school zoveel mogelijk binnen de school te halen.

Sommige complexe vaardigheden op het gebied van de uitoefening van een beroep kunnen inderdaad heel goed of zelfs beter buiten de school geleerd worden, zie onder andere Streumer & Van der Klink (1997). Hierbij kan gedacht worden aan zelfstandig handelen, verantwoordelijkheidsbesef, uitkomen voor je mening, omgaan met collega's, specifieke 'kneepjes' van het vak die in geen leerboek te vinden zijn, ontwikkelen van een goede voorstelling van hoe in de 'echte' praktijk met bepaalde kennis wordt omgegaan, gebruiken van de modernste apparatuur (waarvoor de school vaak geen geld heeft). Daartegenover is er complexe kennis en zijn er complexe vaardigheden die juist beter wel op school (initieel) geleerd kunnen worden: theoretische aspecten, overstijgende aspecten zoals samenhang, probleemaanpakken zoals heuristieken (Van Streun, 1989), metacognitieve aspecten zoals leren te structureren en leren te leren (Zwaneveld, 1999); allemaal aspecten die ook buiten de school een rol spelen, maar die pas in de school expliciete aandacht kunnen krijgen. Het moge duidelijk zijn dat er in het curriculum dan ook een plaats en dus tijd voor moet worden ingeruimd.

Eind jaren tachtig hebben Brown, Collins & Duguid (1989) de relatie tussen wat zij 'gesitueerde cognitie' noemen en de cultuur van het leren geanalyseerd. Hun analyse komt samengevat neer op het volgende. Begrippen die men leert – begrippen hier in brede zin opgevat, dus ook werkwijzen die men bijvoorbeeld in de beroepssituatie moet hanteren – zijn gebonden aan een situatie (vandaar hun term 'gesitueerde cognitie') en blijven zich voortdurende ontwikkelen ten gevolge van de activiteiten waarbij die begrippen gebruikt worden. Met andere woorden: kennis is nooit af en ieder blijft zijn leven lang leren. De auteurs vergelijken het leren van die begrippen met het leren hanteren van gereedschappen. Het leren hanteren van gereedschappen, en dus ook het leren van begrippen gebeurt door middel van activiteiten. En activiteiten zijn weer gekoppeld aan een bepaalde cultuur. Zo gebruiken wiskundigen, natuurkundigen en ingenieurs dezelfde wiskundige formule op hun eigen, aan hun discipline gebonden manier. Dat het leren van wiskundige begrippen heel goed in het kader van concrete activiteiten kan plaatsvinden, is al in eerder beschreven, zie Zwaneveld & Van Dormolen (1977). En net zoals het hanteren van gereedschap en een activiteit één op één aan elkaar gekoppeld zijn, moet het leren van begrippen en de activiteiten waarin die begrippen gebruikt worden, één op één aan elkaar gekoppeld zijn. Volgens Brown en anderen zullen begrippen die op deze manier geleerd zijn, nooit onbegrepen toegepast worden. De vergelijking tussen gereedschappen en begrippen nog een stap verder trekkend concluderen ze bovendien dat leren en handelen in wezen hetzelfde is: 'knowing and doing ... are interlocked and inseparable'.

Op basis van deze analyse hebben Collins, Brown & Newman (1989) het cognitieve meester-gezelmodel ontwikkeld. Hierbij staan centraal activiteiten, gebonden aan een situatie, die tot leren leiden. Dat leren staat voor 'gesitueerd' modelleren, coachen, maar ook voor het langzaam laten verdwijnen van de situatie – en dat laatste wordt in de uitwerking bij wiskunde bijvoorbeeld nog wel eens vergeten. Want het gaat uiteindelijk om de cognitieve aspecten: voorbij de fysieke gereedschappen en de schoolse begrippen.

Het is, denk ik, niet toevallig dat vervolgens in de jaren negentig het begrip 'competentie' in het onderwijskundige jargon, ter vervanging van de aloude begrippen 'kennis, vaardigheden en houdingen', is opgekomen. Om een aantal redenen is er minder aandacht voor kennis gekomen. Vanuit de onderwijskundige hoek, en dan met name die van de constructivisten, wordt betoogd dat kennis niet iets is dat door de onderwijsgevende overgedragen kan worden aan de lerende, maar door de lerende zelf wordt geconstrueerd. Vanuit het bedrijfsleven wordt gewezen op de toenemende kloof tussen wat leerlingen op school en studenten op hogeschool en universiteit leren en wat zij in hun werk moeten kunnen. En door de opkomst van het internet als gigantische informatiebron wordt vaak gedacht dat het verwerven van kennis kan worden vervangen door het kunnen zoeken en vinden van informatie op het internet. Ik wees hier al eerder op. Hierbij wordt ten onrechte informatie aangezien voor kennis. Dit heeft er toe geleid dat aan kennis een steeds minder belangrijke plaats wordt toegekend ten gunste van vaardigheden. Langzaamaan lijkt men echter in te zien dat vaardigheden die niet op kennis zijn gebaseerd in de praktijk ook niet werken, immers: 'knowing and doing ... are interlocked and inseparable'. Vandaar dat men steeds meer spreekt in het huidige jargon over competenties: het onderwijzen is gericht op het verwerven van competenties, dat wil zeggen op het adequaat inzetten van kennis en vaardigheden in complexe taaksituaties vanuit een bij die taaksituatie en de bijbehorende context passende attitude. Zie onder andere Van Merriënboer, Van der Klink & Hermans (2002). Een en ander heeft ertoe geleid dat meer en meer erkend wordt dat leren en onderwijzen inderdaad niet uitsluitend in de klas gebeurt en dat ook informele aspecten van leren als de zaken die niet in termen van doelstellingen, leerstof en curriculum te vatten zijn, aandacht (moeten) krijgen.

Er ontwikkelt zich, volgens mij, momenteel de volgende visie op leren en onderwijzen, die ook al in de onderwijskundige literatuur van de jaren tachtig van de twintigste eeuw doorklinkt. Of dat al dan niet mede onder invloed van het constructivisme als leertheorie is gebeurd, laat ik hier in het midden. De lerende staat centraal. Dat bete-

kent dat er rekening moet worden gehouden met zijn wijze van leren en zijn voor-kennis. Wat er geleerd moet worden moet goed daarop aansluiten zodat hij dat kan inpassen in wat hij al weet. Kortom, de lerende moet op zijn minst het gevoel hebben zelf (mede) de regisseur over zijn leren te zijn. De lerende is actief. Via opdrachten maakt de lerende zich de begrippen en de daarbij horende vaardigheden eigen. Die opdrachten moet 'echt' zijn; het kunnen zelfs heel grote opdrachten zijn: een project of zelfs een virtueel bedrijf. Leren gebeurt in interactie. Achterliggende overwegingen zijn dat 'leren na de school vaak ook gebeurt in samenspraak of samenwerking met anderen', en dat 'wat geleerd wordt in de (beroeps)praktijk vaak samen met anderen moet worden toegepast'. Kortom, die opdrachten worden heel vaak in de vorm van groepswork uitgevoerd. Daarbij spelen voor de onderwijsgevende natuurlijk vaak ook praktische overwegingen een rol: het begeleiden van het uitvoeren van die opdrachten door de leerlingen wordt wat overzichtelijker als er niet door 25 individuele leerlingen, maar bijvoorbeeld zes groepjes aan het werk zijn. Het studiehuis van de bovenbouw havo/vwo is een tamelijk extreme uitwerking van deze visie.

Van der Sanden (2003) heeft deze 'nieuwe' visie neergelegd in de rede waarmee hij zijn lectoraat in de didactiek van het beroepsonderwijs heeft aanvaard. Hij formuleert het, sprekend over leeromgeving en over didactiek, dat wil zeggen over de situatie waar leren en onderwijzen (in het beroepsonderwijs) samenkomen, als volgt.

'Het leren vindt plaats in authentieke leer- en werkgemeenschappen, die veel leer-mogelijkheden bieden en leerlingen uitnodigen tot betekenisvol leren. Er is sprake van een geïntegreerde benadering van vakinhoudelijke en algemene competenties. Er wordt gewerkt aan en vanuit persoonlijke ontwikkelingsplannen, talenten en voor-keuren van leerlingen en de mogelijkheden op de (regionale) arbeidsmarkt leveren daarvoor belangrijke input. Ter bevordering van de ontwikkeling van competenties van leerlingen, inclusief competenties die nodig zijn om als medeontwerper van leeromge-vingen en leertrajecten te kunnen fungeren, wordt systematisch gebruik gemaakt van de volgende didactische maatregelen: zorgen voor modellen, articuleren van leer- en denkactiviteiten, begeleiden, geleidelijk aan steun verminderen, reflecteren en exploi-teren.' En hij geeft het volgende lijstje voor het ontwerpen van krachtige en praktijk-gerichte leeromgevingen voor het vmbo en het mbo:

- § producerend leren
- § natuurlijk leren
- § integraal ontwerpen
- § de werkplekkenstructuur
- § de omgekeerde leercyclus

- § probleem gestuurd onderwijs
- § projectonderwijs
- § stages en beroepspraktijkvorming en leerwerktrajecten
- § praktijksimulaties
- § geïntegreerde leeromgevingen: de integratie van avo- of 'theoretische' leerstof in betekenisvolle beroepsgerichte en maatschappelijke context
- § en 'Kennis-als-Gereedschap – Activerend Leren'.

De meeste termen uit dit lijstje zijn op zich duidelijk, een aantal sluiten goed aan bij de achtergrondbeschrijving hiervoor. Met de omgekeerde leercyclus wordt bedoeld dat de traditionele volgorde, eerst de theorie dan de toepassing, wordt omgekeerd.

### *2.2 Leren en onderwijzen in een digitale omgeving*

In deze paragraaf ga ik vooral nog in algemene zin in op het leren en onderwijzen in een digitale leeromgeving om in het volgende hoofdstuk meer toegespitst terug te komen op de schoolvakken wiskunde en informatica, die ook een onderdeel van de context van mijn leerstoel vormen.

Met een leeromgeving wordt alles rond de leerling bedoeld dat met zijn leren te maken heeft. Dat loopt van zijn school tot de opdrachten die hij er moet uitvoeren, en van de leraar tot hulpmiddelen die daarbij worden ingezet. Met de digitale leeromgeving worden die onderdelen uit de leeromgeving aangeduid die met computers en het achterliggende netwerk van computers te maken hebben. Meer en meer worden speciale computerprogramma's in het onderwijs in gebruik genomen die bepaalde onderwijskundige functies ondersteunen: het aanbieden van inhoudelijke informatie en het verstrekken van opdrachten; het aanbieden van organisatorische en administratieve informatie, zoals het rooster en resultaten. Meestal zijn ook interactiefuncties voorzien: het insturen van uitwerkingen van opdrachten en het geven van nadere uitleg en terugkoppeling. Door middel van een digitale leeromgeving kan ook heel goed de wereld van buiten de school, en dus de schoolvakken overstijgend, binnen het leren gebracht worden. Deze mogelijkheid is echter nog onvoldoende in de scholen doorgedrongen. De computer wordt wel ingezet, maar vaak op een beperkte manier: tekstverwerken en surfen op het internet. De uitdaging voor het onderwijs is om een visie te ontwikkelen op leren in en onderwijzen met behulp van een digitale leeromgeving, en die visie vervolgens in concreet onderwijs te operationaliseren, zodat



leerlingen beter op hun toekomstig functioneren in een kennisintensieve samenleving worden voorbereid. Een van de kernvragen daarbij is: wat kan aan de computer overgelaten worden en wat moeten de leerlingen zelf kennen en kunnen? Een globaal antwoord op deze vraag is zeker nodig, maar niet voldoende. Per schoolvak of eventueel per cluster van schoolvakken zal de vakdidactiek de vraag moeten beantwoorden hoe een digitale leeromgeving leren en onderwijzen kan optimaliseren. Hierbij is het kunnen bedienen van de computer zeker nodig maar niet voldoende. Vanwege de nog steeds exponentieel toenemende mogelijkheden van ict zal de invloed van de computer, vooral in combinatie met de daarmee via netwerken verbonden andere computers, ook in het onderwijs al maar groter worden. Dat betekent dat niemand kan volstaan met de houding van de 'passieve' gebruiker. Voor het operationaliseren van een visie op onderwijzen in een digitale leeromgeving zal het nodig zijn informaticakennis op conceptueel niveau meer en meer tot de professionele competenties van de leraar te laten behoren. Immers, informatisering, automatisering en interactie met behulp van ict lijken zo dominant maar tegelijk ook zo complex, om niet te zeggen zo chaotisch, dat de leraar voor het inzetten van ict als didactisch hulpmiddel goed inzicht in de mogelijkheden en beperkingen ervan moet hebben. Daarvoor moet hij 'achter' de ict kunnen kijken met behulp van inzicht in de eraan ten grondslag liggende concepten. Terzijde merk ik op dat dit eigenlijk voor iedere Nederlandse burger geldt.

Bij het opzetten van onderwijs in een digitale leeromgeving gaat het derhalve om veel meer dan het toevoegen van de computer met het internet daarachter aan het bestaande repertoire van didactische hulpmiddelen als boek, bord en krijt, overhead-projector, en voor rekenen/wiskunde en de bètavakken (al dan niet grafische) rekenapparatuur. De vraag waar het onderwijs in de bètavakkenvakken in het primair en voortgezet onderwijs voor staat is hoe het onderwijs in deze vakken verbeterd kan worden door het systematisch inbrengen van digitale hulpmiddelen. Het is niet meer de vraag *of* er een aparte digitale didactiek bestaat, zie Simons (2002), maar *hoe* dat concreet vorm moet krijgen. Voor mij gaat het dan natuurlijk vooral om de vakken wiskunde en informatica. Het verbeteren van het onderwijs in deze vakken zal overigens hand in hand moeten gaan met aanpassingen van de inhoud, bijvoorbeeld enerzijds door beperking tot kernconcepten, zie bijvoorbeeld de KNAW-klankbordgroep voortgezet onderwijs (2003), en anderzijds door verbreding van de curricula, waarbij met name aan het gebruik van realistische, en daardoor de leerlingen aansprekende, de afzonderlijke schoolvakken overstijgende situaties gedacht moet worden. In hoofdstuk 4 kom ik op de digitale didactiek bij wiskunde en informatica terug.

### 2.3 Rol van de overheid

De bemoeienis van de overheid met onderwijs zit in een overgangsfase. Tot ongeveer het midden van de vorige eeuw stelde de overheid de financiële middelen voor het onderwijs beschikbaar en bemoeide zij zich nauwelijks met de inhoud. Daarna nam de bemoeienis met de inhoud alleen maar toe. Tegenwoordig probeert de overheid steeds meer op afstand te staan. Het volgende is een mooie, historische illustratie van rechtstreekse bemoeienis met een minimale wijziging in het leerplan in een tijd dat die inhoudelijke bemoeienis minimaal was, namelijk het verplaatsen van een onderwerp van de vierde naar de vijfde klas. Zie Maassen (2000).

In het jaarverslag over 1933-1934 van Wimecos, 'de vereeniging van Leeraren in de Wiskunde, de Mechanica en de Cosmographie aan hogere burgerscholen met vijfjarigen cursus B, lycea en meisjes-hoogere-burgerscholen met 5-/6-jarigen cursus' is het volgende te lezen. 'Als uitvloeisel van een besluit van de algemeene vergadering van 28 december 1933 is 24 Januari 1934 een adres gezonden aan Zijne Excellentie, den Minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, inhoudende het verzoek te willen bevorderen, dat in het leerplan van de hogere burgerscholen met vijfjarigen cursus B de Kosmographie van de 4<sup>e</sup> naar de 5<sup>e</sup> klasse verplaatst worde, aan welk verzoek door Zijne Excellentie is voldaan'.

In de huidige overgangssituatie moet die rol van de overheid op afstand nog uitkristalliseren: waarmee moet de overheid zich nu wel en niet bemoeien? En het onderwijsveld moet eraan wennen hoe het met die veranderende rol moet omgaan: hoe groot is de eigen beleidsruimte? In theorie is de rol van de overheid als volgt geregeld: de overheid faciliteert het onderwijs, de inhoud ervan wordt door de professionals, te weten de leraren en de scholen, binnen de beschikbare faciliteiten ingevuld. Daarbij stelt de overheid terecht als verschaffer van de middelen, immers de belastinggelden van alle burgers, kwaliteitseisen aan hoe het onderwijs die middelen uitgeeft. In de grondwet wordt van 'deugdelijkheidseisen' gesproken, zie Vermeulen (1999). Dat betekent dat de overheid, en via deze de landelijke politiek, zich wel degelijk ook met de inhoud van het onderwijs bezighoudt. Zo bemoeit men zich met de eindtermen van het basisonderwijs en van de basisvorming en met de eindexamenprogramma's van het voortgezet onderwijs. Maar in de praktijk ligt het niet zo eenduidig. Er is vrijwel geen beleidsterrein waar geen nadere afbakening tussen het betreffende deel van het onderwijsveld en de overheid hoeft plaats te vinden. Zonder naar volledigheid te streven noem ik in dit verband: het oplossen van het tekort aan docenten, het vorm geven van de vernieuwingen in het onderwijs, en het professionaliseren van de leraren.

In deze overgangsfase van vrijwel volledige bemoeienis van de overheid naar de rol van de overheid op afstand is het kader waarbinnen de afbakening moet plaatsvinden tamelijk strak vastgelegd. Het Nederlandse onderwijsstelsel is door de huidige regering min of meer onaantastbaar verklaard. Men vindt 'dat er rust in met name het voortgezet onderwijs moet komen'. Een gevolg is dat de implementatie van allerlei noodzakelijke inhoudelijke vernieuwingen zoals hiervoor beschreven, binnen dat stelsel uitgevoerd moeten worden. Je zou toch denken dat hier, net als overal elders, de vorm en de organisatie van het onderwijs de inhoud ervan zouden moeten volgen.

Een gevolg van de verklaring van onaantastbaarheid van het onderwijsstelsel is de dubbele positie van de theoretische leerweg in het vmbo. In feite is deze theoretische leerweg de opvolger van de voormalige mavo. Dat was een kwalitatief en kwantitatief zeer succesvol schooltype, zeker als je bedenkt dat het de opvolger is van de meest succesvolle schoolsoort in het Nederlandse voortgezet onderwijs ooit, namelijk de mulo. Zie Smit (2000). Als de theoretische leerweg binnen een school voor vmbo is gepositioneerd die uit een school voor vbo is voortgekomen, dreigt die leerweg te verdwijnen omdat die te weinig praktisch is. Is die leerweg als opvolger van de mavo in een scholengemeenschap met havo en vwo gepositioneerd, bloeit die juist vaak op.

De rol van de overheid op afstand betekent niet dat de overheid geen initiatieven zou mogen nemen, en ook niet dat de overheid bepaalde initiatieven niet zou kunnen ondersteunen. Gegeven de beperkte financiële middelen moeten daarbij keuzen gemaakt worden. Vanuit mijn leeropdracht zou ik op één terrein wat meer daadkracht willen, namelijk dat van het informaticaonderwijs in de bovenbouw van havo/vwo. Informatica is daar een keuzevak dat door ongeveer de helft van de scholen wordt aangeboden. Door middel van een tijdelijke overbrugging zijn de afgelopen jaren zittende docenten omgeschoold tot eerstegraads bevoegde informaticaleraar. Zie noot 1. Hoewel de overheid aangegeven heeft een reguliere eerstegraads lerarenopleiding te willen, worden vervolgens weer zoveel blokkades opgeworpen dat die lerarenopleiding praktisch weer heel moeilijk realiseerbaar wordt, zie Zwaneveld (2003, 2004b). Ik zou graag zien dat de overheid deze gelegenheid zou aangrijpen om ervoor te zorgen dat leraren met veel informaticakennis, dus bijvoorbeeld universitair geschoolde informatici, voor de klas komen. Een van de belangrijkste argumenten hiervoor is misschien wel de transformatie van Nederland naar een kennismaatschappij. Hubwieser (2000) wijst in dit verband nog op de volgende aspecten: de vloed aan informatie (het aantal internetdomeinen groeit exponentieel), de arbeidsmarkt (in Duitsland is sinds 1995 een groot deel van de beroepsbevolking direct of indirect in de ict/informatica, hier in brede zin opgevat, werkzaam), de economie (de wereldwijde

groei van de omzet in electronicagoederen) en de alomtegenwoordigheid van de micro-elektronica in beroep en privé-leven.

#### 2.4 Tekort aan bèta's

Belangrijke hedendaagse uitdagingen waarvoor het voortgezet onderwijs en daarmee ook de Nederlandse samenleving zich gesteld ziet, is het steeds verder teruglopende aantal abiturienten van havo en van vwo dat voor een bètastudie kiest (ondanks het feit dat bijna de helft van de vwo-leerlingen voor een van de twee exacte profielen kiest; voor havo is dit overigens slechts een kwart). Binnen een paar jaar zal deze problematiek nog versterkt worden door de uitstroom van zittende bèta's. Steeds duidelijker wordt dat voor een kennisintensieve samenleving als de Nederlandse het aantal afgestudeerde bèta's onder het minimumniveau dreigt te dalen. Ondanks alle plannen en projecten lijkt hierin nog geen kentering te komen. Wiskunde, als kern van alle bètavakken, zit in een extra lastig parket. Gevreesd moet worden dat havo en vwo de leerlingen minder goed kunnen opleiden, omdat in de voorgenomen wijzigingen van de tweede fase van havo/vwo het aantal beschikbare uren fors omlaag zal gaan. Voor het kernvak rekenen van het basisonderwijs geldt als extra probleem dat de leraren onvoldoende opgeleid van de pedagogische academies basisonderwijs, de pabo's, komen, zoals uit de recente visitatie blijkt, zie Visitatiecommissie Opleiding tot Leraar Basisonderwijs (2003). Ook voor het vmbo, met het grootste aantal leerlingen van het voortgezet onderwijs, is voor sommige leerlingen versterking van de technieksector van eminent belang en voor andere juist de versterking van de algemene vakken, waaronder rekenen/wiskunde en omgaan met informatie.

Ik sluit deze paragraaf af met een paar opmerkingen over waarop we moeten letten bij de verbetering van het onderwijs in de bètavakken en technische vakken. Het uitgangspunt moet een integrale benadering van deze problematiek zijn. Dat betekent dat we ons niet tot het primair of voortgezet onderwijs, dan wel tot een bepaalde schoolsoort moeten beperken, maar voor een 'ketenbenadering' moeten kiezen: verbetering van het onderwijs in de volgende ketens van 1 en 2 of van 1 en 3:

- 1 basisonderwijs met rekenen/wiskunde en techniek inclusief informatica
- 2 voortgezet onderwijs/vmbo met techniek inclusief informatica en rekenen/wiskunde
- 3 voortgezet onderwijs/havo-vwo met onderwijs in de bètavakken, inclusief wiskunde en informatica.

Daarnaast zullen we goed naar de inhoud van de verschillende betrokken vakken en hun onderlinge afstemming moeten kijken, weer integraal voor beide ketens. En tenslotte daarbij integraal betrekken 'het leren en onderwijzen in een digitale leeromgeving' als een van de mogelijke manieren om de wereld van buiten naar binnen de school te halen.

Bij deze integrale aanpak moeten de onderwijsgegenden nauw betrokken worden. Wie zorgt immers voor de sturing bij het leren? Tot het antwoord op de laatste vraag horen in ieder geval: het leerplan, de toetsing, de schoolboeken, de leraren, de school, de ouders en vast nog veel meer. Maar hoe je het ook wendt of keert: de leraar is de centrale figuur, die zorgt dat het leren op gang komt en tot resultaten leidt. Daarvoor, en dus ook voor de beoogde verbetering is een professionele leraar nodig.

### *2.5 Ruud de Moor Centrum*

De veranderingen in het onderwijsveld worden bepaald door de vernieuwingen in het leren en onderwijzen, het leren en onderwijzen in een digitale omgeving en de terug-tredende rol van de overheid. Voor het bètaonderwijs komt daar nog het dreigende tekort aan bèta's bij. Het is de taak van het Ruud de Moor Centrum om scholen, leraren (in opleiding, beginnend, dan wel zittend) en lerarenopleidingen in deze zich vernieuwende onderwijsomgeving te ondersteunen bij hun professionalisering. Meer in het bijzonder gaat het om het leveren van een kwalitatieve bijdrage aan het wegwerken van het (komende) lerarentekort. Het Ruud de Moor Centrum werkt bij de uitvoering van zijn taak nauw samen met scholen, lerarenopleidingen en leraren. Uit de positionering van het Ruud de Moor Centrum binnen de Open Universiteit Nederland mag terecht worden afgeleid dat genoemde ondersteuning veelal in de vorm van afstandsonderwijs zal plaats vinden. Ook zal er dus veel van ict gebruik gemaakt worden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het zeker niet uitsluitend om een vorm van afstandsonderwijs gaat. Er is eerder sprake van een optimaal mengsel van contact- en afstandsonderwijs. Dit wordt ook wel 'blended learning' genoemd. Het Ruud de Moor Centrum streeft ernaar de ondersteuning via ict zoveel mogelijk op de werkplek van de leraar te brengen. En die werkplek is vooral de school, maar voor een deel ook thuis. Ideaal gesproken levert dit een vorm van onderwijs op die als 'leren op de werkplek van de leraar' is aan te duiden, hier verder kortweg 'werkplekleren' genoemd (Stijnen, 2003). De ontwikkeling van een kennisbank wiskunde voor de eerste twee jaar van het voortgezet onderwijs (inclusief het vmbo) is een voorbeeld van een uitwerking hiervan. Ik kom in hoofdstuk 5 op deze kennisbank terug. Hier gaat het in eerste

instantie om (vak)didactische ondersteuning te bieden in brede zin, dus ook op het gebied van het inzetten van ict bij het onderwijs. Naast deze didactische ondersteuning heeft het Ruud de Moor Centrum nog drie programmalijnen die met werkpleklers te maken hebben. Een ervan ligt op het terrein van het begeleiden van leraren op de werkplek. Een tweede programmalijn biedt instrumenten aan waarmee leraren op de werkplek hun competenties als leraar kunnen meten en kunnen vaststellen hoe zij zich nog verder kunnen verbeteren. De derde programmalijn houdt zich in de meest brede zin bezig met de infrastructurele kant van het werkpleklers: de virtuele werk- en leeromgeving.

Voor zover het bij dit werkpleklers om leren op afstand met behulp van ict gaat, is er sprake van een onderwijsvorm die ook wel e-learning wordt genoemd. Hoewel er geen algemeen geaccepteerde definitie van e-learning is, sluit ik me graag aan bij de volgende: leren in samenwerking met behulp van een computernetwerk (Onderwijsraad, 2003). Bij e-learning hoort een toegesneden didactiek, die ook wel digitale of e-didactiek wordt genoemd. Dat e-didactiek iets eigenstandigs is, is, zoals gezegd, door Simons in zijn oratie (2002) uitvoerig betoogd. Maar wat goede e-didactiek is, is nog lang niet uitgemaakt. Van Merriënboer (2002) constateert dat de didactische kwaliteit van toepassingen van e-learning van een bedroevend laag niveau is. Broeksma (2004) beoordeelt elektronische leeromgevingen als vooral administratief en nog nauwelijks als didactisch.

Het Ruud de Moor Centrum rekent het nadrukkelijk tot zijn taak niet alleen via zijn projecten de (beginnende) leraren via werkpleklers te ondersteunen maar ook de e-didactiek van het onderwijs aan hun eigen leerlingen te stimuleren.

### 3 Wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs

In dit hoofdstuk gaat het om de volgende vraag: wat zijn de belangrijkste functies van het wiskundeonderwijs en het informaticaonderwijs in het voortgezet onderwijs? Daaraan voorafgaande volgt eerst een korte positionering van beide vakken in het voortgezet onderwijs.

#### 3.1 Positie van wiskunde en informatica in het voortgezet onderwijs

*Wiskunde* is als wetenschappelijke discipline en als schoolvak – in het basisonderwijs spreekt men van rekenonderwijs of van reken/wiskundeonderwijs – bovenmatig ontwikkeld met een goed ontwikkelde vakdidactiek. Dat wiskunde over een goed ontwikkelde vakdidactiek beschikt is begrijpelijk, want het gaat om zeer goed gedefinieerd domein. Wiskunde vindt bovendien in allerlei andere vakken en vakgebieden veel toepassing. Daarmee heeft wiskunde een centrale plaats in het onderwijs. In het basisonderwijs en in de basisvorming staat die centrale plaats niet ter discussie. Meer en meer spreekt men daar over ‘gecijferdheid’. Daarmee wordt niet alleen rekenen in enge zin bedoeld maar meer het omgaan en werken met numerieke informatie. Hierbij hoort ook het gebruiken van rekenapparatuur. Zie voor die gecijferdheid bijvoorbeeld Goffree & Oonk (2004). Op het punt van die gecijferdheid doet Nederland het internationaal gezien heel goed zoals uit een recent internationaal onderzoek bleek, zie Gille e.a. (2004). Zie in dit verband ook noot 3.

Ondanks die goed ontwikkelde vakdidactiek is wiskunde in het voortgezet onderwijs echter voor veel leerlingen een moeilijk en vaak saai vak. Dat moeilijke heeft alles te maken met een belangrijk kenmerk van wiskunde, namelijk dat het al gauw over abstracte zaken gaat. Door die centrale plaats en door het feit dat het door veel leerlingen moeilijk wordt gevonden is wiskunde bij vervolgopleidingen vaak een struikelvak. Het gevolg is dat wiskunde daar meer en meer tot een klein onderdeel van het opleidingsprogramma wordt teruggebracht of zelfs helemaal geschrapt. De sector techniek is hier meestal de enige gunstige uitzondering. Dit afnemende belang van wiskunde in vervolgopleidingen tast ook de centrale plaats van wiskunde in het voortgezet onderwijs aan. Zo gaan de urenaantallen voor wiskunde in de bovenbouw van havo en vwo bij de komende herijking van de tweede fase behoorlijk omlaag. Wiskunde deelt met andere technische en bètavakken het trieste lot dat maar heel weinig studenten het als vervolgstudie kiezen.

Als wetenschappelijke discipline begint *informatica* ontwikkeld te raken. Als schoolvak in het voortgezet onderwijs, althans in de bovenbouw van havo en vwo bestaat het sinds 1998. In het universitair en hoger beroepsonderwijs bestaat het al ruim dertig jaar. Voor een overzicht over de huidige situatie zie Hacquebard (2004). De didactiek van het informaticaonderwijs voor het voortgezet onderwijs is nog volop in ontwikkeling, ondanks het feit dat het van de ervaringen in het hoger onderwijs gebruik kan maken. Voor de ontwikkeling van de discipline informatica en de zoektocht naar een identiteit zie Mulder & Van Weert (1998).

Hoewel informatica maatschappelijk gezien meer en meer erkend wordt, is dat in het onderwijs nog lang niet het overal het geval. Zo biedt bijvoorbeeld slechts de helft van de scholen voor havo en vwo informatica in hun bovenbouw aan. Dat heeft voor een belangrijk deel te maken met het feit dat men niet precies weet wat informatica inhoudt. Vaak denkt men aan ict ofwel het vaardig kunnen omgaan met computers en de meest gebruikte programma's.

Doordat informatica als schoolvak nog maar zo kort bestaat, moet het vak nog een hele ontwikkelingsgang doormaken. Door de positionering als keuzevak dat afgesloten wordt met een schoolexamen, dus zonder centraal examen, heeft het een relatief lage status in het voortgezet onderwijs. Een dergelijke, enigszins marginale positie is niet bevorderlijk voor een snelle en goede schoolvakontwikkeling. Er zijn nog vele vragen over het informaticaonderwijs die om beantwoording vragen. Ik kom daar in dit en de volgende twee hoofdstukken op terug.

In tegenstelling tot wiskunde heeft informatica veel minder last van een te klein aantal studenten dat voor informatica kiest. Veel verontrustender is dat maar heel weinig van hen voor het beroep van leraar kiezen. Dit heeft natuurlijk alles te maken met het nog steeds ontbreken van een reguliere eerstegraads lerarenopleiding voor informatica.

De leerlingen vinden, zoals gezegd, wiskunde moeilijk en saai. Ze denken dat ze het niet kunnen en ze halen er (dientengevolge?) geen hoge cijfers voor. En toch wordt veel aandacht besteed aan allerlei aspecten van wiskunde waarvan op zijn minst de leraren denken dat die voor de leerlingen 'leuk' zijn, door de stof aan te bieden met behulp van echte praktijksituaties en echte problemen. Bovendien is er van oudsher heel veel vakdidactische kennis gebaseerd op degelijk vakdidactisch onderzoek dat op allerlei manieren, bijvoorbeeld via de lerarenopleidingen, maar ook via de schoolboeken, in de praktijk van het onderwijs een plaats heeft gekregen. Desondanks is het nog steeds niet echt florissant gesteld met het wiskundeonderwijs.

Een belangrijke functie van het schoolvak wiskunde is leerlingen gereedschappen, dat wil zegen begrippen en methoden, te leren die voor andere vakken noodzakelijk zijn.



En daarbij speelt steeds het modelleren van numerieke zaken, dat wil zeggen beschrijven in algebraïsche termen, een zekere rol. Men komt in het voortgezet onderwijs helaas onvoldoende toe aan het ontwikkelen van die algebrataal. Ik kom daar op terug.

Ook informatica heeft last van een negatief imago; misschien is 'verkeerd imago' hier een betere term. Doordat in veel huishoudens de computer een normaal verschijnsel is geworden, kinderen er van jongs af aan mee werken en ze er heel handig mee kunnen omgaan, bestaat de indruk dat een vak als informatica dat gaat over wat er aan concepten achter de computer zit, overbodig is. Verder wordt informatica sterk in de technische hoek geplaatst waardoor het vak, net als wiskunde, als moeilijk en saai wordt gepercipieerd. Informatica, zeker als schoolvak, houdt echter veel meer in. Het gaat over het werken met informatie, automatisering, communicatie, toepassen in bedrijfsmatige situaties, ontwikkelen van computerspelletjes.

Uiteraard zijn er bij het ontwerpen van een informaticaopleiding, dus ook bij het maken van een curriculum voor het schoolvak informatica, keuzes te maken: meer nadruk op de technische kant of juist meer aandacht voor de interactieve kant, dan wel voor de gebruikerskant. Hierbij spelen voorkeuren van de ontwerpers ongetwijfeld een rol. Mulder (2002) heeft betoogd dat het schoolvak informatica zo'n geïntegreerd mengsel van alfa- aspecten, bèta-aspecten en gamma-aspecten is, dat er van een vierde type discipline, die hij delta noemt, sprake is.

#### *Motiveren*

Voor beide vakken is een van de grootste uitdagingen het motiveren van de leerlingen. Motiveren om te gaan leren heeft te maken met het vooraf duidelijk maken aan de leerlingen wat zij aan dit leren kunnen hebben. En dan gaat het zowel om vrijwel onmiddellijk voordeel als om voordeel op termijn. Bovendien is het nodig aan te sluiten bij de eigen interesses van de leerlingen.

Naast dit inhoudelijk motiveren kunnen leerlingen ook gemotiveerd worden om tot leren over te gaan door de (aantrekkelijke) wijze waarop het onderwijs wordt gebracht. Ondanks het feit dat wiskunde en informatica in heel veel situaties, al dan niet expliciet, een rol spelen lukt het niet altijd goed om uit deze situaties voldoende motivatiegrond te halen. En voor het persoonlijk functioneren kunnen de leerlingen kennelijk met wat ze thuis (met en over de computer) en op de basisschool (bij het rekenen) hebben geleerd voldoende uit de voeten. Blijkbaar moet er meer gebeuren. Het bewuster binnenhalen van de wereld buiten, echt of gesimuleerd via een digitale leeromgeving, wiskunde en informatica inbedden in een breder terrein van vakoverstijgende leer- gebieden, zonder de aandacht voor de eigen, disciplinaire begrippen en methoden te

vergeten, kan misschien de motivatie van de leerlingen vergroten. Kortom: innovatie en consolidatie.

Een negatieve, persoonlijke ervaring kan ook voor leerlingen een goede aanleiding tot leren. Zo kan een keer benadeeld worden als het om omgaan met geld gaat, tot een toename in motivatie leiden echt goed te leren rekenen op de basisschool. En zo kan het tegen onbegrijpelijke foutmeldingen aanlopen bij het maken van een computer-programma in het kader van een profielwerkstuk in de bovenbouw van het vwo leiden tot het goed leren begrijpen van bepaalde informaticaconcepten.

#### *Relatie wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs*

De verschillen tussen wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs zijn groot: wiskunde heeft, zoals eerder opgemerkt, een lange traditie en een gevestigde plaats in het onderwijs, hoewel die plaats wat tanend is, zoals ook eerder is opgemerkt. Informatica als discipline heeft zich een plaats verworven, is weliswaar als schoolvak geaccepteerd, maar moet zich als schoolvak nog wel een stevige plaats verwerven. Zo'n plaats betekent volgens mij een volledige leerlijn voor leerlingen van 12 tot 18 jaar en een centraal eindexamen. Informatica moet nog een hele, inhoudelijke ontwikkeling doormaken, die wiskunde achter de rug lijkt te hebben. Bij wiskunde ligt de nadruk op het bètakarakter en een beetje op het gammakarakter – daar waar het om modelleren en toepassen gaat – terwijl informatica in de woorden van Mulder, zoals gezegd, een nieuwe deltadiscipline is. Bij wiskunde zijn de elektronische apparaten zoals de (grafische) rekenmachine en de computer louter hulpmiddelen – met de nadruk op 'hulp'; bij informatica is de computer niet alleen hulpmiddel maar, weliswaar in beperkte zin, ook object van studie. En, voor zover informatica in bètasfeer, dan wel de technische sfeer ligt, gebruikt zij wiskunde en dan met name discrete wiskunde.

In 1977 gaf Claus de volgende zeven verschillen tussen wiskunde en informatica en daarmee impliciet verschillen tussen wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs (en met instemming geciteerd door Schubert (2004) voor het voortgezet onderwijs):

- 1 Bij wiskunde gaat het om het denken in abstracte ruimten, terwijl het bij informatica gaat om het denken over processen die in de tijd na en naast elkaar verlopen.
- 2 Bij wiskunde worden de objecten van een dergelijke ruimte zelden op hun innerlijke structuur onderzocht, terwijl die innerlijke structuur (datastructuur) bij informatica een centrale plaats inneemt.
- 3 Bij informatica spelen vragen over de representatie van algoritmen, datastructuren die voor uitvoering en opslag van programma en gegevens noodzakelijk zijn, een overwegende rol, terwijl die bij wiskunde van ondergeschikt belang zijn.

- 4 Bij wiskunde zijn er nauwelijks beperkingen aan de objecten van onderzoek, informatica heeft voorkeur voor discrete structuren (waardoor wiskunde 'abstract' en informatica 'concreter' is).
- 5 Wiskundeonderwijs richt zich eerder op het individu, terwijl informatica veeleer het onderwijs op groepen richt in de vorm van projectonderwijs.
- 6 Informatici moeten in hun beroepsuitoefening veel meer over 'handmatige' vaardigheden beschikken, zoals omgaan met computers, verscheidene programmeertalen beheersen, enzovoorts, dan wiskundigen.
- 7 De effecten van de informatica betreffen de hele maatschappij en de individuele burgers, terwijl de gevolgen van de wiskunde hoogstens indirect via andere wetenschappen de openbaarheid bereiken.

Het is aardig om na te gaan hoe we hier tegenwoordig tegenaan kijken. De punten 2, 3 en 7 staan nog steeds overeind. Met name bij de punten 1, 4, 5, en 6, is er inmiddels in ieder geval voor wiskunde een duidelijke andere visie. Bij de punten 1 en 4 geldt in ieder geval dat de schoolwiskunde tegenwoordig veel concreter en dynamischer dan is in de jaren zeventig van de twintigste eeuw. Ten aanzien van punt 5 geldt dat ook bij wiskunde groepswork – wat meer is dan in een groepje aan dezelfde wiskundeopgave werken – meer en meer voorkomt. Wat de handmatige, lees: algebraïsche, vaardigheden bij wiskunde betreft, dus bij punt 6, heb ik hiervoor al opgemerkt dat die in de ogen van met name het exacte vervolgonderwijs onder een aanvaardbaar minimum aan het zakken zijn.

Moet in het wiskundeonderwijs of het informaticaonderwijs op school de structuur van de wetenschappelijke discipline van die vakken gevolgd worden?

Ik heb daar een duidelijke visie op: nee. Maar daarmee is nog maar heel weinig gezegd, want niemand kan ontkennen dat het schoolvak en de discipline veel met elkaar te maken hebben. Verder kan worden opgemerkt dat veel onderwijsgegenden mijn opvatting delen, maar ik heb op zijn minst de indruk dat men in de praktijk de consequenties van deze keuze niet of nog niet over de volle breedte durft te trekken.

### 3.2 Wiskundeonderwijs

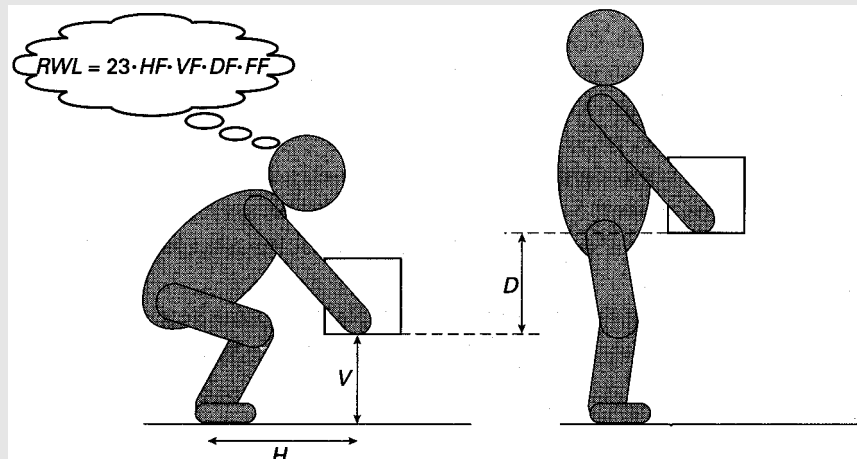
Voor mij is de kern van het wiskundeonderwijs dat de leerlingen leren dat problemen (van allerlei aard) opgelost kunnen worden (soms zelfs alleen maar) met behulp van wiskunde. Dat gebeurt door de achterliggende probleemsituatie te modelleren op meetkundige, algebraïsche, statistische wijze of door middel van een combinatie van deze. Vervolgens moeten zij leren om met behulp van wiskundige methoden binnen het model het gemodelleerde probleem op te lossen. Tenslotte moeten zij leren om de

modelmatige resultaten in de context van de probleemsituatie te interpreteren. In veel gevallen is daarvoor beheersing van de wiskundetaal onontbeerlijk maar in de praktijk kan voor veel leerlingen met een rekenkundige of eenvoudige meetkundige dan wel statische informele aanpak worden volstaan. Alvorens hier verder op in te gaan in paragraaf 3.3 volgt eerst een voorbeeld van modelleren en toepassen bij wiskunde.

*Voorbeeld (ontleend aan het eindexamen wiskunde A1 voor het vwo van 2001)*

*Arbeidsomstandigheden*

Het Amerikaanse National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) heeft een methode ontwikkeld om voor iedere tilsituatie het aanbevolen maximale tilgewicht *RWL* (Recommended Weight Limit) te bepalen. In figuur 4 is zo'n tilsituatie afgebeeld.



Figuur 1 een illustratie van een tilsituatie met de variabelen  $H$ ,  $V$  en  $D$

In figuur 1 is  $H$  de horizontale afstand in cm van de handen tot de enkels bij het begin van het tillen,  $V$  de verticale afstand in cm van het voorwerp tot de vloer bij het begin van het tillen en  $D$  de verticale afstand in cm waarover het voorwerp getild moet worden. Verder hangt de tilsituatie af van de tilfrequentie  $F$ . Dit is het aantal keren per minuut dat een voorwerp wordt getild.

De *RWL* (in kg) wordt berekend door 23 kg te vermenigvuldigen met een aantal reductiefactoren die afhangen van de afstanden *H*, *V*, en *D* van de tilfrequentie *F*. In een formule:

$$VF = \begin{cases} 1 + 0,003 \cdot (V - 75) & \text{voor } 0 \leq V \leq 75 \\ 1 - 0,003 \cdot (V - 75) & \text{voor } 75 \leq V \leq 200 \end{cases}$$

De reductiefactoren *HF* en *DF* hangen af van de afstanden *H* en *D* volgens de formules:

$$HF = \frac{25}{H} \text{ en } DF = 0,82 + \frac{45}{H}$$

De reductiefactoren *HF*, *VF*, *DF* en *FF* zijn allemaal kleiner dan of gelijk aan 1. Als *H* zo klein is dat *HF* volgens bovenstaande formule groter dan 1 zou zijn, wordt de formule voor *HF* niet gebruikt. In dat geval neemt men *HF* = 1. Hetzelfde geldt voor *D*: als *DF* zo klein is dat *DF* volgens bovenstaande formule groter dan 1 zou worden, wordt de formule voor *DF* niet gebruikt. In dat geval neemt men *DF* = 1.

De reductiefactor *FF* hangt af van de tilfrequentie *F*. Voor het verband tussen *F* en *FF* heeft men geen formule opgesteld. In plaats daarvan maakt men gebruik van de waarden in de volgende tabel.

frequentie <i>F</i> (aantal keren per minuut)	≤ 0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>FF</i>	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88	0,84	0,80	0,75	0,70	0,60	0,52	0,45	0,41	0,37

Volgens de NIOSH-methode wordt een tilsituatie veilig genoemd als het gewicht (in kg) van het te tillen voorwerp niet groter is dan de *RWL*.

In het betreffende eindexamen werd bij deze tilsituatie een aantal vragen gesteld. Wat in ieder geval opvalt is dat de examenkandidaten niet zelf hoefden te modelleren. Nu ligt dit voor een examensituatie ook niet erg voor de hand. Deze complexe en voor leerlingen geen echt herkenbare situatie leent zich ook niet voor zelf modelleren, althans zonder veel extra informatie en sturing. Wat dit voorbeeld in ieder geval duidelijk maakt is dat een wiskundig model ook in allerlei maatschappelijk relevante gebieden, zoals hier arbeidsomstandigheden, gebruikt wordt. Ook wordt duidelijk dat er verschillende vormen van modelleren zijn: met formules en tabellen. Wat echter

jammer is dat er geen vragen over de wijze van modelleren zijn gesteld. Zo had er bijvoorbeeld ingegaan kunnen worden op de vraag wat de grootst mogelijke waarde van de *RWL* is en wat dat in de praktijk betekent.

#### *De rol van de computer in het wiskundeonderwijs*

Het model opstellen is het belangrijkste, want het rekenen binnen het model kan aan de computer overgelaten worden. Die kan dat namelijk in veruit de meeste gevallen veel beter dan een mens. Veel methoden of technieken die op een wiskundige methode gebaseerd zijn, zijn inmiddels immers in software geïmplementeerd. Bij het werken met de computer hoort wel een competente houding: het doewerk is voor het apparaat, het denkwerk voor de mens. Die competentie moeten leerlingen in het wiskundeonderwijs verwerven. Ter completering van het beeld moet nog worden opgemerkt dat het leren opstellen van een model niet het enige is waar het in het wiskundeonderwijs omgaat. Het gaat natuurlijk ook om hoe de modellen in elkaar zitten en wat de eigenschappen ervan zijn.

#### *3.3 Informaticaonderwijs*

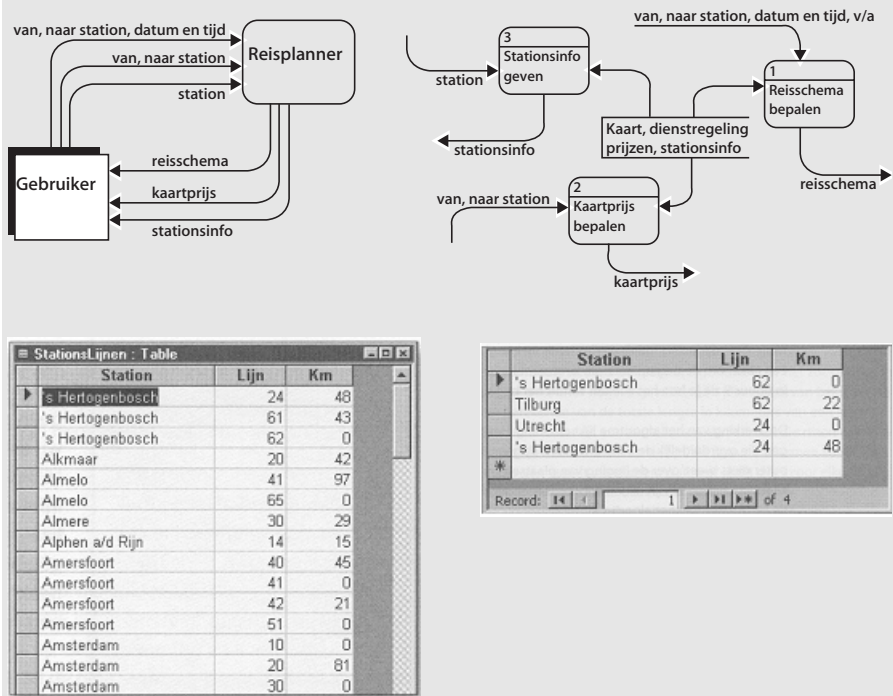
De kern van het informaticaonderwijs op school is voor mij dat de leerlingen leren dat achter het automatiseren en informatiseren met de computer een beperkt aantal concepten schuilgaat (het gaat dus niet om knoppen drukken): begrippen (informatie, automatisering, apparatuur, programmatuur, input/output, gegevensbank, enzovoorts), methoden (waaronder algoritmen), vaardigheden (zoals informatievaardigheden) en toepassingen (zoals dedicated applications, bedrijfsmatige toepassingen, technische toepassingen, spelletjes) en dat kan allemaal, zeker in het voortgezet onderwijs, zonder al te veel formele taal en daar zeker ook zonder al te veel aandacht voor de technische kant.

Ook dit wil ik met een voor iedereen die wel eens met de trein reist, herkenbaar voorbeeld illustreren.

*Voorbeeld (ontleend aan Informatica, theorieboek deel 1, Edu'Actief uitgeverij Meppel)  
Het plannen van een treinreis met behulp van de reisplanner van de Nederlandse  
Spoorwegen*

Er wordt uitgegaan van de werkwijze van iemand die (in het pre-computertijdperk) met behulp van het spoorboekje een reis plant. En die ook de informatie over de stations en de prijzen wil raadplegen. Vervolgens wordt beschreven hoe dat zoekproces met behulp van tabellen in de computer geautomatiseerd wordt tot het informatiesysteem dat de NS-reisplanner is. De hele beschrijving gebeurt vanuit de ontwerper/bouwer.

Daarbij worden gebruikt: schema's, afdrukken van computerschermen, zowel met betrekking tot de invoer- en de uitvoerkant voor de gebruiker als van de tabellen die de onderliggende gegevensbank representeren, structuurdiagrammen om het 'reken-proces' van de computer weer te geven, en de bijbehorende Java-programmaregels. In figuur 2 staan een aantal van deze 'beeldbepalers'.



Figuur 2 Voorbeelden van visualiseringen van informaticaconcepten achter de NS-reisplanner

Dit voorbeeld van de reisplanner illustreert dat bij informatica de concepten achter de computer voorwerp van studie zijn. Verder maakt dit voorbeeld duidelijk hoe de gebruiker van het te ontwikkelen informatiesysteem een centrale rol kan spelen door uit te gaan van de vragen waarop de gebruiker van het systeem een antwoord verwacht. Tevens worden de relaties tussen die verschillende vragen en antwoorden gevisualiseerd. Ook illustreert het dat het systeem gebruikt maakt van allerlei feiten die overzichtelijk in tabellen kunnen worden weergegeven. Bij de hier niet weergegeven opdrachten over het werken met de tabellen van de onderliggende gegevensbank speelt de computer als onderwijshulpmiddel een rol. Daarmee wordt duidelijk gemaakt dat de computer niet alleen het medium is om het resultaat van het systeem, de reisplanner, te benaderen, maar ook een hulpmiddel is bij dit stukje informaticaonderwijs.

Soms wordt gezegd dat de computer het overgrote deel van het werk kan overnemen, dus dat het onderwijs zich op het gebruik daarvan moeten richten. De vraag is dan: het maximale of het optimale gebruik?

Het minimale gebruik is niet aan de orde, daarover is iedereen het eens. Mijn antwoord is dat de computer of enig ander apparaat nooit het denken kan vervangen. (Maar zeg nooit nooit.) Het tekstverwerkingsprogramma Word is geen vervanging voor het schrijfproces, algemener: het omgaan met taal; de rekenmachine vervangt het rekenen niet; de computer is geen vervanger voor het omgaan met informatie om die tot kennis te verwerken.

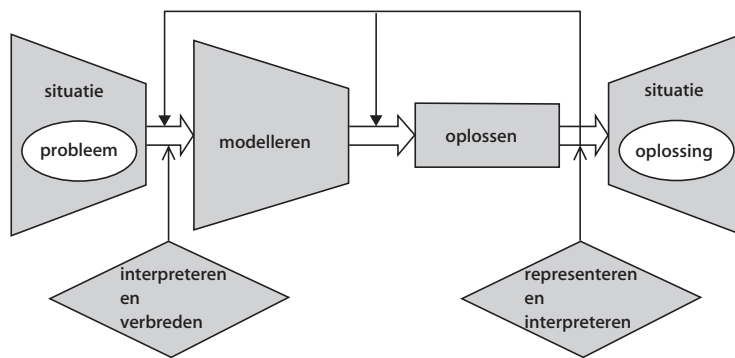
### 3.4 Modelleren en toepassen

Aan de twee gegeven voorbeelden is te zien dat wiskunde en informatica beide gaan over het modelleren van een situatie en wel zodanig dat op een generieke wijze problemen of vragen die in die situatie voorkomen, opgelost of beantwoord kunnen worden. Dat betekent, aansluitend aan het wiskundige voorbeeld, dat het niet gaat om het eenmalig bepalen of een bepaalde tilsituatie veilig is, maar het liefst dat van zoveel mogelijk tilsituaties bepaald kan worden of ze veilig zijn. En net zo, aansluitend aan het informaticavoorbeeld, om het beantwoorden van zoveel mogelijk vragen van mensen die een treinreis plannen.

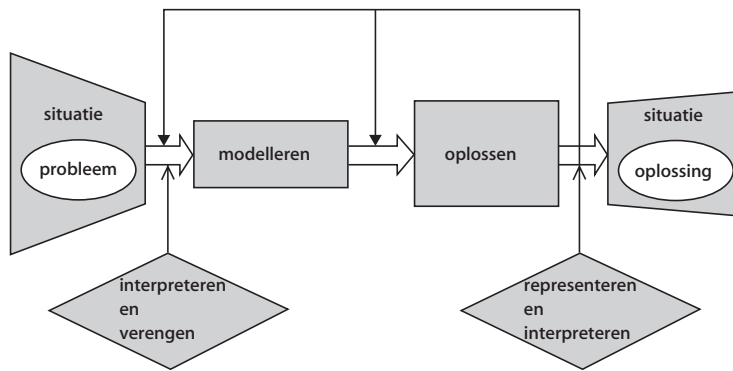
Aan wiskunde en informatica zitten derhalve bij het modelleren de volgende aspecten: een situatie met daarbinnen een bepaald probleem, de modellering van bepaalde aspecten van die context en van dat probleem, de oplossing van het gemodelleerde probleem en de confrontatie van de modelmatige oplossing met het oorspronkelijke probleem in zijn context. Deze aspecten worden na elkaar uitgevoerd, maar van elk aspect kan teruggesprongen (moeten) worden naar elk eerder aspect. Hoewel globaal gesproken deze benadering voor zowel wiskunde als informatica geldt, zijn er toch een paar essentiële verschillen. Bij de overgang van de situatie met een probleem naar de modellering worden situatie en probleem geïnterpreteerd. Bij het wiskundig modelleren gaat het er dan om zoveel (details) weg te laten, dat het model zich leent voor toepassing van wiskundige methoden. Er vindt een zekere verenging plaats. Bij informatica, waar het veelal om het ontwerpen en ontwikkelen van een systeem gaat dat de gebruiker nog allerlei gebruiksvrijheid biedt, moet bij de overgang van situatie met een probleem naar de modellering het model juist zo breed mogelijk gemaakt worden. Met eventuele verengingen die bijvoorbeeld uit technische beperkingen voortkomen moet pas zo laat mogelijk rekening gehouden worden. Bij de overgang van de oplossing terug naar de situatie met het probleem kan juist door een goed gekozen representatie



een verruiming plaats vinden. Voor beide vakken ligt die verruiming op het gebied van het toepassen: het model, de oplossing, wat uit het hele proces geleerd is, kan in andere situaties met hun problemen bruikbaar zijn. Voor informatica komt hier nog bij dat een zodanige representatie voor de oplossing wordt gekozen dat de gebruiker inderdaad nog allerlei gebruiksvrijheid heeft. In figuur 3 is een en ander voor wiskunde en informatica apart in beeld gebracht juist om de verschillen te accentueren. Bij wiskunde ligt verder de nadruk op het formele deel, dus het oplossen, bij informatica juist op het modelleren en representeren van de oplossing.



Figuur 3a Modelleren bij informatica



Figuur 3b Modelleren bij wiskunde

Over wat wiskunde en informatica als schoolvakken zijn of zouden moeten zijn, is nog veel meer te zeggen. Voor een deel ga ik daar in hoofdstuk 4 over de professionele wiskundeleraar en informaticaleraar verder op in.

### *Techniek*

Voor informatica wil ik aan het voorafgaande nog graag het volgende toevoegen. Bij het ontwikkeling van producten zijn de ontwikkelaars er steeds meer op uit de techniek 'onzichtbaar' te maken. Voor de producten van de informatica, informatiesystemen, geldt dat a fortiori. Waar in de jaren zeventig van de twintigste eeuw een computerbezitter op zijn minst in BASIC moest kunnen programmeren en de opslag van een programma of gegevens met een taperecorder op een cassettebandje moest gebeuren, is dat nu allemaal tot enkele muisklikken teruggebracht. Maar hierdoor worden twee risico's versterkt: men gaat zich steeds minder bekommeren om de achterliggende concepten en men gebruikt de techniek zo onbedachtzaam dat in ieder geval nu nog inherente gevaren – denk bijvoorbeeld aan privacy – sterk onderschat worden.

Vaak wordt nog over informatica gezegd dat de gebruiker niet hoeft te weten hoe informatica conceptueel in elkaar zit, naar analogie bijvoorbeeld van hoe elektriciteit als energiedrager in de huizen en gebouwen komt. Het verschil is dat elektriciteit slechts die ene, overigens zeer belangrijke functie van energiedrager heeft. Informatica daarentegen heeft zoveel verschillende functies die eerder al regelmatig belicht zijn, dat de gebruiker over een goed cognitief model ervan moet beschikken.

### *Wiskundetaal*

Een belangrijk aspect bij het wiskundig modelleren is de wiskundetaal, of nauwkeuriger gezegd de algebra. Ik kom hier terug op mijn eerdere opmerking dat niet iedereen de formele taal van de wiskunde hoeft te leren. De basis voor de wiskundetaal, het rekenen en de daarbij geldende regels als associativiteit, commutativiteit en distributiviteit, alsmede een goed inzicht in onze schrijfwijze van de getallen moet iedereen perfect beheersen. En als je tot de technische of bèta-experts wilt gaan behoren zul je vanaf zeg 12 jaar de wiskundetaal goed moeten leren inclusief het tot op zeker niveau perfect manipuleren van algebraïsche uitdrukkingen en het met de hand oplossen van vergelijkingen. Wil je een taal goed leren beheersen, dan moet je er immers op jeugdige leeftijd mee beginnen. Een consequentie hiervan is wel dat met name op havo en vwo de leerlingen die niet voor een exact vak kiezen hier wat ballast zullen moeten leren; dat kan alleen als hier wat tegenover staat. Een in mijn ogen noodzakelijke voorwaarde hiervoor is dat deze leerlingen goed gemotiveerd worden door de wiskundetaal in te bedden in wat ze al weten van het rekenen, de nadruk te leggen op gecijferdheid, duidelijk te maken wat het verdere, vakoverstijgende doel is, uit te gaan van aansprekende situaties en de leerlingen niet te overvragen. Ook moeten de leerlingen 'kennis als gereedschap' optimaal leren te gebruiken door 'activerend te leren'. En tenslotte moeten zij leren de beschikbare elektronische hulpmiddelen verstandig in te zetten.

Wat betreft het leren van de taal van de wiskunde kan goed worden aangesloten bij de fasering van disciplinair leren die Van den Bosch in zijn oratie (2003) onderscheidt. Het betreft de volgende, elkaar deels overlappende fasen: het leren van de (vak)taal en van de vakspecifieke methoden, de reflectie op de relevante processen, het zelf initiatief nemen en actief zijn. Dit zelf initiatief nemen en actief zijn zou ik voor wiskunde willen zien als het zelf modelleren van een situatie.

Als je niet tot die technische of bèta-experts gaat behoren is die taal niet echt noodzakelijk. Als je weet hoe het model (dat in de praktijk vaak betrekkelijk eenvoudig is: lineair of exponentieel) in elkaar zit, schakel je de computer in die de uitwerking voor je doet. Dat de computer dat doet met behulp van de wiskundetaal, blijft voor de gebruiker onzichtbaar. De communicatie met de computer kan plaats vinden met behulp van informele taal. Hierbij veronderstel ik dus dat er interfacesoftware is die dit leerling-vriendelijk regelt. Een mooi voorbeeld is de Java-applet Algebra-pijlen, zie de website van het Freudenthal Instituut. Weten hoe het model in elkaar zit veronderstelt wel dat je een algebraïsche uitdrukking kunt lezen en classificeren. Ook het resultaat van een bewerking op een uitdrukking, bijvoorbeeld omzetten in een tabel of een grafiek moet een leerling kunnen lezen en interpreteren. Het manipuleren van algebraïsche uitdrukkingen, los van een concrete context, kan dan achterwege blijven. Ik kan me heel goed voorstellen dat hiermee volstaan wordt voor vmbo-leerlingen die in een technische richting verder gaan. Als de vmbo-leerlingen de wiskundetaal niet langer hoeven te leren, zullen wel de eindtermen van met name de theoretische en de gemengde leerweg aangepast moeten worden.

Het is overigens zeer de vraag of door de komende urenreductie voor wiskunde in de bovenbouw van havo en van vwo aan dit leren modelleren kan worden toegekomen. Dat klemt des te meer, omdat het noodzakelijk is voor de verbetering van het bèta- en techniekonderwijs, wat weer noodzakelijk is voor het opheffen van het tekort aan bèta's.

Bij het begin van het leren van de wiskundetaal, ingebed in concrete situaties zal er nog nauwelijks of zelfs geen onderscheid gemaakt worden tussen werkelijkheid en model, zoals dat in figuur 3 is gedaan. Ik denk echter dat dit onderscheid pas zinvol gemaakt kan worden als de lerende aan de hand van activiteiten en door middel van reflecties daarop geleerd heeft, dat het op dit onderscheid gebaseerde strategisch stappenplan werkt, hoe hij het gebruikt heeft en het dus zowel een gereedschap als een begrip is.

*Schools versus buitenschools leren bij wiskunde en informatica*

Kunnen wiskunde en informatica de in het vorige hoofdstuk geschetste ontwikkeling van het zich vernieuwend leren verenigen met de expliciete aandacht voor buitenschools leren, en met leren en onderwijzen in een digitale leeromgeving? Of moeten zij voort blijven gaan op de toch wat traditionele wijze waarbij uiteindelijk het beheersen van de theorie, zich uitend in het kunnen maken van opgaven, het belangrijkste is? (Deze vraag geldt sterker voor wiskunde dan voor informatica.)

Als afsluiting van deze paragraaf geef ik u mijn visie op wiskunde en informatica ten aanzien van deze vraag. Informatica is een vakgebied dat zich met het ontwerpen van informatiesystemen bezig houdt die de individuele gebruiker intuïtief op de 'goede' manier gaat gebruiken, maar die de individuele gebruiker ook zoveel 'vrijheid' bieden dat hij het systeem naar zijn hand kan zetten. Hierbij moet de leerling inzicht in de context en de toepassing van het systeem hebben. Hiervoor is leren buiten de school onontbeerlijk. De meer theoretische concepten en de bijbehorende methoden, zoals het formaliseren, aspecten van de mens-machine-interactie, het gebruiken van schema's, prototyping, en dergelijke, lenen zich meer voor een schoolse benadering. De formele, voor velen moeilijke conceptuele kant van de wiskunde kan evenzo beter in school geleerd worden. Voor de toepassingsaspecten zou het veel beter zijn die niet op school via ogenschijnlijk echte, maar meestal verzonnen contexten van de 'contextrijke' wiskunde binnen te brengen, maar daarvoor echt in de praktijk te gaan kijken. Het blijkt namelijk heel moeilijk te zijn echte, realistische contexten die voor leerlingen overzienbaar en aansprekend zijn, binnen de school te presenteren. Daar staat tegenover dat de situaties van buiten de school vaak veel te complex voor de leerlingen zijn. Toch zal ook voor wiskunde vroeg of laat de stap naar buiten gezet moeten worden om de aansluiting daarmee weer tot stand te brengen. En tenslotte denk ik dat buitenschools wiskunde leren eerder van belang is voor de basisvorming en voor praktijkgerichte of beroepsopleidingen, dan voor de bovenbouw van havo en vwo.

*Conclusie*

Bij wiskunde gaat het om iets heel concreets: kennis hebben van en gebruik maken van de wiskundetaal om problemen uit een wiskundige of toepassingsgerichte situatie te beschrijven en op te lossen. Immers, wiskunde stopt niet op het moment dat leerlingen in concrete situaties hebben geleerd, mede op basis van hun eigen conceptconstructies en methodiekconstructies praktische problemen op te lossen. Wiskunde heeft haar eigen taal en wetten voor die taal, die overigens uitbreidingen zijn van de wetten en regels van het rekenen en het meten. Bij de overgang van het rekenen en het meten, de

basisschoolwiskunde, naar de schoolwiskunde van het voortgezet onderwijs met algebra, meetkunde en statistiek hoort een forse abstractiesprong, die naar mijn beste overtuiging door lang niet alle leerlingen tussen 12 en 16 jaar gemaakt hoeft te worden. Als die sprong gemaakt moet worden, kan dat het beste in een schoolse leeromgeving gebeuren. Maar dan wel in een zodanige leeromgeving, dat de relatie tussen de basisschoolwiskunde en de schoolwiskunde van het voortgezet onderwijs expliciet gemaakt wordt, zodat de leerlingen het nut van die overgang zien. Dat kan bijvoorbeeld bij het toepassen van wiskunde bij het oplossen van problemen, zodat zij vaardigheden ontwikkelen in het omgaan met de wiskundetaal die de schoolalgebra is. Want de leerlingen die in een vervolgopleiding met wiskunde te maken krijgen, moeten daar het omgaan met deze wiskundetaal zien als het toepassen van de syntax op algebraïsche uitdrukkingen zonder dat er aan die uitdrukkingen altijd een semantiek hoeft te worden toegekend. Uiteraard kan hierbij gebruikgemaakt worden van de voordelen van elektronische hulpmiddelen zoals grafische rekenmachine en algebraïsche en meetkundige software voor de computer. Janssens (2005) geeft hiervan een paar goede voorbeelden.

Mijn voorstel met betrekking tot de wiskundetaal is als volgt samen te vatten:

- § vmbo: geen algebraïsch, wel eenvoudige algebraïsche uitdrukkingen herkennen en classificeren, respectievelijk interpreteren als lineair of exponentieel, maar vooral tabellen en grafieken en het rekenwerk aan de computer overlaten met behulp van heel gebruikersvriendelijke software
- § havo/vwo-onderbouw: uiteraard wat hiervoor bij vmbo staat en bovendien niet te zuinig mee zijn met het manipuleren van algebraïsche uitdrukkingen; niet zo krampachtig aan de grafische rekenmachine vastzitten, want een leerling moet, net als iedereen die iets competent doet, zelf de keuze van het hulpmiddel kunnen maken: soms algebraïsch, soms numeriek met een apparaat, soms met en computeralgebra enzovoorts. Hiermee zeg ik eigenlijk niets bijzonders, want het meeste staat al in de huidige eindtermen voor wiskunde.

Voor informatica gaat het over het zoeken, vinden, beoordelen en verwerken van informatie op het internet om die te gebruiken bij het oplossen van problemen die men rond automatisering, informatisering en communicatie privé of in zijn beroepsuitoefening tegenkomt. Op een wat hoger abstractieniveau wil ik het als volgt formuleren: informatica in het voortgezet onderwijs geeft een beeld van welke onderwerpen en concepten een rol spelen in de informatie- en communicatietechnologie, met name op de drie genoemde gebieden van automatisering, informatisering en communicatie.

Daarenboven gaat het om de relaties daartussen, en om het inzicht in hoe daarmee in de praktijk wordt omgegaan. Daarbij ligt de nadruk op de gebruiker die niet alleen vlot met de aangeboden technologie moet kunnen omgaan, maar daarbij ook de risico's ervan ten aanzien van privacyaspecten en beveiliging moet leren inschatten en vooral de ruimte moet hebben om de aangeboden technologische oplossing naar zijn eigen hand te zetten. Zie bijvoorbeeld Schubert (2004), Crutzen (2000), Hubwieser (2000).

De hiervoor gegeven beschrijving van de situatie van het wiskundeonderwijs en het informaticaonderwijs roept de volgende vragen op:

- 1 Wat moet een leraar in deze vakken allemaal kennen en kunnen, of moderner geformuleerd; over welke competenties moet zo iemand beschikken?
- 2 Op welke wijze wordt ervoor gezorgd dat die (aanstaande) leraar die competenties verwerft?

Op de eerste vraag ga ik in het volgende hoofdstuk in. De tweede vraag komt in het vijfde hoofdstuk aan de orde.

## 4 Professionalisering van de leraar in het wiskunde- en informaticaonderwijs

In dit hoofdstuk komen de antwoorden op de twee vragen van het eind van het vorige hoofdstuk aan de orde. Als eerste komen de competenties van leraren en het opleiden van leraren op basis van die competenties in het algemeen aan bod. Dan volgt een toespitsing op de leraren wiskunde en informatica, alsmede op wat professionele wiskundeleraren en informaticaleraren over en weer van elkaar kunnen leren.

De tweede vraag aan het eind van het vorige hoofdstuk, hoe je een competente leraar wordt, heeft formeel een eenvoudig antwoord: voor het voortgezet onderwijs via een lerarenopleiding en voor het primair onderwijs via een pabo. Voor het leraarschap in het voortgezet onderwijs gaat het daarbij om vakinhoudelijke, vakdidactische en beroepsmatige competenties. Voor het leraarschap in het basisonderwijs ligt de nadruk op de beroepsmatige competenties, waarbij vooral aan de pedagogische competenties gedacht moet worden. Maar ook hier zijn er vakinhoudelijke en vakdidactische competenties, bijvoorbeeld die bij het rekenonderwijs horen.

Vooraf door het (dreigende) tekort aan leraren zijn er naast de standaardtrajecten van de lerarenopleidingen en van de pabo's allerlei alternatieve trajecten ontstaan, waarvan die voor de zij-instromers het meest opvallend zijn. De veranderingen in het onderwijs van de laatste jaren leiden er overigens ook toe dat het veld van het opleiden van leraren steeds diffuser wordt (zie noot 4).

Ook voor zittende leraren gaat er door de invoering van de wet op de beroepen in het onderwijs, de wet bio, het een en ander veranderen. In die wet zijn voor allerlei functies in het primair en voortgezet onderwijs *bekwaamheidseisen* aangegeven. Zie noot 5. Maar wat eigenlijk nog belangrijker is dat scholen bij het aannemen van nieuwe onderwijsmedewerkers moeten nagaan of de sollicitanten aan die eisen voldoen. Bovendien moeten de scholen voor al hun onderwijspersoneel ervoor zorgen dat het aan die bekwaamheidseisen blijft voldoen, bijvoorbeeld via (na)scholing. In feite staan die bekwaamheidseisen niet in de wet zelf, maar voor leraren wordt er verwezen naar de zeven competenties zoals die door het Samenwerkingsorgaan Beroepskwaliteit Leraren (SBL) in samenspraak met het veld zijn geformuleerd.

Er zijn nu een paar vragen: wat is, afgezien van de wet bio, het (maatschappelijk) belang van zo'n aanpak met generieke competenties, hoe zien de competenties eruit, en dan natuurlijk met name voor wiskunde en informatica, hoe zorgen we ervoor dat nieuwe

docenten die competenties verwerven en dat zittende docenten – voor zover ze deze competenties niet hebben – ze alsnog verwerven, en wie daarvoor moeten zorgen?

De eerste vraag naar het (maatschappelijk) belang wil ik, in navolging van Vermeulen (2003) als volgt beantwoorden. Het gaat om de kwaliteit van het onderwijs. Zoals ik hiervoor betoogd heb, wordt die voor het overgrote deel door de leraar bepaald. Het gaat om het innovatieve vermogen van het onderwijs. En dat moet versterkt worden in verband met overgang van de Nederlandse samenleving naar een kennismaatschappij, een overgang die veel omvattender en ingrijpender is dan de overgang van de economie naar een kenniseconomie.

Ook voor de vraag naar wie daarvoor moeten zorgen, zie ik maar één antwoord: beide doelen, kwaliteitsverbetering en vergroting van het innovatief vermogen, moeten we zelf, als mensen werkend in het onderwijs, realiseren.

De vraag naar hoe die competenties eruit zien komt kort aan de orde in de volgende paragraaf, de professionele wiskundeleraar en de professionele informaticaleeraar krijgen daarna hun eigen paragraaf. Op de vraag hoe beginnende en zittende leraren professionele leraren worden kom ik terug in hoofdstuk 5.

#### *4.1 De competenties van de professionele leraar*

Volgens de Stichting Beroepskwaliteit Leraren moet een leraar op zeven terreinen competent zijn. Dat wil zeggen dat hij over de nodige kennis, vaardigheden en attitudes moet beschikken om adequaat in de taaksituatie van leraar te kunnen optreden. Op het begrip 'competentie' ga ik hier niet in. Ik volsta met een verwijzing naar een uitvoerige discussie hierover in een studie die in opdracht van de Onderwijsraad is uitgevoerd door Van Merriënboer en anderen (2002). Zie noot 2.

In de SBL-competenties worden vier rollen van een leraar verwacht die hij voor vier 'doelgroepen' competent moet uitoefenen. De leraar moet zijn:

- 1 Interpersoonlijk competent
- 2 Pedagogisch competent
- 3 Vakinhoudelijk en vakdidactisch competent
- 4 Organisatorisch competent.

In de samenwerking met de volgende vier 'doelgroepen' moet hij laten zien dat hij over deze vier competenties beschikt:

Leerlingen

- 5 Collega's



6 Omgeving waaronder de ouders

7 Zichzelf: competent in reflectie en in ontwikkeling.

In feite gaat het hier dus om zestien competenties. Een leraar moet niet alleen interpersoonlijk competent, vakinhoudelijk en vakdidactisch competent, en organisatorisch competent zijn in de samenwerking met zijn leerlingen, maar ook in zijn samenwerking met zijn collega's, met zijn omgeving en met zichzelf. Maar voor de praktijk kan voor de samenwerking met de collega's, met de omgeving en met zichzelf volstaan worden met het samennemen van de vier rollen. Voor een nadere toelichting zie <http://www.lerarenweb.nl/sbl/>. De globale samenhang tussen deze zeven competenties zijn nu op de volgende manier te visualiseren, zie tabel 1.

Tabel 1 De zeven SBL-competenties

'Doelgroep' Overzicht competenties	Met leerlingen	Met collega's	Met de omgeving	Met zichzelf
Interpersoonlijk	1			
Pedagogisch	2			
Vakinhoudelijk en vakdidactisch	3	5	6	7
Organisatorisch	4			

Deze competenties zijn op typisch Nederlandse wijze tot stand gekomen. Er was een commissie met deelcommissies per onderwijssector, primair onderwijs, voortgezet onderwijs (beperkt tot vmbo en onderbouw havo/vwo) en bve-sector, voorbereidend hoger onderwijs (dat is de bovenbouw van havo/vwo), een uitvoerige raadpleging van de docenten in die drie sectoren en een bijstelling. Dat leidde tenslotte tot de definitieve vaststelling. Uiteraard, zou je bijna zeggen, is er kritiek. Het scherpst is die althans in het openbaar verwoord door Leo Prick op 31 januari 2004 in zijn wekelijkse column over onderwijs in de zaterdageditie van NRC-Handelsblad. Daarin betitelt hij de zeven competenties van SBL, althans de toenmalige voorstellen, als zeven lege hulzen. Met name fulmineert hij tegen wat er bij de vakinhoudelijke competentie staat. In zijn woorden: 'De toelichting erbij [bij vakinhoudelijke competentie] is alleszins indrukwekkend. Het betekent namelijk dat de leraar de toetsjes die de leerlingen krijgen voorgelegd kan uitleggen en zelf foutloos kan maken.'

Hoewel het op zijn minst opmerkelijk is dat vakinhoud en vakdidactiek als één competentie worden opgevat – want daarop is wel degelijk kritiek mogelijk –, is de kritiek van Prick (2004) toch een beetje karikaturaal. In de definitieve versie staat namelijk het volgende: 'De leraar in het voortgezet onderwijs en bve en het voorbereidend hoger onderwijs moet de leerlingen helpen zich de leerinhoud van een bepaald vak(gebied) of beroep eigen te maken en vertrouwd te raken met de manier waarop die in het

dagelijks leven en in het werk gebruikt worden.' Voor het voortgezet onderwijs en bve wordt dit vervolgd met: 'Ook helpt hij de leerlingen zicht te krijgen op wat zij in de samenleving en in de wereld van het werken kunnen verwachten'; en voor het voorbereidend hoger onderwijs: 'Bovendien moet hij zijn leerlingen introduceren in de kennis, principes, onderzoekswijzen en toepassingen van de wetenschappelijke discipline(s) waaraan het schoolvak gerelateerd is.'

'Een leraar die vak- of beroepsinhoudelijk en didactisch competent is, creëert een krachtige leeromgeving, onder andere door het leren in verband te brengen met realistische en voor leerlingen relevante toepassingen van kennis in beroep, verdere studie en maatschappij. Zo'n leraar

- § stemt de leerinhouden en ook zijn doen en laten af op de leerlingen en houdt rekening met individuele verschillen
- § bepaalt met de leerling diens (individuele) leertraject, waaraan voor het voortgezet onderwijs en de bve-sector wordt toegevoegd: met bijvoorbeeld mogelijkheden voor leren in en buiten de school en leren in de context van de beroepsuitoefening
- § motiveert leerlingen voor hun leer- en werktaken, daagt hen uit om er het beste van te maken en helpt hen om ze met succes af te ronden
- § leert de leerlingen leren en werken, ook van en met elkaar, om daarmee hun zelfstandigheid te bevorderen.'

En dan volgt nog een verdere uitwerking hiervan in bekwaamheidseisen en voorbeelden van de bijbehorende indicatoren. Al met al, in mijn ogen, een indrukwekkend pakket. Een dergelijk generiek stuk is voor alle onderwijsgevenden van een bepaalde sector bedoeld. Daarom kunnen er geen competenties met betrekking tot specifieke vakinhoud in staan. Waarom vakinhoudelijke en vakdidactische competenties onder één noemer zijn samengebracht, wordt – ik zei het reeds – niet duidelijk gemaakt. Een voor de hand liggende redenering is dat vakdidactiek altijd aan bepaalde vakinhoud gekoppeld is. Door dit samennemen wordt op zijn minst de indruk gewekt dat vakinhoudelijke competenties minder belangrijk zouden zijn. Het moge echter ook duidelijk zijn dat het beroep van leraar tegenwoordig zeer complex is en veel meer vereist dan het beschikken over voldoende vakinhoudelijke kennis.

Toch zijn er nog wel kritische kanttekeningen bij dit raamwerk en zijn uitwerking te plaatsen. De inzet van ict bijvoorbeeld wordt weliswaar in de lijst bekwaamheidseisen genoemd, maar slechts in een bijzinnetje: 'hij heeft kennis van (onderzoeksmatig) ontwerpen van onderwijs, didactieken en didactische leermiddelen, waaronder ict'.

Ik heb hopelijk duidelijk gemaakt, dat de professionele leraar anno 2005 bijvoorbeeld over uitstekende webcompetenties moet beschikken. Zie in dit verband ook het advies van de Onderwijsraad, [www.web-leren.nl](http://www.web-leren.nl), 2003, waarin onder andere wordt aanbevolen dat leerkrachten het web (leren) gebruiken, lerarenopleidende scholen, lerarenopleidingen en pabo's aanbevolen wordt het curriculum aan te passen om webcompetente leerkrachten op te leiden en aanbevolen wordt aan schoolleidingen en het ministerie van onderwijs, cultuur en wetenschappen nascholing van docenten ten aanzien van webcompetenties te stimuleren, respectievelijk te faciliteren. Ten aanzien van deze webcompetenties, algemener: didactische competenties met betrekking tot leren en onderwijzen met behulp van computers in een netwerk, is nadere uitwerking vereist. Daarbij komen vragen aan de orde als:

- § Wat is de verhouding tussen het contactonderwijs en het web-leren?
- § Wat is voor de leraren de verhouding tussen domeinspecifieke competenties, systeemcompetenties en webcompetenties?

Ik ga hier op deze vragen niet verder in. Maar het geeft mij wel aanleiding het volgende over informaticakennis op conceptueel niveau naar voren te brengen. Voor dit punt is naar mijn mening veel te weinig aandacht.

#### *Informaticakennis op conceptueel niveau*

De ontwikkelingen van de ict gaan zo snel dat niet volstaan kan worden met het leren van de computertrucjes ('knoppen bedienen'). Voor het verwerven van kennis is men steeds meer afhankelijk van via de computer gegenereerde informatie. Om daarover de baas te blijven moet men de concepten kennen. Daar komt nog bij dat programmatuur zo snel veroudert, dat de gebruiker ook daarom de concepten erachter moet kennen. Voor leerlingen, leraren, aanstaande leraren en lerarenopleiders is het dan ook noodzakelijk dat zij basiskennis hebben van de informaticaconcepten die aan de ict ten grondslag liggen. Voor de leerlingen geldt dit niet alleen in het geval zij een vervolgopleiding op dit terrein kiezen. Met de invoering van het keuzevak informatica in de tweede fase van het voortgezet onderwijs is een bescheiden begin gemaakt met het aanbrengen van informaticakennis op conceptueel niveau – ongeveer de helft van het aantal scholen biedt informatica aan, maar hier zal nog veel denkwerk en ontwikkelingswerk gedaan moeten worden. Daarbij moet rekening gehouden worden met het imago dat informatica heeft, namelijk dat het een vak voor 'nerds' is en dat het uitsluitend over computers gaat.

Het is de intentie van de wet op de beroepen in het onderwijs dat onderwijsgeevenden niet alleen bij het begin van hun loopbaan startbekwaam zijn, maar ook dat zij hun leven lang blijven leren zodat zij bekwaam blijven, of liever nog steeds bekwaamer worden. Zie ook noot 6. Bij de uitwerking van de manier waarop die doorontwikkeling van leraren kan plaatsvinden, gaat het om vragen als: hoe leert een leraar, wat zijn voorwaarden voor vernieuwing van zijn onderwijs, hoe breng je reflectie op het eigen functioneren op gang en ondersteun je dit zodat dit functioneren kan verbeteren, hoe leiden veranderingen van inhoud, didactiek en organisatie inderdaad tot verbetering? Het Ruud de Moor Centrum levert vanuit zijn taakstelling hier een bijdrage aan. Het doet dat met name door de ontwikkelde producten en diensten met behulp van ict bij de leraren op hun werkplek te brengen en die producten en diensten zo vorm te geven dat (beginnende) leraren gemakkelijk de aangeboden informatie, zoals voorbeelden, praktijkervaringen, theoretische achtergronden, tips, enzovoorts, en de mogelijkheden tot communicatie daarover in hun praktisch handelen kunnen incorporeren.

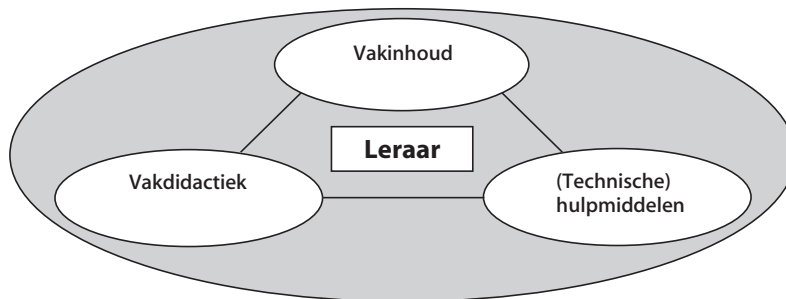
We moeten overigens onze ogen niet sluiten voor de problemen waarmee de leraar dagelijks op zijn 'werkvloer' geconfronteerd wordt: de grote werkdruk, orde houden, dat tegenwoordig eufemistisch klassenmanagement wordt genoemd, de regels van bovenaf, met name die van de schoolleiding, de lage waardering voor inzet en positie van de leraar, de geringe mogelijkheden die de leraar heeft om op een creatieve manier met vak en werk om te gaan. Voor oplossingsrichtingen zie Coonen (2005). Mijn antwoord voor de wiskundeleraar en de informaticaleeraar heb ik al in hoofdstuk 1 genoemd en dat wordt verder in dit hoofdstuk uitgewerkt: de leraar moet veel meer ontwerper van zijn onderwijs zijn en veel minder uitvoerder van onderwijs dat door anderen is ontworpen.

In de volgende paragraaf geef ik een nadere uitwerking van de hiervoor in algemene zin beschreven competenties voor de professionele informaticaleeraar en voor de professionele wiskundeleraar. In de afsluitende paragraaf ga ik in op de relatie tussen beide professies.

#### *4.2 De vakdidactische competenties van de wiskundeleraar en van de informaticaleeraar*

Ik richt mij bij de professionele competenties van de wiskundeleraar en de informaticaleeraar vooral op de vakdidactische competenties. Het uitgangspunt is dat de leraar dé persoon is die het leren aanstuurt en die de vernieuwingen in het leren in zijn onder-

wijs moet implementeren, rekening houdend met de veranderingen in de context van het onderwijs. Het gaat bij de professionele leraar om de combinatie van de componenten, zoals weergegeven in figuur 4.



Figuur 4 De centrale rol van de leraar

Tegenwoordig is de leraar veelal de uitvoerder van onderwijs, dat door anderen zoals de schoolboekauteurs, is bedacht. In mijn visie zal de professionele leraar zich meer en meer moeten ontwikkelen tot ontwerper én uitvoerder: 'baas over eigen onderwijs'. Ik kom nu op de volgende karakterisering van de professionele wiskundeleraar of informaticaleraar. Wat nu volgt is mede gebaseerd op een door een werkgroep van de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren gemaakt manifest (Bos e.a., 2004).

De professionele wiskundeleraar of informaticaleraar ontwerpt zijn wiskundeonderwijs respectievelijk informaticaonderwijs (afhankelijk van schoolsoort, niveau, doelstellingen, enzovoorts) door:

- § zorgvuldig de essentiële kernen van zijn onderwijs te selecteren, want lang niet alles hoeven alle leerlingen altijd paraat te hebben; met inzicht denksteuntjes bij die kernen te onderwijzen, die regelmatig te onderhouden, ze individueel te laten oefenen en te toetsen, het liefst met ict. Hierbij is de norm een parate beheersing van deze kernen van 100%.
  - o Hier is de rol van de leraar die van controleur en normbewaker. Dit geldt overigens sterker voor wiskunde dan voor informatica.
  - o Het gaat hier dus vooral over *wat* de leerlingen moeten weten.
- § grote(re) opdrachten individueel en in groepjes te laten maken, de groepjes te laten rapporteren over hun aanpak, waarbij zij verplicht zijn terug te kijken, te

- o reflecteren en lessen te trekken voor de volgende keer, zodat de leerlingen zowel een persoonsgebonden als algemene probleemaanpak kunnen ontwikkelen.
- o Dit is de rol van leraar als procesbegeleider of als coach.
- o En hier gaat het over *hoe* de leerlingen met hun kennis moeten omgaan.
- § de leerlingen als groep overzichten laten maken, samenhangen en abstracties te laten zoeken en expliciteren, in toepassingen onderliggende wiskundige of informatische kernen te laten opsporen. Zie ook Perrenet (2004).
- o De rol van de leraar hier is het actief leiden van het gesprek binnen de groep en de interactie met de groep.
- o Het betreft hier *waarom* de leerlingen iets moeten weten.
- § de leerlingen te laten rapporteren over gemaakte fouten en over hun eigen manier van werken, hun eigen kennis in kaart te laten brengen bijvoorbeeld door middel van kennisgrafen (Zwaneveld, 2004), ze privé-spiekbriefje te laten maken, hun toetsen te laten verbeteren en van commentaar te laten voorzien.
- o De leraar heeft hier de rol van bewaker om erop toe te zien dat het werk gebeurt en van individueel de resultaten nabespreken.
- o En hier betreft het wat de leerlingen moeten *weten over hun eigen weten*.
- § als *houding* te hebben dat er ruimte gegeven wordt aan eigen producties van de leerlingen, zoals werkstukken, profielopdrachten, geïntegreerde wiskundige activiteiten, projecten en dergelijke. Hij moet deze opdrachten stevig mee laten tellen en optimaal gebruik van ict daarbij stimuleren. Dit is bij uitstek de plaats waar expliciet aandacht aan het modelleeraspect van beide vakken gegeven kan worden.
- o Het betreft hier de rol van de leraar als degene die de leerlingen inspireert, taken selecteert, dan wel ontwerpt, en dat doet samen met zijn collega's – ook van andere vakken.
- o Voor de leerlingen gaat het hier over hun *motivatie om te leren*.

Uiteraard kan de leraar hierbij alle bestaande didactische hulpmiddelen die adequaat zijn inschakelen: computers, meer in het bijzonder het internet, schoolboeken, rekenmachines, fysieke modellen bij meetkunde, computersimulaties, enzovoorts. Misschien is ontwerpen van wiskundeonderwijs of van informaticaonderwijs een niet erg duidelijke karakterisering, want het suggereert dat de leraar bij nul zou moeten beginnen. Het gaat eerder om het arrangeren of 'meespelend' regisseren van onderwijsleersituaties. In het vervolg blijf ik de term 'ontwerpen' gebruiken.

Hoewel het een open deur is vermeld ik het hier toch expliciet: de leraar beschikt over een grote vakinhoudelijke kennis, zodat hij ruim boven de stof staat. En net zo beschikt hij over een uitgebreid repertoire aan didactische competenties. Die betreffen de hiervoor beschreven rollen. In meer specifieke zin gaat het om competenties op het terrein van het onderwijzen van begrippen: wat is de rol daarbij van contexten, voorbeelden, toepassingen? Bij het onderwijzen van wiskundige of informatische begrippen speelt niet alleen hun formele definitie een rol, maar ook de betekenis in 'gewoon Nederlands', ofwel 'wat moet de leerling zich erbij voorstellen?' De leraar moet in staat zijn didactisch de relaties te leggen tussen de betekenis in 'gewoon Nederlands', de betekenis in specifieke toepassingsgebieden en de formele definitie. Een voorbeeld is het begrip 'oneindig' dat in het Nederlands, in de wiskunde en bijvoorbeeld in de natuurkunde geen samenvallende betekenis heeft. Deze problematiek wordt nog verergerd doordat er begrippen zijn die in de wiskunde of de informatica echt een andere betekenis hebben dan in het Nederlands van alledag. Voorbeelden hiervan zijn begrippen als 'functie' en 'variabele'. Zie in dit verband Lakoff & Nunez (2004) die de relatie tussen wiskundige begrippen en de menselijke betekenis ervan vanuit de cognitiewetenschappen proberen te verhelderen. Zij betogen bijvoorbeeld dat *..., many mathematics educators consider the understanding of points as infinitely small discs – either zero or infinitesimal – as a 'misconception'. Yet this 'misconception' is a perfectly natural concept - indeed, an unavoidable one.*

Zowel in de wiskunde als in de informatica bouwen begrippen sterk op elkaar voort. Soms gaat het om verbijzonderingen van begrippen, soms om veralgemeningen. Om aanbiedingsvolgorde van deze begrippen goed te plannen – een typische onderwijsontwerptaak – en om goed te kunnen inspelen op de situatie dat leerlingen bepaalde noodzakelijke voorkennis missen, of om na te gaan of ze over die voorkennis beschikken, is het noodzakelijk dat de leraar kennis heeft van de doorlopende leerlijnen. Met andere woorden, hij moet de relaties kennen binnen de leerstof over de schoolloopbaan heen.

Deels als vakdidactische kennis, deels als pedagogische kennis moet de wiskundeleraar of de informaticaleraar weet hebben van leerprocessen. Het gaat hier dus niet alleen om hoe een leerling een begrip leert, de rol van visualiseringen en van simulaties daarbij, of hoe hij de leerlingen daarvoor kan motiveren, maar ook meer in het bijzonder om leerstijlen, de relatie leeftijd – leervermogen en het omgaan met verschillen op deze aspecten tussen individuele leerlingen.

Mede door de grote verschillen tussen leerlingen dient de wiskundeleraar of informaticaleraar meer in het bijzonder te weten hoe hij zwakke leerlingen toch aan de slag krijgt. Daarbij gaat het om kennis van hoe om te gaan met veel voorkomende leerlingfouten (pre- en misconcepties, weggezakte voorkennis), en vervolgens het diagnosticeren en remediëren ervan. Voor zowel wiskunde als informatica geldt dat hij een goed oog moet hebben voor het vaak negatieve zelfbeeld van meisjes ten aanzien van hun mogelijkheden voor deze vakken en hoe hij dat in voorkomende gevallen kan doorbreken.

*Samenvatting van de vakinhoudelijke en vakdidactische competenties van de informaticaleraar*

In het voorafgaande is al veel, soms impliciet, over de professionele informaticaleraar gezegd. Kort samengevat komt het hierop neer.

De professionele informaticaleraar ontwerpt onderwijs dat er op gericht is de leerlingen achter de ict te laten kijken, en wel zodanig dat zij – op hun niveau – processen kunnen automatiseren, zelf vaardige zoekers, vinders, beoordelaars en verwerkers van informatie worden, alsmede kunnen aangeven wat de mogelijkheden en onmogelijkheden van automatisering zijn, en dit alles doen met een scherp oog voor de bijbehorende communicatie, voor de toepassingen in opleidingen, beroepen en thuis en voor de rol van de gebruikers. Daarbij leert hij de leerlingen de samenhang tussen de verschillende onderwerpen te gaan zien. Daartoe is de leraar niet alleen zichzelf goed bewust van de doorlopende leerlijnen binnen het informaticaonderwijs. Hij maakt ze ook aan zijn leerlingen duidelijk. Hij gebruikt alle didactische hulpmiddelen zoals het schoolboek en de computer. Omdat het schoolvak informatica nog lang niet uitontwikkeld is betekent dit dat hij niet alleen ontwerper, maar ook ontwikkelaar is. In beide rollen zal hij regelmatig zijn resultaten moeten evalueren en op grond daarvan zijn onderwijs moeten bijstellen. Vragen waarop hij vooralsnog elke keer zelf het antwoord moet formuleren zijn die naar de relatie met de wetenschappelijke discipline informatica, de inbedding van informatica in de samenleving en de rol van de computer daarbij, dat wil zeggen zowel in zijn eigen onderwijs als in de samenleving. Hieronder volgen twee van zulke praktijkvoorbeelden.

*Voorbeelden van relevante situaties*

- § op het gebied van automatisering: het analyseren van het gedrag van een lift.
- § op het gebied van informatisering en communicatie: het boeken van vakantiereis met betrekking tot vervoer, verblijf en excursies.



Zoals al vaker gezegd is het schoolvak informatica nog lang niet af. Een van de vragen waarover nog veel discussie gevoerd zal worden is die naar het karakter van informatica in het voortgezet onderwijs: ligt de nadruk op alfa (taalaspecten), op bèta (logica, discrete wiskunde, techniek) of op gamma (gebruikers, context, ethiek en toepassingen)? Door informatica als een vierde disciplinesoort aan te merken wordt de vraag enigszins ontlopen, want het suggereert dat informatica een mix van alfa, bèta en gamma is. Uitgaande van de huidige drie bestaande schoolboekmethoden, Turing, Edu'Actief en Instruct, en aannemende dat informatica een profielkeuzevak in het profiel natuur en techniek wordt, ligt de nadruk op bèta en een beetje op gamma. Zo bezien is er op dit moment nog geen sprake van informatica als deltadiscipline.

*Samenvatting van de vakinhoudelijke en vakdidactische competenties van de wiskundeleraar*

Ook voor de professionele wiskundeleraar volsta ik met een samenvatting van wat over hem in het voorafgaande is gezegd.

Ook de professionele wiskundeleraar ontwerpt zijn eigen onderwijs, uiteraard met gebruikmaking van alle didactische hulpmiddelen die er zijn: schoolboek, bord, (grafische) rekenmachine, computer, internet. Een belangrijk onderdeel van het ontwerpproces is de wijze waarop hij denkt zijn leerlingen te kunnen motiveren door een uitgekende keuze van praktijksituaties, problemen, werkvormen, inzet van hulpmiddelen – weer boek, bord, computer en internet, toetsing. Een ander belangrijk onderdeel van het ontwerpproces is de aandacht voor de begripsontwikkeling waarbij hij de eigen begripsconstructie van zijn leerlingen weet te waarderen, dat wil zeggen op de juiste waarde te schatten, goed de op de hoogte is van de noodzakelijke voorkennis en bij ontbreken daarvan adequaat kan ingrijpen, en dat geldt ook bij misconcepties. Ook zorgt hij ervoor dat zijn leerlingen de samenhang tussen de begrippen en de op die begrippen gebaseerde methoden leren zien. Dit veronderstelt net als bij informatica dat hij zich steeds goed bewust is van de doorlopende leerlijnen. Hij hanteert als leidend beginsel bij het ontwerpen van zijn onderwijs dat zijn leerlingen leren problemen te modelleren en met behulp van de ontwikkelde kennis deze leren oplossen. Daarbij bevordert hij een onderzoekende houding bij zijn leerlingen. Hierna worden kort een aantal van relevante situaties opgesomd.

*Voorbeelden van relevante situaties*

- § de getallen als punten op een getallenlijn representeren: begripsvorming
- § de aarde als bol voorstellen; dit biedt aanknopingspunten voor uitbreidingen als kaartprojecties: toepassingen, meetkunde
- § bij gegeven omtrek de rechthoek met de grootste oppervlakte bepalen: modelleren, algebra, meetkunde
- § kookrecepten aanpassen al naar gelang het aantal personen: voortgezet rekenen, met name werken met het begrip evenredigheid, begin van modelleren
- § ontwerpen maken bijvoorbeeld voor het inrichten van een kamer: meetkunde
- § het aantal brildragers onder dertienjarige Nederlanders schatten: statistiek.

Ik wil deze paragraaf beëindigen met een paar opmerkingen over het moeilijkste onderdeel van het modelleren, namelijk het kiezen van de variabelen en het in een formule vastleggen van het verband daartussen. Ik denk dat het werken met een spreadsheet hierbij kan helpen. Een spreadsheet heeft als voordeel dat er tabellen gegenereerd worden waarbij kolommen variabelen representeren en waarin bewerkingen op cellen formules representeren. Het volgende voorbeeld, betreffende wiskundige modelvorming, kan dit verduidelijken.

*Voorbeeld*

De vraag is welke rechthoek met een omtrek van 20 de grootste oppervlakte heeft. Hieronder staat in cel A2 de omtrek en in cel B2 wordt de halve omtrek uitgerekend, dat is natuurlijk de som van de lengte en de breedte. In cel C2 staat een mogelijke lengte en daaronder zijn andere mogelijke lengten gegenereerd. In cel D2 wordt de bijbehorende breedte uitgerekend. En tenslotte wordt in cel E2 de oppervlakte berekend. Meteen is nu te zien dat de rechthoek met lengte en breedte 5, dus een vierkant, de grootste oppervlakte heeft. Voor de aardigheid is ook de grafiek van de oppervlakte, afhankelijk van de lengte, gemaakt.

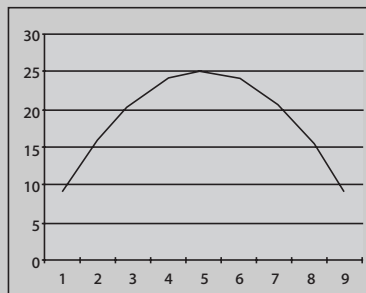
Formules treden op waar bewerkingen op cellen worden uitgevoerd:

- §  $B2 = A2/2$
- § de inhoud van de cellen C3 tot en met C10 via de formule  $C3 = C2 + 1$ , enzovoorts
- §  $D2 = \$B\$2 - C2$  (door de \$-tekens is B2 een constante in plaats van een variabele geworden)
- § de inhoud van de cellen D3 tot en met D10 via de formule  $D3 = \$B\$2 - C3$ , enzovoorts (eigenlijk door cel D2 te kopiëren en in de cellen D3 tot en met D10 te plakken)

§  $E2 = C2 * D2$

§ De inhoud van de cellen E3 tot en met E10 via de formule  $E3 = C3 * D3$ , enzovoorts (eigenlijk door cel E2 te kopiëren en in de cellen E3 tot en met E10 te plakken).

	A	B	C	D	E
1	omtrek	halve omtrek	lengte	breedte	oppervlakte
2	20	10	1	9	9
3			2	8	16
4			3	7	21
5			4	6	24
6			5	5	25
7			6	4	24
8			7	3	21
9			8	2	16
10			9	1	9



Figuur 5 Uitwerking in en spreadsheet van een modelleeropdracht

Voor de liefhebbers geef ik nog even de bijbehorende wiskundige formules. Na dit werken met een spreadsheet lijkt mij dat niet meer zo'n grote stap.

Noem de lengte van de rechthoek  $x$  en de breedte  $y$ , de oppervlakte noem ik  $A$ . Er geldt dan:  $2x + 2y = 20$  (de omtrek) en  $A = x \cdot y$ . De halve omtrek is dan  $x + y = 10$ , zodat  $y = 10 - x$  en  $A = x \cdot (10 - x)$ .

Waar het uiteindelijk allemaal omgaat is het denkproces en vervolgens het leerproces. Het denkproces heeft met het leren aanpakken van een probleem te maken. En dat denkproces is dan zo iets als: 'Het gaat om rechthoeken, die hebben een lengte, een breedte, een omtrek en oppervlakte. Ik weet de omtrek en ik moet toe naar de oppervlakte, dus moet ik iets over die lengte en breedte te weten komen. Uit de omtrek van 20 volgt dat die lengte en breedte samen 10 zijn. [Deze stap is het moeilijkste te bedenken. Die kan overigens gevonden worden door proberen in de spreadsheet.] Vervolgens kan ik een tabel maken met daarin de lengte en de breedte, en wel zo dat die samen 10 zijn. De oppervlakte kan ik vervolgens in een volgende kolom zetten.' Het leerproces, op basis van reflectie op dit denkproces, moet in ieder geval de volgende elementen bevatten: uit een van de gegevens (de omtrek is 20) de variabelen (lengte, breedte) en hun verband (som 10) halen en dat in kolommen in de spreadsheet representeren om vervolgens een kolom met het beoogde doel (oppervlakte) te genereren, waaruit het antwoord op de vraag kan worden gehaald (de grootste oppervlakte).

Hiervoor gaat het over de professionele wiskundeleraar, respectievelijk de professionele informaticaleraar. De nadruk lag hierbij op de overkomsten, de verschillen worden door de verschillende vakinhouden bepaald. De volgende vraag is nu: wat kan de professionele informaticaleraar van de professionele wiskunde leraar leren en andersom?

#### *4.3 Relatie tussen wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs*

In de volgende zes punten beantwoord ik de vraag aan het eind van de vorige paragraaf. Achtereenvolgend komen aan de orde: modelleren, abstraheren, met een gegeven model werken, begrippen onderwijzen, onderwijs ontwerpen en rekening houden met eindtermen. Ik beperk me hier nadrukkelijk tot het voortgezet onderwijs.

##### *Modelleren*

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven gaat het wat mij betreft inhoudelijk bij wiskunde en informatica in het voortgezet onderwijs om het leren modelleren en toepassen van de vakkennis en bijbehorende vaardigheden in het kader van het leren aanpakken en oplossen van problemen. Bij informatica betreft het dan het modelleren van objecten en processen die met de termen automatisering, informatisering en communicatie kunnen worden gekarakteriseerd. Dat moet zodanig gebeuren dat de verwerking ervan op computers of via netwerken van computers automatisch afgehandeld, dan wel ondersteund kan worden. Hierbij gaat het dus om ontwerpen, ontwikkelen en implementeren.

Bij wiskunde gaat het om het vastleggen van meestal numerieke objecten uit de probleemsituatie met behulp van variabelen en formules, zodanig dat de vragen uit de probleemsituatie met wiskundige methoden beantwoord kunnen worden. Hierbij gaat het om zaken als het oplossen van vergelijkingen, optimaliseren, interpoleren en extrapoleren. Ik zie dus weer af van meetkundig en statistisch modelleren.

Informatica heeft voor dat modelleren methoden, technieken en hulpmiddelen, zoals UML (Unified Modelling Language). Het is op zijn minst opmerkelijk dat wiskunde niet over dergelijke zaken beschikt, althans dat die in het onderwijs geen expliciete rol spelen. Op het punt van het onderwijs in het modelleren kan wiskunde nog iets van informatica leren.

##### *Abstraheren*

Modellen zijn abstracties. Dat wil zeggen dat modellen de werkelijkheid niet precies in alle details weergeven. Zij zijn een vereenvoudiging en geven alleen de essentiële zaken uit de werkelijkheid en hun onderlinge relaties weer. Hopelijk wordt er bij dat vereenvoudigen niet overgesimplificeerd of de werkelijkheid teveel geweld aangedaan.

In de werkwijze van informatica is nagaan of de juiste zaken op de juiste wijze in het model zitten een standaardwerkwijze. De opdrachtgever en de gebruikers wordt bijvoorbeeld gevraagd wat ze van een eerste ontwerp vinden. Bij wiskunde wordt een model vaak alleen beoordeeld vanuit de vraag: laat het model toe dat er bestaande wiskundige methoden op uitgevoerd kunnen worden? Soms wordt ook nog wel gekeken naar de reikwijdte van het model: wanneer is het model adequaat, wanneer niet (meer)? Omdat het bij wiskunde en informatica om het modelleren van verschillende soorten werkelijkheden gaat, zullen ook de onderwijskundige aanpakken niet het zelfde zijn. In zekere zin zijn de modellen bij informatica concreter dan die bij wiskunde. Juist om deze reden, het concretiseren van het geabstraheerde, kan wiskunde op zijn minst bij informatica te rade gaan of er toch niet wat te leren valt.

#### *Met een gegeven model werken*

Het resultaat van een modelleerproces, het model dus, is vaak een dermate abstracte weergave dat iemand die het modelleerproces niet zelf heeft uitgevoerd of heeft meegemaakt, er moeilijk mee kan werken. En in de onderwijspraktijk zal het zeker voorkomen, dat er een model wordt aangeboden in plaats van dat de leerlingen het modelleerproces zelf uitvoeren. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren in de context van het leren modelleren. Dat aangeboden model kan een kant en klaar model zijn waarmee meteen aan de slag gegaan kan worden. Het is echter ook mogelijk dat het model nog aangevuld of verfijnd moet worden. Bij wiskunde is er ervaring met het werken met een gegeven model, zie het voorbeeld van de tilsituaties waarbij het model gegeven is, in dit geval de formules om de *RWL* (Recommended Weight Limit). Bij informatica, waar het ontwerpwerk en het ontwikkelwerk vaak door verschillende teams wordt gedaan is hier ook ervaring mee. Maar zowel in de praktijk van wiskunde als van informatica, buiten het voortgezet onderwijs, zijn degenen die met het gegeven model aan het werk gaan al zeer bedreven in het lezen en interpreteren van modellen. De vraag is echter hoe je het modelleeronderwijs vormgeeft zodat de leerlingen als opstap naar het zelf leren modelleren, ook leren werken met door anderen ontwikkelde modellen. Dit is een voorbeeld een didactische vraag waarbij over en weer van elkaar geleerd kan worden.

#### *Begrippen onderwijzen*

Gedurende de lange traditie van wiskundeonderwijs is er veel vakdidactische kennis ontwikkeld. Er is ook veel onderzoek naar het leren van wiskunde gedaan, vooral omdat het om het leren binnen een goed gedefinieerd domein gaat. Als het over het leren van begrippen gaat is er veel bekend: het onderwijzen van begrippen vanuit een concrete context (Freudenthal, 1991), het onderwijzen van begrippen door middel van

oriënteren en exploreren van voorbeelden naar abstraheren waarvan uit expliciteren blijkt of die abstractie bereikt is (Skemp, 1971 en Van Dormolen, 1974), en het faseren van het leren van begrippen van min of meer concrete objecten, tot objecten die staan voor het geheel van hun eigenschappen en vervolgens tot het inbedden van objecten in een relationeel netwerken met ander objecten met hún eigenschappen (Van Hiele, 1973). Op dit punt kan het informaticaonderwijs met zijn nog korte traditie van het wiskundeonderwijs leren.

#### *Onderwijs ontwerpen*

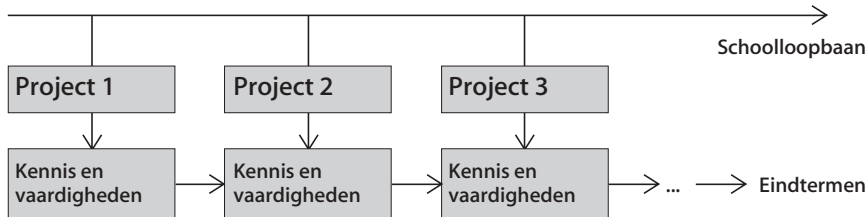
Informatica is een discipline die naast een theoretisch deel, vooral gekenmerkt wordt door de termen ontwerpen en ontwikkelen. Deze laatste twee activiteiten hebben een cyclische aanpak: ontwerpen en ontwikkelen leiden tot een prototype of een (eerste versie van een) systeem dat uitgetoetst wordt, geëvalueerd en bijgesteld. Informaticaleeraren hebben door hun kennis van het vakgebied deze manier van aanpakken en oplossen van problemen als een soort grondhouding meegekregen, althans dat mag worden aangenomen. Een dergelijke aanpak zullen zij ook hanteren voor het onderwijs in informatica, dat als schoolvak nog in de kinderschoenen staat, althans dat mag weer worden aangenomen. In het bijzonder heeft informatica door de wijze waarop systemen voor bedrijfsmatig gebruik worden ontworpen en ontwikkeld veel ervaring met projectwerk. In het informaticaonderwijs speelt projectwerk dan ook een prominente rol. Naar mijn verwachting zal ook bij wiskunde projectmatig werken door de leerlingen steeds belangrijker worden. Dat is nu al binnen het vmbo waar te nemen.

Op het punt van het zelf ontwerpen en ontwikkelen en op het punt van projectmatig werken kan het wiskundeonderwijs van informatica én van het informaticaonderwijs leren.

#### *Rekening houden met eindtermen*

De eindtermen en curricula van schoolvakken, voor een niet onbelangrijk deel afgeleid van de wetenschappelijke disciplines, bepalen in hoge mate de inhoud van het huidige onderwijs. Dat geldt zeker voor vakken met een centraal examen zoals wiskunde. Voor leraren die zelf hun onderwijs ontwerpen en ontwikkelen, waarbij ze rekening willen houden met de interesses en mogelijkheden van hun leerlingen, kunnen de eindtermen en curricula belemmerend werken. Dergelijk innovatief onderwijs kan bestaan uit het samen met de leerlingen definiëren van bijvoorbeeld een project om een interessante vraag op te lossen. Binnen het project wordt gemodelleerd en de vraag beantwoord. Noodzakelijke vakkennis wordt door de leraar met behulp van hulpmiddelen als het schoolboek en het internet ingebracht. Het is de taak van de leraar hierbij de projecten zo te definiëren dat de nieuw in te brengen vakkennis voor de

leerlingen overzichtelijk is en na afloop van het project geconsolideerd en onderhouden wordt. Dat consolideren en onderhouden betreft uiteraard alle relevante, in het project opgedane kennis. In figuur 6 is deze aanpak gevisualiseerd.



*Figuur 6 Projectmatig onderwijs in relatie tot de eindtermen*

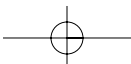
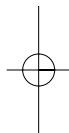
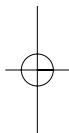
Het moge duidelijk zijn dat een dergelijke werkwijze veel van de leraar vergt. Ongetwijfeld zal er af en toe tijd gestoken moeten worden in het expliciteren van de kennis, het oefenen van de vaardigheden en het bewust maken van de samenhang. Wiskundeonderwijs kan hier mijns inziens veel van informaticaonderwijs leren.

#### *Conclusie*

Ondanks de vakinhoudelijke verschillen hebben wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs in het voortgezet onderwijs veel gemeenschappelijke doelstellingen: de leerlingen leren modelleren, toepassen, problemen oplossen. Voor wiskunde betreft het probleemsituaties met vooral een numeriek aspect, voor informatica kunnen de type problemen gekarakteriseerd worden met de termen automatisering, informatisering en communicatie. Beide vakken hebben elk op hun eigen manier en elk op een bepaald deelgebied daar kennis over opgebouwd. Zij kunnen dan ook over en weer van elkaar leren. Informatica kan van wiskunde veel leren op het gebied van het onderwijzen van begrippen, wiskunde van informatica op het gebied van modelleren, van onderwijs ontwerpen en ontwikkelen en van projectmatig werken.

De vraag is nu: hoe kan dit van elkaar leren geconcretiseerd worden? In het volgende hoofdstuk worden hier voorstellen voor gedaan.

Tot slot van dit hoofdstuk kom ik terug op de vraag hoe een leraar de beschreven competenties verwerft. In mijn visie gaat het om een gedurende gehele opleidingsberoepsloopbaan durend traject, dat gekenmerkt wordt door een voortdurende integratie van praktijkervaring, theorie en eigen handelen. De leraar stuurt dit traject. Hij wordt daarbij ondersteund door collega's van de eigen school, opleiders van de lerarenopleiding en mensen van expertisecentra als het Ruud de Moor Centrum.





## 5 Werkplan 2005 - 2009

Traditioneel is de taak van hoogleraren het verzorgen van onderwijs en het (leiding geven aan het) doen van onderzoek. Voor het Ruud de Moor Centrum is de primaire taak het ontwikkelen en implementeren van producten en diensten voor het onderwijs om (beginnende) leraren, onder wie zij-instromers, (verder) te professionaliseren. Het voert deze taak uit samen met deze leraren, scholen, lerarenopleidingen en andere kenniscentra. Als afgeleide van dit werk wordt praktijkgericht onderzoek gedaan. Kort samengevat gaat het hier om het over afzonderlijke disciplines heen produceren van kennis die in de onderwijspraktijk ontstaat doordat leraren, ontwerpers, ontwikkelaars, opleiders en onderzoekers nieuwe onderwijsconcepten ontwerpen, ontwikkelen, uitvoeren, evalueren, toetsen aan theoretische en ervaringskennis en daarover publiceren. Richtinggevend is daarbij het oplossen van problemen uit de onderwijspraktijk. Dergelijk onderzoek heeft vaak een ad hoc aanleiding en is vaak lokaal van karakter. Daar staat tegenover dat het maatschappelijk zeer relevant is. Globaal gesproken gaat het om zogeheten 'modus-2-onderzoek', zie onder andere Gibbons en anderen (1994). In dit hoofdstuk volgt een globale beschrijving van deze activiteiten voor zover zij betrekking hebben op mijn leeropdracht

Ik ben begonnen in hoofdstuk 1 met de volgende vragen.

- § Wat is een professionele wiskundeleraar?
- § Wat is een professionele informaticaleeraar?
- § Wat kunnen zij van elkaar leren?

De professionele leraar, dus ook die in wiskunde of informatica, ontwerpt zijn eigen onderwijs, uiteraard gebruikt hij alle daarbij dienstige hulpmiddelen, met name ook die uit het huidige digitale tijdperk. Onderwijs ontwerpen vereist een visie op doel en vorm van dat onderwijs. Dat onderwijs moet worden uitgevoerd, geëvalueerd, bijgesteld en opnieuw uitgevoerd. Hierbij is interactie met anderen (collega's en leerlingen) in combinatie met reflectie op het eigen handelen cruciaal. Daarbij dient ook theorie over leren en onderwijzen ingebracht te worden. Bij dergelijk onderwijs ligt de nadruk op vakinhoud, het schoolvak, de vakdidactiek, de algemene didactiek en de overige beroepscompetenties, zoals gevisualiseerd in figuur 7 die ik ontleen aan Barendsen en anderen (2004).



*Figuur 7 De vijf meest relevante competentiegebieden*

In de voorafgaande hoofdstukken zijn de volgende meer toegespitste vragen naar voren gekomen. De betreffende competentiegebieden uit figuur 7 zijn steeds aangegeven.

- § Hoe kunnen leerlingen het modelleren leren (vooral wiskunde; 1, 2, 3)?
- § In welke richting moet het schoolvak zich ontwikkelen (vooral informatica, maar ook wiskunde; 1, 2, 3)?
- § Hoe kunnen de informatievaardigheden van leraren vergroot worden (informatica; 4, 5)?
- § Hoe kan projectonderwijs vorm gegeven worden bij een vak met wel gedefinieerde eindtermen (vooral wiskunde; 3, 4, 5)?

Centraal bij het beantwoorden van deze vragen is de positie van de leerling: motivatie voor het leren, zijn inbreng bij probleemaanpak en probleem oplossen serieus nemen, rekening met houden met zijn mogelijkheden, keuzegedrag ten aanzien van technische of bètavervolgopleidingen, het gebruiken van digitale hulpmiddelen, enzovoorts.

Vanuit het Ruud de Moor Centrum zijn er een aantal projecten en activiteiten, waarvan sommige nog in de verkenningsfase zitten, die het mogelijk maken deze vragen te adresseren. Ik volsta er hier mee de projecten te noemen. In de bijlage staat een uitvoeriger omschrijving.

*Kennisbank wiskunde* voor het voortgezet onderwijs: doel is vooral vakdidactische kennis bij de (beginnende) leraar te brengen. Onderzoeksactiviteiten liggen op het vlak van leren modelleren, waarbij ervaringen vanuit informatica gebruikt kunnen worden.

*Rekenen in het primair onderwijs*: het gaat om vragen rond gecijferdheid en reken-didactische competenties.

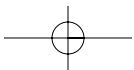
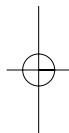
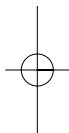
*Techniek in het vmbo*: hoewel een beetje een buitenbeentje past dit goed bij de activiteiten van mijn leerstoel. Het gaat met name om het keuzegedrag van meisjes ten aanzien van techniek en om het leren ontwerpen en ontwerpend leren.

*Informatievaardigheden*: doel is docenten op dit punt te scholen. Onderzoeksactiviteiten liggen op het vlak van de conceptuele onderbouwing.

*Didactiek van e-learning*: doel is het inrichten van een voor het leren van (beginnende) leraren adequate virtuele werk- en leeromgeving. Een mogelijke vervolgactiviteit is het ontwikkelen van een didactiek van e-learning, maar nu op leerlingen gericht.

*Schoolvakontwikkeling en vakdidactiek bij informatica*: in samenwerking met leraren-opleidingen het schoolvak informatica verder ontwikkelen.

Afsluitend zie ik het, globaal gezegd, als mijn taak inhoudelijke bijdragen te leveren aan de ontwikkeling van het onderwijs in het exacte domein. De nadruk ligt op wiskunde en informatica in vooral het voortgezet onderwijs, maar ik heb hopelijk duidelijk gemaakt dat ik me daarop niet uitsluitend richt.



## 6 Dankwoord

Dames en heren, de traditie wil dat een oratie wordt afgesloten met een dankwoord. Ik zal mij niet aan die traditie onttrekken. Om te beginnen bedank ik het College van bestuur van de Open Universiteit Nederland dat het deze leerstoel heeft ingesteld en dat het mij de eer heeft gegeven mijn loopbaan af te sluiten op deze leerstoel. Beste Fred Mulder, beste Thijs Wöltgens en beste Theo Bovens: mijn dank.

In mijn werkzame leven heb ik het voorrecht gehad een aantal keren gedurende een langere periode in een groep te werken van wie ik veel geleerd dat voor de uitoefening van het werk van dat moment van groot belang was. Maar ik heb weet zeker dat wat ik in die groepen heb geleerd op de een of andere manier ertoe heeft bijgedragen dat ik nu hier deze rede mag uitspreken.

Om te beginnen moet ik dan de sectie wiskunde van het toenmalige St.-Ignatius-college, eerst te Amsterdam en daarna te Purmerend noemen. Van jullie heb ik niet alleen geleerd een visie op wiskundeonderwijs te ontwikkelen, maar die visie ook om te zetten in het ontwerpen, ontwikkelen en uitvoeren – wat ook evalueren en bijstellen betekende – van concreet wiskundeonderwijs. Mijn dank gaat naar alle wiskunde-collega's van die school.

Aan mijn scholing in de didactiek van de wiskunde hebben velen een bijdrage geleverd, in het bijzonder: Joop van Dormolen en Harry Broekman die mij als 'jong broekie' opnamen in de didactiekcommissie van de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren die in de jaren zeventig van de twintigste de zogeheten a-, b- en c-cursussen over didactiek van de wiskunde voor alle zittende wiskundeleraren organiseerde. Nog meer in het bijzonder moet ik voor mijn vakdidactische scholing Pierre van Hiele noemen van wie ik het meest op theoretisch vlak over wiskundedidactiek heb geleerd.

Gedurende een groot aantal jaren heb in auteursgroep van Moderne wiskunde voor de bovenbouw van havo en vwo van de uitgeverij Wolters-Noordhoff met een groot aantal wiskundedocenten geprobeerd materiaal te ontwerpen en te ontwikkelen waarmee collega's voor de klas hun onderwijs konden verbeteren. Van die grote groep bedank ik vooral Jo Vaessens met wie ik nog steeds met enige regelmaat diepgaand over wiskundeonderwijs discussieer, Nol van 't Riet, Martinus van Hoorn, Douwe Kok, Wim Groen en Kees Hoogland.

Heel groot is mijn dank voor degenen die mijn promotieonderzoek mogelijk hebben gemaakt en mij daarbij begeleid hebben: Kasper Boon en Fred Mulder die als mijn leidinggevendenden zoveel vertrouwen in mij hadden dat zij mij daartoe in staat hebben gesteld, en Jan van de Craats en Anne van Streun als mijn begeleiders, van wie ik geleerd heb hoe je vakdidactisch onderzoek wetenschappelijk opzet en uitvoert.

Binnen de Open Universiteit Nederland werk ik sinds 1 april 2004 bij het Ruud de Moor Centrum, daarvoor vanaf 1 september 1986 bij de faculteit Informatica. Bij informatica heb ik geleerd wat het betekent om universitair afstandsonderwijs dat op het opleiden van ontwerpers is gericht, te ontwikkelen. Eigenlijk zou ik hier iedereen van die faculteit moeten noemen, maar ik volsta ermee de huidige decaan, René Bakker te noemen, in wie ik al die collega's van Informatica bedank.

Mijn kennis van informaticaonderwijs heb ik voor een groot deel bij de faculteit informatica opgedaan. Als het echter over het informaticaonderwijs in het voortgezet onderwijs gaat, ben ik veel dank verschuldigd aan de leden van de programmaraad van CODI, de leden van de begeleidingscommissie, het hoofd van het projectbureau en nog vele anderen die aan het succes van deze omscholing een bijdrage hebben geleverd. Vier mensen moet ik in het bijzonder bedanken: Betsy van Dijk, Jan Timmers met wie ik samen het dagelijks bestuur van CODI heb gevormd, Ineke Heil die als hoofd van het projectbureau voor alle uitvoeringszaken verantwoordelijk was en Anneke Hacqebard, de voorzitter van de begeleidingscommissie.

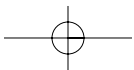
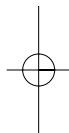
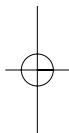
Heel veel dank ben ik verschuldigd aan de collega's van het Ruud de Moor Centrum met wie ik nu bijna een jaar samenwerk. Het is stimulerende groep met de uitstraling van de pioniers die het gaan maken. Ik heb het volste vertrouwen in de voortzetting van de samenwerking. Ik spreek dat voor iedereen uit in de richting van mijn collega-hoogleraren: Marc Vermeulen, Sjef Stijnen en Hubert Coonen.

Al sinds eind jaren zestig van de twintigste eeuw heb ik functionele samenwerkingsrelaties met mensen van het Freudenthal Instituut. Die contacten waren soms heel intensief en soms tijdelijk even helemaal weg. Toch zijn ze gedurende zo'n vijf en dertig jaar tot en met heden blijven bestaan. En steeds hebben ze tot een verrijking van mijn competenties geleid. Mijn dank daarvoor gaat uit naar veel medewerkers van het Freudenthal Instituut en die richt ik hier tot de hoogleraar-directeur: Jan de Lange.

Voor de inhoudelijke ondersteuning bij het schrijven van deze oratie gaat mijn dank uit naar Karel Kreijns, Marcel van der Klink, van het Ruud de Moor Centrum, en naar Evert van de Vrie, van de faculteit Informatica. Voor de opmaak van het boekje bedank ik Evelin Karsten-Meessen. Het goed verlopen van deze dag met symposium over trends in het wiskundeonderwijs en het informaticaonderwijs is vooral te danken aan de inzet van Mark Liedekerken, Agnes Borjans, Marianne Schins en Daniëlle Mayer.

En dan tenslotte wil ik hier graag uitspreken dat ik nooit zo goed terecht zou zijn gekomen, als ik daarbij niet de volle steun had gehad van mijn thuisfront. En dat bestaat uit Carla en onze kinderen Brechtje en Cas en zijn partner Rachel. Mijn grootste dank gaat derhalve naar jullie uit.

Meneer de rector, dames en heren, ik heb gezegd.





## Bijlage: projecten en afgeleide activiteiten

Achtereenvolgens bespreek ik kort de projecten en de afgeleide onderzoeksactiviteiten, in het bijzonder die op het raakvlak tussen wiskundeonderwijs en informaticaonderwijs.

### *Kennisbank wiskunde voor het voortgezet onderwijs*

Het meest gevorderde project is het ontwerpen, ontwikkelen en testen van een kennisbank wiskunde voor (beginnende) wiskundeleraren in het vmbo. Bij de kennisbanken die het Ruud de Moor Centrum ontwikkelt, gaat het primair om het via het internet bij de leraar brengen van vakdidactische kennis en secundair vakinhoudelijke achtergrondinformatie. Voor wiskunde heeft het projectteam gekozen voor wiskundige thema's die in de eerste twee jaar van het voortgezet onderwijs spelen. De nadruk ligt in eerste instantie op rekenen en (lineaire) verbanden. Naast het beschikbaar stellen van de relevante vakdidactische informatie gaat het ook om het ontwerpen van een navigatiestructuur over de gegevensbank met die vakdidactische informatie. In een later stadium zal de kennisbank ook met andere onderwerpen uit de eerste twee jaar van het vmbo en havo en vwo worden uitgebreid.

Dit project wordt uitgevoerd samen met de Educatieve Faculteit Amsterdam.

Aan het ontwerpen, ontwikkelen en implementeren van de kennisbank wiskunde voor de basisvorming binnen het vmbo zijn de volgende onderzoeksactiviteiten verbonden: Een bijdrage leveren aan het project van het Ruud de Moor Centrum waarin wordt nagegaan wat een goede structuur voor een dergelijke kennisbank is. Een belangrijk aspect hierbij is het e-didactisch aspect hiervan.

Een meer vakdidactische onderzoeksactiviteit bij deze kennisbank is het verwerven van inzicht in het leren en onderwijzen van het modelleren, het abstraheren en het zich eigen maken van een gegeven model bij wiskunde. Hierbij zal gebruik gemaakt worden van inzichten vanuit het informaticaonderwijs. Hierbij zal ook nagegaan worden in hoeverre leerlingen van het vmbo zonder de wiskundetaal toekunnen.

### *Rekenen in het primair onderwijs*

Op het gebied van het rekenen in het primair onderwijs lopen een aantal verkenningen die in de loop van dit jaar tot een project kunnen leiden. In willekeurige volgorde opgesomd gaat het om:

- § het definiëren van de competenties waarover een leraar basisonderwijs op het gebied rekenen moet beschikken door het identificeren van kenmerkende

beroepssituaties; samen met het Freudenthal Instituut en de Stichting Beroepskwaliteit Leraren

- § meewerken aan het uitbreiden van de website bij het tijdschrift Volgens Bartjens... tot een kennisbank op het gebied van het rekenonderwijs, samen met de Nederlandse Vereniging voor Ontwikkeling van het Reken en Wiskundeonderwijs, NVORWO; vervolgens kan deze website uitgebouwd worden tot een kennisbank op het gebied van rekendidactiek in samenwerking met pabo's en basisscholen
- § het ontwikkelen van een serie diagnostische toetsen waarmee mensen die overwegen leraar basisonderwijs te worden, via het internet kunnen nagaan hoe het met hun rekenvaardigheden, respectievelijk hun gecijferdheid staat, alsmede een aantal bijbehorende remediërende hulpprogramma's die eveneens via internet bestudeerd kunnen worden
- § samen met de genoemde NVORWO een opleidingsprogramma opzetten waarmee leraren basisonderwijs leren in een vorm van co-teaching met een collega eigen rekenconstructies van leerlingen in het basisonderwijs ten volle te benutten zodat deze leerlingen een beter inzicht in rekenen krijgen en afraken van het idee dat rekenen alleen maar het toepassen van feitjes en regeltjes is.

Het identificeren van kenmerkende beroepssituaties in het basisonderwijs op het gebied van het rekenen biedt de mogelijkheid om na te gaan in hoeverre deze leraren in staat zijn hun rekenonderwijs zelf te ontwerpen en te ontwikkelen.

Het meewerken aan de ontwikkeling van de website bij het tijdschrift 'Volgens Bartjens ...' en aan de uitbouw daarvan tot een rekendidactische kennisbank biedt de mogelijkheid onderzoeksactiviteiten op het gebied van digitale didactiek uit te voeren.

Bij het ontwikkelen van de serie diagnostische toetsen zal de effectiviteit van dit hulpmiddel worden nagegaan.

Het medeopzetten van een opleidingsprogramma rond co-teaching voor leraren in het basisonderwijs biedt een aantal aanknopingspunten voor onderzoeksactiviteiten. In de eerste plaats kan worden nagegaan of co-teaching een effectieve manier is om leerlingen tot dieper inzicht in rekenen komen door hun eigen rekenconstructies beter te benutten. In de tweede plaats kan onderzocht worden hoe het concept van co-teaching in de pabo ingepast kan worden.

### *Techniek in de basisvorming bij het vmbo*

De keuze voor exacte vakken en techniek is nog steeds een bron van zorg voor diverse groepen in de maatschappij. Het bedrijfsleven klaagt over een gebrek aan vakbekwame technici en de maatschappij als geheel heeft behoefte aan goed onderlegde burgers. Daarom moeten we geschikte leerlingen meer interesseren voor exacte vakken en techniek. We zullen ons beperken tot de theoretische en de gemengde leerweg van het vmbo, sector techniek. Er wordt een verkenning uitgevoerd die tot een ontwikkeltraject kan leiden. In die verkenning gaat het om het identificeren van situaties die van belang zijn voor het keuzegedrag van leerlingen ten aanzien van techniek. Met name zal hierbij aandacht besteed worden aan het keuzegedrag van meisjes. Het erop volgende ontwikkeltraject verloopt langs twee lijnen. Enerzijds kunnen de verworven inzichten gebruikt worden binnen de theoretische en de gemengde leerweg van het vmbo, bijvoorbeeld om de integratie tussen de algemeen vormende en de beroepsgerichte vakken te ondersteunen. Anderzijds kunnen de verworven inzichten in samenwerking met een of meer lerarenopleidingen en een aantal scholen voor vmbo gebruikt worden om de afstemming van de lerarenopleiding op de ontwikkelingen in het vmbo te verbeteren.

Bij het in dit project nog nader te definiëren ontwikkeltraject kunnen onderzoeksactiviteiten ondernomen worden op het gebied het leren ontwerpen van onderwijs: hoe moeten leraren worden voorbereid op lesgeven in geval van integratie van algemeen vormende vakken en beroepsgerichte vakken?

### *Informatievaardigheden*

Het internet is een steeds belangrijkere bron van informatie voor zowel leraren als leerlingen. Het internet is echter zo groot geworden dat het steeds moeilijker wordt om door de bomen het bos te zien. In dit project gaat het om het ontwikkelen van vaardigheden voor (aankomende) leraren en leerlingen om informatie via het web te zoeken, te vinden en te bewerken om beter gebruik te kunnen maken van de digitaal beschikbare kennis.

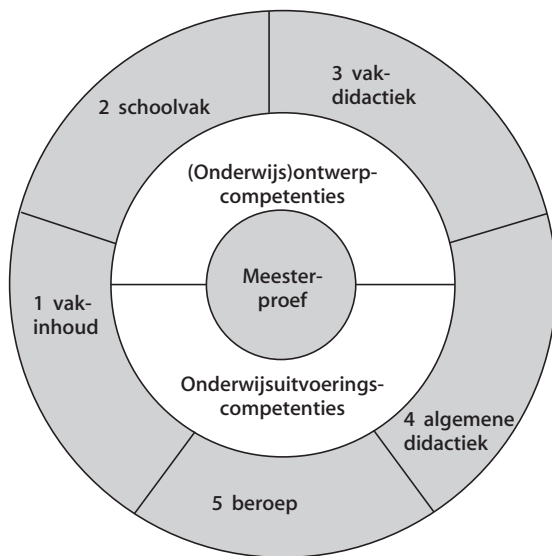
Aan dit project wordt een promotieonderzoek gekoppeld naar informatievaardigheden in het Nederlandse onderwijs. Samen met de faculteit Informatica van de Open Universiteit Nederland wordt een onderzoek gestart met speciale aandacht voor ict en informatievaardigheden. Met behulp van een aantal pilotscholen wordt een conceptuele basis gelegd voor informatievaardigheden in het onderwijs, omdat een gevalideerd implementatietraject ontbreekt.

### *Didactiek van e-learning*

De doelgroep van het Ruud de Moor Centrum bestaat uit de leraar in opleiding en de (beginnende) leraar. Het begeleiden van deze mensen vanuit hun leraaropleiding en meer en meer ook van uit de school gebeurt voor een deel door middel van e-learning. De begeleiders van deze leraren moeten competenties verwerven die betrekking hebben op het gebruiken en toepassen van ict bij het faciliteren van het leerproces van deze leraren. Daartoe moeten deze begeleiders zelf en de door hen begeleiden bereid worden om deze ict-hulpmiddelen daadwerkelijk in te zetten. Dit project beoogt een adequate virtuele werk- en leeromgeving voor deze situatie in te richten en daarbij nuttige innovatieve ict-tools beschikbaar te stellen, onder andere in de vorm van trainingen en workshops die face-to-face worden uitgevoerd. Een mogelijk vervolg op dit project is het mee verder ontwikkelen van didactiek van e-learning, maar dan speciaal gericht op leerlingen. De verwachting is immers dat ook in het voortgezet onderwijs, en op termijn ook het primair onderwijs, e-learning een steeds grotere plaats zal innemen. Digitale didactiek zal dan ook meer en meer tot het standaard didactiek-repertoire van de leraar gaan behoren.

### *Schoolvakontwikkeling en vakdidactiek bij informatica*

Een activiteit die al een aantal jaren geleden is gestart, als uitvloeisel van de omscholing van zittende eerstegraads leraren tot eerstegraads leraar informatica, is het ontwerpen van een eerstegraads lerarenopleiding informatica. In dat kader heeft een werkgroep, ingesteld door het Consortium Omscholing Docenten Informatica, zie noot 1, een ontwerpschets voor die eerstegraads lerarenopleiding informatica gemaakt (Barendsen e.a., 2004). De werkgroep heeft de competenties van een leraar, zoals geformuleerd door SBL als uitgangspunt heeft genomen. Daarbij heeft zij zich vooral gericht op de aspecten vakinhoud, schoolvakontwikkeling, vakdidactiek en algemene didactiek. Dat is dus een nadere detaillering van competentiegebied 2 van SBL. Dit opleidingsontwerp is gevisualiseerd in figuur 8 (Zwaneveld, 2004). De overige competentiegebieden van SBL zijn hier onder de overige beroepscompetenties samengebracht, maar niet verder uitgewerkt. Dit opleidingsontwerp voor een opleiding tot master of science in education (in informatica) lijkt tevens geschikt te zijn voor wiskunde.



Figuur 8 Ontwerpschets voor een eerstegraads lerarenopleiding informatica

Aan de toelichting bij dit ontwerp ontleen ik het volgende. Daarbij wordt tevens een aantal aanvullingen voor wiskunde gegeven.

De wetenschappelijke discipline informatica is nog volop in ontwikkeling. Het schoolvak informatica is, gezien zijn korte bestaan en gezien zijn bescheiden positie als keuzevak, eveneens nog volop ontwikkeling. Voor wiskunde geldt dat het om een gevestigd discipline gaat, maar dat wiskunde als schoolvak, gezien de veranderingen in leren en onderwijzen, deels opnieuw ontworpen moet worden. Tegen deze achtergrond ligt het voor de hand om de eindopdracht, de meesterproef, van deze lerarenopleiding te leggen bij het leveren van een bijdrage aan de ontwikkeling van het schoolvak of van de vakdidactiek. Deze opdracht in de vorm van een ontwikkelingsonderzoek vormt de *kern* van de opleiding.

De meesterproef betreft het ontwerpen, implementeren, evalueren en aanpassen van informaticaonderwijs of wiskundeonderwijs over een bepaald thema of onderwerp. Hierbij kan voor beide vakken ook gedacht worden aan relaties met andere schoolvakken, en voor informatica, als klein vak, aan relaties met andere scholen.

Vóór het uitvoeren van deze opdracht moet de aanstaande eerstegraads leraar hebben laten zien dat hij beschikt over: voldoende ontwerp-/onderzoekscompetenties, zowel vakinhoudelijk, als onderwijsinhoudelijk, en over voldoende competenties op het gebied van het uitvoeren van onderwijs. Dit vormt de *binnenste schil*.

De *buitenste schil* is bedoeld om de leraar in opleiding, waar nodig, de competenties te laten verwerven die vereist zijn om de competenties van de binnenste schil en de kern met succes te verwerven. Die buitenste schil bestaat uit de vijf genoemde competentiegebieden. Per individuele student kan de invulling van het studieplan verschillen, afhankelijk van eventueel eerder of elders verworven competenties. In noot 7 staat een nadere invulling van de vakinhoudelijke competenties voor informatica.

Uit CODI zal naar verwachting een bescheiden samenwerkingsverband rond mijn leerstoel voortkomen dat zich met name zal richten op de didactiek van het informaticaonderwijs, als die reguliere eerstegraads lerarenopleiding er ten minste komt. Onderzoeksactiviteiten op de volgende gebieden liggen voor de hand: het ontwerpen van onderwijs, het leren van begrippen in de informatica, het leren modelleren, het rekening houden met eindtermen bij onderwijs dat een sterke projectmatige aanpak kent.

*En verder*

Voor het onderzoek naar de vraag of het mogelijk is om ook voor wiskunde het onderwijs in projecten op te delen én daarbij toch basiskennis en basisvaardigheden te onderwijzen en te onderhouden, zullen de activiteiten, afhankelijk van partners en subsidie nader vastgesteld worden.

## Noten

1 Bij de invoering van de tweede fase, in de wandeling vaak het studiehuis genoemd, in 1998 werd informatica een keuzevak in de bovenbouw van havo en vwo met een afsluiting in de vorm van een schoolexamen. Ter voorbereiding hierop was er de vakontwikkelgroep onder voorzitterschap van drs. Anneke Hacquebard die de eindtermen voor dit schoolvak heeft gedefinieerd. De Commissie Docenten Informatica (CDI) onder voorzitterschap van prof. Dr. Ir. Fred Mulder heeft een ontwerp voor het scholen van zittende docenten tot eerstegraads bevoegde docenten informatica gemaakt. Deze scholing was bedoeld om snel over bevoegde docenten te kunnen beschikken. Op korte termijn zou er vervolgens een reguliere eerstegraads lerarenopleidingen bij de universiteiten komen. Aanvankelijk vond het ministerie van onderwijs, cultuur en wetenschappen het niet nodig om deze scholing op te zetten. Na veel druk was het ministerie hier dan wel toe bereid, maar met een behoorlijk beperktere omvang. Die omscholing is uitgevoerd door het Consortium Omscholing Docenten Informatica (CODI) waarin twaalf universiteiten en hogescholen samengewerkt hebben. Inmiddels heeft CODI ongeveer 350 docenten omgeschoold. Omdat deze omscholing een tijdelijke voorziening was, namelijk om de periode tot de komst van een reguliere eerstegraads lerarenopleiding informatica te overbruggen, heeft CODI vanaf het begin bij het ministerie op het instellen van die lerarenopleiding aangedrongen. Begin 2005 is de situatie zo dat weliswaar zes universitaire lerarenopleiding hun aanvraag gaan indienen, maar dat allerminst zeker is dat die er ook echt komt.

2 Het begrip 'competentie' wordt in de praktijk en de literatuur op vele wijzen gebruikt. Hier kies ik voor de volgende definitie:

*Een competentie beschrijft de kennis, ervaring, vaardigheden en persoonlijke eigenschappen die een persoon nodig heeft om in een beroepsomgeving te kunnen functioneren.*

Hoewel de definities en de nadere uitwerkingen uiteenlopen, zijn er gemeenschappelijke kenmerken (zie Van Merriënboer e.a., 2002) die in omschrijvingen van competenties voorkomen:

- § competenties zijn contextgebonden: competenties zijn *specifiek*
- § competenties zijn veranderlijk in de tijd; competenties zijn desondanks *duurzaam*
- § competenties zijn verbonden met taken en activiteiten: competenties zijn *op handelen gericht*
- § competenties staan in een bepaalde relatie tot elkaar: competenties zijn *onderling afhankelijk*.

3 In het PISA-onderzoek wordt steeds gesproken van wiskunde (mathematics) omdat internationaal gezien er geen onderscheid tussen wiskundeonderwijs en rekenonderwijs wordt gemaakt. Op grond van de vragen die openbaar zijn gemaakt, is er bij dit onderzoek eerder sprake van onderzoek naar de prestaties van de leerlingen op het gebied van gecijferdheid, dan op het gebied van wiskunde.

4 Globaal gesproken kon je tot de jaren zeventig van de vorige eeuw op twee manieren eerstegraads leraar worden: je werd doctorandus of ingenieur, of je deed mo (b), bijvoorbeeld in de wiskunde. Daarbij haalde je een aantekening voor pedagogiek en didactiek, zowel algemene didactiek als vakdidactiek, je hospiteerde bij een ervaren docent en op je getuigschrift werd vermeld dat je eerstegraads bevoegd was. Voor vakken als lichamelijke oefening, muziek, tekenen en handvaardigheid verliep het traject wat anders. Ik ga hier verder niet op in. De term 'eerstegraads' werd overigens nog niet gebruikt. Om leraar in het tweedegraads gebied te worden (ook de term 'tweedegraads'

bestond nog niet) waren er ook twee mogelijkheden: via de kweekschool met aanvullende akten of via een mo (a) studie. In de tamelijk eenvoudige situatie van het Nederlandse onderwijsstelsel van voor de invoering van de wet op het voortgezet onderwijs in 1968, beter bekend als de mammoetwet, en ook nog wel de eerste vijftien tot twintig jaar onder de mammoetwet, kon hiermee worden volstaan. Vóór de mammoetwet bestond het Nederlandse onderwijsstelsel uit het gymnasium vallend onder het hoger onderwijs, de hbs vallend onder het middelbaar onderwijs, de (m)ulo vallend onder het lager onderwijs, de ambachtsschool en het nijverheidsonderwijs en het overige beroepsonderwijs. Sinds 1968 is een en ander gestroomlijnd in het voortgezet onderwijs met vwo, havo, mavo, lbo (later vbo geheten) en mbo waaraan later naar Amerikaans voorbeeld het volwassenonderwijs is toegevoegd. Nu heet deze sector het beroeps- en volwassenonderwijs, de bve-sector. De opvolgingsrelaties tussen de onderdelen van het onderwijsstelsel van vóór de mammoetwet naar die onder de mammoetwet liggen voor de hand. De eerstegraads leraren gaven les op gymnasium en hbs, respectievelijk vwo en havo, de tweedegraads leraren op de mulo, respectievelijk mavo en algemeen vormende vakken van het lbo (vbo) en het mbo. De praktijklessen, vroeger op de ambachtsschool en in het nijverheidsonderwijs, later in het lbo (vbo) en het mbo, werden door mensen die uit de praktijk afkomstig waren, verzorgd.

Om eerstegraads leraar te worden veranderde er met de komst van de mammoetwet dus niet zoveel. Voor de opleiding tot eerstegraads leraar, gepositioneerd bij de universiteiten, werden aparte instituten opgericht, die veelal in samenwerking met de voor het vakinhoudelijke deel van de opleiding verantwoordelijke faculteiten, de eindverantwoordelijkheid voor die eerstegraads lerarenopleidingen kregen. Voor het tweedegraads gebied kwamen er de zogeheten nieuwe lerarenopleidingen (nlo's) die later werden omgevormd tot de tweedegraads lerarenopleidingen. Ze zijn gepositioneerd in het hbo. In deze relatief eenvoudige structuur van voor en onder de mammoetwet was de bevoegdheidsindeling met eerste en tweedegraads bevoegdheden redelijk adequaat. Maar vanaf halverwege de jaren tachtig van de vorige eeuw is het stelsel steeds complexer geworden. Bij havo/vwo is er een tweedeling gekomen in onderbouw en bovenbouw. Daarbij is de onderbouw tweedegraads gebied en de bovenbouw, sinds 1998 'tweede fase' geheten, eerstegraads gebied. De basisvorming is ingevoerd voor de hele leeftijdsgroep van 12 tot 14-15 jaar, en dat is helemaal tweedegraads gebied. De schoolsoorten mavo en vbo zijn tot vmbo gefuseerd. De differentiatie in functies in het onderwijs is gekomen – denk in dit verband aan de komst van klassenassistenten, onderwijsassistenten, schoolleiders die geen leraar meer zijn (en soms zelfs nooit geweest zijn). Recent zijn er de zij-instromers: mensen die via een opleiding op universitair of hbo-niveau vakinhoudelijk op niveau zijn en die op basis van een assessment in een combinatie met een baan als leraar een traject bij een lerarenopleiding of pabo volgen om pedagogisch en didactisch opgeleid te worden. Voor de uitvoering van dit traject wordt nauw samengewerkt met de school waar de zij-instromer werkt. Dit betekent dat ook scholen zelf een steeds belangrijker rol gaan spelen in het opleiden. Dit is een verschijnsel dat ook los van de zij-instromers steeds belangrijker wordt.

Tenslotte is er de invoering van de bachelor-masterstructuur. In het universitair onderwijs kunnen bachelors of arts, dan wel of science, dus mensen met een behoorlijke dosis vakinhoudelijke kennis via een tweejarige masteropleiding, master of science in communication and education worden, waarmee ze eerstegraads leraar zijn. Voor de tweedegraads lerarenopleiding is er door de invoering van de bachelor-masterstructuur niet veel veranderd.

- 5 In de wet bio zijn ook de termen eerstegraads en tweedegraads gebied veranderd. Het eerstegraads gebied heet het voorbereidend hoger onderwijs, het tweedegraads gebied het voortgezet onderwijs en de bve-sector. In deze oratie zijn nog de oude termen gebruikt.



6 In feite gaat het hier om de professionaliteit van de leraar. Over professionalisering bestaan een aantal opvattingen, zie Kwakman, 1999. Ik kies voor de benadering die uitgaat van een zekere autonomie voor de beroepsuitoefening, eigen standaarden, een intrinsiek waardensysteem, een door de samenleving gesanctioneerd prestige en een grote hoeveelheid gecodificeerde beroepskennis. Reflectie op eigen handelen is erg belangrijk. Professioneel handelen maakt adequaat reageren in onverwachte situaties mogelijk.

7 Voor informatica ontleen ik het volgende aan de ontwerpschets voor de eerstegraads lerarenopleiding informatica (zie Barendsen en anderen, 2005):

De toekomstige leraar moet in ieder geval op de volgende informaticadomeinen hooggeschoold zijn: op een niveau dat minstens vergelijkbaar is met dat van een bachelor (of science) in de informatica, maar liever nog op een hoger niveau. Deze bachelor (of science) in de informatica is het ijkpunt om eventuele deficiënties vast te stellen. Dit (hoge) niveau is noodzakelijk vanwege de aard van de eindtermen van het schoolvak en vanwege het feit dat zowel de discipline informatica als het schoolvak informatica nog volop in beweging zijn.

Deze informaticadomeinen zijn:

- software: programma's en algoritmieken
- gegevens: informatie- en kennissystemen
- hardware: machines en infrastructuur
- grondslagen
- (research en) development
- omgeving
- informatica als wetenschapsgebied.

Bij de eerste vier aspecten staan de fenomenen in het vakgebied (theorieën, methoden, talen, gereedschappen) centraal. De overige drie zijn meer overkoepelend: hierin zijn contexten, processen en activiteiten rond informatica (waarin elementen uit de eerste groep in samenhang worden ingezet) het uitgangspunt. De indeling sluit enerzijds aan bij de domeinindeling van het schoolvak informatica en anderzijds bij de classificatie die de gezamenlijke onderwijsdirecteuren hanteren om verschillende bacheloropleidingen Informatica met elkaar te vergelijken.

## Literatuur en webadressen

- Barendsen, E. en anderen (2004), 'Competenties eerstegraads leraren informatica', te verschijnen als working paper van het Ruud de Moor Centrum
- Bergervoet, P. en anderen (2001), *Informatica, Theorieboek deel 1*, Meppel: Edu 'Actief
- Bos, M. en anderen, (2004), 'Wiskundendidactiek anno 2005', Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren
- Bosch, H. van den (2003), *Van losse cursus naar kennismanagement*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Broeksma, H.C.E (2004), *E-nabling E-learning*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Brown, J.S., A. Collins & P. Duguid (1989), 'Situated Cognition and the Culture of Learning', in: *Educational Researcher*, 18-1
- Bunt, L.N.H. (1968), *Van Ahmes tot Euclides*, Groningen, Wolters-Noordhoff
- Claus, V. (1977), 'Informatik an der Schule: Begründungen und allgemeinbildender Kern', in: *Schriftenreihe des IDM* 15
- Collins, A, J.S. Brown & S.E. Newman (1989), 'Cognitive Apprenticeship: Teaching the Crafts of Reading, Writing, and Mathematics', in: Resnick, L.B. (ed.) *Knowing, Learning, and Instruction*, Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
- Coonen H.W.A.M. (2005), *De leraar in de kennissamenleving*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Crutzen, C. (2000), *Interactie, een wereld van verschillen*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Dormolen, J. van (1974), *Didactiek van de wiskunde*, Utrecht Oosthoek's Uitgeversmaatschappij
- Drijvers, P.H.M. (2003), *Learning algebra in a computer algebra environment*, Utrecht: CD-  
wetenschappelijke bibliotheek
- Freudenthal, H. (1991), *Revisiting mathematics education*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Gibbons, M. en anderen (1994), *The new production of knowledge*, London: SAGE Publications
- Gille, E. en anderen (2004), *Resultaten PISA-2003: praktische kennis en vaardigheden van 15-jarigen*, Arnhem: Citogroep
- Goffree, F. & W. Oonk (2004), *Reken Vaardig*, Groningen, Wolters-Noordhoff
- Hacquebard, A. (2004), 'Overzicht onderwijs en ict in Nederland' in: *Informatie* 46-8
- Hiele, P.M. van (1973), *Begrip en inzicht*, Purmerend: Muusses
- Hubwieser, P. (2000), *Didaktik der Informatik*, Berlin: Springer
- Janssens, D. (2005), 'Algebra, verloren zaak of uitdaging? Deel 3', te verschijnen in: *Euclides*
- Kamminga, M. (2004), 'Algebra, verloren zaak of uitdaging? Deel 1', in: *Euclides*, 79-8
- KNAW-klankbordgroep voortgezet onderwijs (2003), *Ontwikkeling van talent in de tweede fase*, Amsterdam: Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen
- Kwakman, K. (1999), *Leren van docenten tijdens de beroepsloopbaan*, Nijmegen: Katholieke Universiteit Nijmegen
- Lakoff, G. & R.E. Nunez (2000), *Where Mathematics Comes From*, New York: Basis Books

- Landelijk Overleg Lerarenopleidingen Basisonderwijs, (2004), *Koersen op meesterschap*, Den Haag:  
Landelijk Overleg Lerarenopleidingen Basisonderwijs
- Maassen, J. (2000), 'De vereniging en het tijdschrift', in: Goffree, F., M. van Hoorn & B. Zwaneveld (red.),  
*Honderd jaar wiskundeonderwijs*, Leusden: Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren
- Merriënboer, J.J.G. van (2002), 'De ontbrekende didactiek van e-leren', in: *Pedagogische Studiën*, 79-6
- Merriënboer, J.J.G. van, M.R. van der Klink & M. Hendriks (2002), *Van complicaties tot compromis*, Den Haag:  
Onderwijsraad
- Neer, R. van (1985), *Concentratie op school*, Tilburg: Zwijsen
- Mulder, F. & T. van Weert (1998), 'Towards informatics as a discipline: search for identity', in: Mulder, F. & T.J.  
van Weert (eds), *Informatics in higher education: Views on informatics and non-informatics curricula*,  
Proceedings IFIP/WG3.2 Working Conference, Lonon: Chapman & Hall
- Mulder, F. (2003), 'Informatica: van BËTA- naar DELTA-discipline', in: *TINFON*, 11-2
- Onderwijsraad (2003), *www.web-leren.nl*, Den Haag: Onderwijsraad
- Perrennet, J., J.F. Groote & E. Kaasenbrood (2004), 'Denkniveaus bij algoritmen', in: *TINFON* 13-4
- Prick, L. (2004), 'Zeven lege hulzen', in: *NRC*
- Simons, R.J. (2002), *Digitale didactiek: hoe (kunnen) academici leren ICT te gebruiken in hun onderwijs*,  
Utrecht: Universiteit Utrecht
- Skemp, R.R. (1971), *Psychology of learning mathematics*, Harmondsworth: Penguin Books
- Smid, H.J. (2000), 'Wiskundeonderwijs op bijna vergeten scholen', in: Goffree, F., M. van Hoorn & B.  
Zwaneveld (red.), *Honderd jaar wiskundeonderwijs*, Leusden: Nederlandse Vereniging van  
Wiskundeleraren
- Resnick, L.B. (1987), 'Learning In School and Out', in: *Educational Researcher*, 16-9
- Sanden van der, J.M.M. (2004), *Ergens goed in woorden*, Eindhoven: Fontys Hogescholen
- Schubert, S. & A. Schwill, (2004), *Didaktik der Informatik*, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- Stevens, L. en anderen (2004), *Zin in school*, Amersfoort: 2004
- Stijnen, P.J.J. (2003), *Leraar worden: 'under construction'*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Streumer, J.N. & M.R. van der Klink (1997), 'Breed gekwalificeerd door werkend leren?', in: Jong, J.H.J. de &  
W.C.L. Robroek (red.), *Leren en werken in het gezondheidszorg onderwijs*, Houten/Diegen: Bohn Stafleu  
Van Loghum
- Streun, A. van (1989), *Heuristisch wiskundeonderwijs, verslag van een onderwijsexperiment*, Groningen:  
Rijksuniversiteit Groningen
- Taakgroep Vernieuwing Basisvorming (2002), *Beweging in de onderbouw*, Zwolle: Taakgroep Vernieuwing  
Basisvorming
- Vermeulen, B.P. (1999), *Constitutioneel onderwijsrecht*, Amsterdam: Elsevier
- Vermeulen, M. (2003), *Een meer dan toevallige casus*, Heerlen: Open Universiteit Nederland
- Visitatiecommissie Opleiding tot Leraar Basisonderwijs (2003), *Moed tot meesterschap, deel II en deel III*,  
Den Haag: HBO-raad
- Wansink, J.H. (1971), *Didactische oriëntatie voor wiskundeleraren I*, Groningen: Wolters-Noordhoff

- Wijers, M. & S. Kemme (2004), 'Pannenkoeken bakken met je wiskundedocent', in: *Nieuwe Wiskrant*, 24-1
- Zwaneveld, G. & J. Van Dormolen (1977), *Handelen om te begrijpen*, Utrecht: Instituut Ontwikkeling  
Wiskunde Onderwijs
- Zwaneveld, B. (1999), *Kennisgrafien in het wiskundeonderwijs*, Maastricht: Shaker publishing
- Zwaneveld, B. (2003), 'Eerstegraadslerarenopleiding informatica: stand van zaken', in: *TINFON*, 12-4
- Zwaneveld, B. (2004a), 'Algebra, verloren zaak of uitdaging? Deel 2', in: *Euclides*, 80-2
- Zwaneveld, B. (2004b), 'Leraren opleiden', in: *TINFON*, 13-3

Over competenties:

<http://www.lerarenweb.nl/sbl/>

Over informaticaonderwijs:

<http://www.informaticavo.nl/>

Over wiskundeonderwijs:

<http://www.fi.uu.nl>

<http://www.nvww.nl>

## Colofon

### *Uitgave*

Open Universiteit Nederland  
Ruud de Moor Centrum voor professionalisering van onderwijsgeven  
den maart 2005

Open Universiteit Nederland

### *Bezoekadres*

Valkenburgerweg 177  
6419 AT Heerlen  
telefoon 045 - 576 22 22

### *Postadres*

Postbus 2960  
6401 DL Heerlen

### *Adviezen*

Evert van de Vrie, faculteit Informatica van de Open Universiteit Nederland  
Karel Kreijns, Ruud de Moor Centrum van de Open Universiteit Nederland  
Marcel van der Klink, Ruud de Moor Centrum van de Open Universiteit Nederland

### *Oplage*

500 exemplaren

Deze uitgave van de Ruud de Moor reeks staat onder redactie:

Prof. dr. Sjef Stijnen  
Prof. dr. Marc Vermeulen

### *Drukwerk*

Drukkerij Schrijen-Lippertz-Huntjens, Voerendaal

Meer informatie over de Open Universiteit Nederland vindt u op [www.ou.nl](http://www.ou.nl).

