TULO Technische Universitaire Lerarenopleiding

# *Technische Universitaire Lerarenopleiding*

# Handleiding Vakdidactiek 2 Wiskunde

*Vakdidactici wiskunde*

*Technische Universiteit Delft*
*Technische Universiteit Eindhoven*
*Universiteit Twente*

*Augustus 2007*

# INHOUD


7 DE GRAFISCHE REKENMACHINE IN HET WISKUNDEONDERWIJS 5
- 7.1 Inleiding 5
- 7.2 Opdrachten 6
- 7.3 Literatuur/informatiebronnen 7

8 DE COMPUTER IN HET WISKUNDEONDERWIJS 9
- 8.1 Inleiding 9
- 8.2 Opdrachten 12
- 8.3 Literatuur/informatiebronnen 13

9 LEERBOEKEN VOOR WISKUNDE IN HET VOORTGEZET ONDERWIJS 15
- 9.1 Inleiding 15
- 9.2 Aandachtspunten bij het analyseren/beoordelen van leerboeken 16
- 9.3 Opdrachten 18
- 9.4 Literatuur/informatiebronnen 19

10 LEERMATERIALEN VOOR VERDIEPING EN VERBREDING IN HET WISKUNDEONDERWIJS 21
- 10.1 Inleiding 21
- 10.2 Opdrachten ..
- 10.3 Literatuur/informatiebronnen ..

# 7 DE GRAFISCHE REKENMACHINE IN HET WISKUNDE-ONDERWIJS

## 7.1 Inleiding

De eindterm voor dit thema luidt: Het gebruik van de grafische rekenmachine op zinvolle en adequate wijze in het wiskundeonderwijs kunnen inpassen.
Wat is in dit verband *zinvol en adequaat*? Gezien het karakter van deze cursus ligt het voor de hand dat we hierop geen kant en klaar antwoord geven, maar het juist als een opgave voor de TULO-student zien om een visie hierop te ontwikkelen. Vervolgens moet de vaardigheid om op basis van die visie de GR (grafische rekenmachine) te kunnen inpassen, verworven en gedemonstreerd worden. Vóórdat een dergelijke visie ontwikkeld kan worden, moet men echter een beeld hebben van wat er met een GR mogelijk is.

*De grafische rekenmachine*
De eerste vraag die gesteld moeten worden, is: wat kan en doet de grafische rekenmachine? In de eerste plaats is de machine bruikbaar als gewone rekenmachine, maar hij kan natuurlijk veel meer. Je kunt grafieken laten tekenen, snijpunten uitrekenen, statistische taken verrichten, numeriek rekenwerk doen, en eenvoudige programma's invoeren, opslaan en draaien. GR's die op de centrale eindexamens van havo en vwo zijn toegelaten, kunnen (standaard) geen formulemanipulatie toepassen. De op deze examens toegelaten grafische rekenmachines zijn: de Texas Instruments 83, 83 plus, 84 en 84 plus silver sdition, de Casio CFX-9850Gplus, CFX-9850GBplus, fx-9860G en fx-9860G SD, de Hewlett Packard 38G en 39G+, de Sharp EL 9600, EL 9650 en EL 9900 en de lagere typen van dezelfde vier merken.

*De grafische rekenmachine en de schoolboeken*
In de bovenbouwdelen van *Getal & Ruimte* voor havo en vwo wordt voor de TI en de Casio uitgelegd hoe de de grafische rekenmachine voor allerlei opdrachten gebruikt moet worden. Daarnaast zijn er ook aparte practicumboekjes voor uitleg van en oefening met de GR's. In *Netwerk* en *Moderne wiskunde* wordt geen uitleg over het gebruik van de grafische rekenmachine zelf gegeven, maar zijn er alleen aparte practicumboekjes waarnaar verwezen wordt.
De methoden verschillen ook in de manier waarop het gebruik van de grafische rekenmachine in de leerstof werd geïntegreerd. In *Getal & Ruimte* vormen vanaf het begin van de vernieuwde tweede fase vragen waarbij de GR goed gebruikt kan worden een integraal onderdeel van een groot aantal vraagstukken. Bij deze methode moeten de leerlingen over het algemeen zelf beslissen wanneer zij de GR gebruiken. In *Netwerk* was tot de editie van 2004 nog geen sprake van integratie van de GR. Ieder hoofdstuk kon tot en met de samenvatting en de herhaling zonder grafische rekenmachine doorgewerkt worden. Daarna volgden dan steeds twee bladzijden met opgaven die speciaal ontworpen waren om met de GR te maken. *Moderne wiskunde* nam tot 2004 een tussenpositie in. De tekst bevatte soms summiere opmerkingen over het gebruik van de GR, met vaak een illustratie van het resultaat op het beeldscherm. In de vraagstukkencollecties werden opgaven waarbij de GR niet nodig is, afgewisseld met opgaven waarbij duidelijk is dat de GR gebruikt moet worden. In de nieuwe edities van *Netwerk* en *Moderne wiskunde* is het gebruik van de GR echter ook volledig in de tekst en de vraagstukken geïntegreerd.

*Lessen ontwerpen rond de grafische rekenmachine*
Het is ook mogelijk zelf lessen te ontwerpen rond de grafische rekenmachine, waarbij aandacht wordt besteed aan onderwerpen die al dan niet tot de directe schoolstof behoren. Op het Internet zijn voorbeelden van zulke *lesson plans* in ruime mate te vinden. Dat geldt trouwens ook voor handleidingen, practica en dergelijke die zich op het gebruik zelf van het apparaat richten. De zoekterm *graphics* (of *graphing*) *calculator* levert een groot aantal Internet-verwijzingen op naar adressen waarop van alles en nog wat over de grafische rekenmachine is te vinden.

*De grafische rekenmachine op de universiteit*
De grafische rekenmachine is in Nederland vooral in gebruik op het voortgezet onderwijs. Op universiteiten is dit tot nu toe nauwelijks het geval. Vermoedelijk is die situatie in Amerika anders. Amerikaanse calculusboeken besteden immers uitgebreid aandacht aan het gebruik van de GR. Bij veel boeken zijn speciale aanvullende *math labs* verkrijgbaar, met practicumopdrachten die met de GR gemaakt kunnen worden. Wellicht zal ook in Nederland, nu de meeste eerstejaars studenten met de GR zijn opgeleid en zo'n apparaat bezitten, de grafische rekenmachine op de universiteiten een rol van betekenis gaan spelen.

## 7.2 Opdrachten

OPDRACHT 1
Zorg ervoor dat je (eventueel tijdelijk) de beschikking hebt over een grafische rekenmachine. Leer, als je dat nog niet eerder gedaan hebt, het apparaat kennen en ontwikkel de nodige vaardigheid in het gebruik ervan. Gebruik hierbij de handleiding bij de machine en/of een van de practicumboekjes voor leerlingen die bij de wiskundemethoden voor havo en vwo verschenen zijn. Zie paragraaf 7.3 onder het kopje '*Leerlingenmateriaal*'.

OPDRACHT 2
Bekijk een aantal eindexamens en correctievoorschriften (tijdvak 1) voor havo en vwo uit de afgelopen examenperiode (zie http://www.nvvw.nl). Ga na hoe groot de rol van de Grafische Rekenmachine in deze eindexamens is.

OPDRACHT 3
Lees de artikelen die in 7.3 onder het kopje '*Artikelen over het gebruik,…*' zijn vermeld. Geef van enkele artikelen die je het meest respectievelijk het minst aanspreken een korte inhoudsbeschrijving en motiveer je mening over de inhoud van deze teksten.

OPDRACHT 4
Onderzoek voor enkele boeken voor de tweede fase uit de series Moderne Wiskunde, Getal en Ruimte en Netwerk met welk(e) doel(en) en op welke manier(en) de grafische rekenmachine gebruikt wordt. Geef je visie hierop in het licht van je uitwerkingen van de opdrachten 2 en 3.

OPDRACHT 5
Bekijk een aantal *sites* op ideeën en suggesties rond het gebruik van de grafische rekenmachine. Selecteer twee verschillende ideeën, beschrijf deze kort en geef aan waarom ze je aanspreken.

OPDRACHT 6
Heb je eigen ideeën voor lessen met de GR? Zijn er praktijken met de GR die je persoonlijk afkeurt? Leg uit waarom.

SCHOOLPRACTICUMOPDRACHTEN
1. Beschrijf in het kort hoe op je schoolpracticumschool met de GR wordt omgegaan, en geef daarop jouw visie in het licht van je uitwerkingen van de bovenstaande opdrachten.
2. Geef minstens één (deel)les waarin de grafische rekenmachine op een andere manier gebruikt wordt dan als hulpmiddel om de opgaven uit het boek te maken. Je kunt hierbij denken aan een demonstratie van een speciale toepassing van de GR, of aan een suggestie voor een practicum die je op het net hebt gevonden. Schrijf een verslagje van de les.

## 7.3 Literatuur/informatiebronnen

*Commerciële sites:*
[1] De site van Texas Instruments op http://education.ti.com/us/product/graphing.html
[2] De site van Casio op http://casioeducation.com/index.php
[3] De site over Hewlett Packard op http://www.hp.com/calculators/graphing/index.html
Op deze sites is niet alleen informatie te vinden over de calculators van deze firma's, maar zijn ook links geplaatst naar de bijbehorende handleidingen en naar educatieve sites waar artikelen en ideeën over het gebruik van de GR in het wiskundeonderwijs te vinden zijn.

*Leerlingenmateriaal:*
[4] Vuijk, R.J.A. e.a., *Practicum TI-83, Getal & Ruimte VWO 1, 2*. Houten: EPN, 1998.
[5] Vuijk, R.J.A. e.a., *Practicum Casio 9850GB Plus, Getal & Ruimte VWO 1,2*. Houten: Houten: EPN, 1998.
[6] Vuijk, R.J. A. e.a., *Practicum HP 38G, Getal & Ruimte VWO 1, 2*. Houten: EPN, 1999.
Vergelijkbare uitgaven zijn ook bij de nieuwe editie van G*etal & Ruimte* en bij de vorige en de nieuwe editie van de methoden *Netwerk* en *Moderne Wiskunde* (Wolters-Noordhoff) verschenen.

*Artikelen over het gebruik van de grafische rekenmachine:*
[7] Streun, A. van, 'Zelfstandig leren met een grafiekenprogramma bij de hand'. In: *Euclides*, september 1996, jg 72 nr 1, p. 25-27.
[8] Hoogland, K., 'De leerling werkt zelfstandiger door de Grafische Rekenmachine'. In: *Euclides*, juni 1997, jg 72 nr 8, p. 304-305.
[9] Drijvers, P. ,'Statistiek met de Grafische Rekenmachine'. In: *Euclides*, januari 1998, jg 73 nr 4,

p. 117-121.

[10] Geerlings, J., ‘De grafische rekenmachine in de M-profielen van havo-4’. In: *Nieuwe Wiskrant*, maart 2000, jg 19 nr 3, p.32-34.

[11] Hoekstra, Willem, en Douwe Kok, ‘Op weg naar het einde van de standaardnormale verdeling’. In: *Euclides*, november 2000, jg 76 nr 3, p.128-130.

[12] Riksen, Karin, 'Het gebruik van een applet op een grafische rekenmachine'. In: *Euclides*, oktober 2003, jg 79 nr 2, p.62-65.

[13] Pfaltzgraff, Henk, 'Geprogrammeerd rekenen, of met Socrates in het studiehuis’. In: *Euclides*, januari 2005, jg 80 nr 4, p.226-230.

[14] Biesheuvel, Simon, ‘Meer grafische rekenmachine’. In: *Euclides*, mei 2005, jg 80 nr 7, p.382-383.

[15] Biesheuvel, Simon, 'Bereken, bereken exact, en verder…?’. In: *Euclides*, mei 2007, jg 82 nr 7, p.258-260.

# 8 DE COMPUTER IN HET WISKUNDEONDERWIJS

## 8 Inleiding

Het gebruik van computers in het (wiskunde)onderwijs is al veel langer onderwerp van discussie dan het gebruik van de grafische rekenmachine. Al in de loop van de jaren tachtig verwachtte men op korte termijn een sterke toename van het gebruik van computers in het onderwijs. De ideeën over computergebruik werden sterk beïnvloed door de verwachtingen over de mogelijkheden van *Computer Assisted* of *Computer Aided Instruction* (CAI), waarin de computer de regie van het leerproces voor een belangrijk deel van de leraar (en vandaag de dag: van de leerling!) zou overnemen. Dat leidde tot sterk gesloten programma's, die maar voor één doel of onderwerp bruikbaar waren. Die CAI-programma's zijn nooit populair geworden. Ze waren te star, te beperkt bruikbaar en mede daardoor erg duur. De ontwikkeling van didactische opvattingen ging ook een heel andere kant uit: het zelfstandig leren was slecht te combineren met de gesloten programmatuur op basis van de CAI-filosofie.
Behalve grote en dure CAI-achtige programma's, meestal gemaakt door (universitaire) onderzoeksgroepen, zijn er vanaf het begin af aan ook door in computers en informatica geïnteresseerde leraren zelf veel kleine programmaatjes ontwikkeld, van heel wisselende kwaliteit. Dat ging vaak om remediërende programma's, meestal op het gebied van het (letter-) rekenen, of om tekenprogramma's, waarmee bijvoorbeeld ruimtefiguren gemaakt konden worden. Gebrek aan standaardisering en kwaliteit zorgde ervoor dat deze programma's vaak alleen maar gebruikt werden op de school van de betrokken docent.

Wat later begonnen ook de educatieve uitgevers programma's bij hun methodes te leveren. Deze programma's hadden een meer open karakter. Het ging meestal om programma's waarmee grafieken getekend en bewerkt konden worden, om programma's voor de matrix-rekening uit wiskunde A, of om programma's waarmee op grote bestanden statistiek bedreven kon worden. Deze programma's waren nodig bij het doorwerken van 'extra' onderdelen van de leergang, maar de betreffende paragrafen werden in de praktijk meestal overgeslagen. Bij de nieuwste edities van Getal & Ruimte, Moderne wiskunde en Netwerk proberen de uitgevers het gebruik van de computer met hun programmatuur aantrekkelijker te maken door met de leerboeken cd-rom's mee te leveren met, voor een deel nieuwe, software voor leerlingen. Met behulp van deze software kunnen sommige onderdelen van de basisstof uit de boeken met computergebruik aangevuld en andere zelfs gedeeltelijk vervangen worden.

Programma's met een open karakter hoeven niet speciaal aan een bepaalde methode gebonden te zijn. Programma's als *VU-Grafiek*, *VU-Dif*, *VU-Stat*, *Orstat/Lineair Programmeren* en *Dynasys* (verkrijgbaar bij Wolters Noordhoff, de uitgever van Moderne Wiskunde en Netwerk), *Doorzien* (van EPN, de uitgever van Getal & Ruimte), *Ruimfig*, *LinProg*, *GrafMat* en *Voronoi* (Freudenthal Instituut) zijn bij alle methoden bruikbaar. Ook niet-Nederlandse programma's, zoals het grafiekenprogramma *Winplot* (freeware, ook Nederlandstalig beschikbaar), het statistiekprogramma *Winstats* (freeware), het webgrafiekenprogramma *Winfeed* (freeware), de meetkundeprogramma's *Wingeom* (freeware), *GeoGebra* (eveneens gratis) en *Cabri Géomètre II* (ook Nederlandstalig verkrijgbaar), de computeralgebra-programma's *Derive* (ook Nederlandstalig te verkrijgen), *Maple* en *Mathematica*, en de digitale wiskundeleeromgevingen *TI-Interactive*, *Scientific Notebook* en *Studyworks*, zijn heel goed in het Nederlandse onderwijs te gebruiken. Hetzelfde geldt voor spreadsheet-

programma's als *Quattro* Pro, *Lotus* en *Excel*, die eigenlijk helemaal niet voor het onderwijs bedoeld zijn.

Van een heel andere aard zijn de talloze niet-methodegebonden kleine interactieve wiskundeprogrammaatjes, *applets*, die de laatste jaren als freeware op het Internet aangeboden worden. Zij presenteren en verduidelijken door middel van door de gebruiker te beïnvloeden animaties een klein stukje leerstof en/of geven gerichte oefeningetjes voor bepaalde rekenkundige of wiskundige vaardigheden. Inwerken in het omgaan met de programmatuur is niet of nauwelijks nodig, leerlingen – of leraren die een klassikale behandeling van een stukje leerstof met een demonstratie willen verlevendigen – kunnen er direct mee aan de slag.

Last but not least bestaan er ook internetschoolboeken die de gebruikelijk methodes helemaal kunnen vervangen. Een voorbeeld hiervan is www.ratio.ru.nl.

Ondanks alle hooggespannen verwachtingen en de toenemende hoeveelheid bruikbare en betaalbare (vaak zelfs gratis) software is het computergebruik in de wiskundelessen op de meeste scholen nog steeds niet goed van de grond gekomen. Hiervoor zijn oorzaken van verschillende aard aan te voeren. Het inschakelen van de computer in de wiskundeles brengt allerlei organisatorische problemen met zich mee, wat veel tijd en moeite van de docent kost. De meeropbrengst van al die inspanning is echter, zo lang de computer geen rol speelt bij de leerstof die in het centraal schriftelijk eindexamen wordt getoetst, niet zo duidelijk.
In de vernieuwde tweede fase van havo en vwo gelden voor de grafische rekenmachine deze bezwaren niet. Zowel bij de schoolexamens als bij de centrale schriftelijke examens voor wiskunde aan het eind van de vernieuwde tweede fase van havo en vwo wordt ervan uitgegaan dat leerlingen een GR gebruiken. Dat hiermee eerst geoefend moet worden, is duidelijk en ook dat dit gemakkelijk te organiseren is als de betreffende leerlingen elk, zowel binnen als buiten de lessen, over zo’n apparaat beschikken. De GR wordt dan ook over het algemeen bij de verplicht aan te schaffen leermiddelen op de boekenlijst voor de vierde klassen havo en vwo vermeld. Dit verklaart dat een aantal activiteiten, zoals het tekenen van grafieken, waarvan tot zo’n vijf jaar geleden werd verwacht dat de leerlingen die met behulp van computerprogramma’s zouden gaan uitvoeren, in de wiskundelessen van de bovenbouw van havo en vwo nu vooral door de grafische rekenmachine ondersteund worden. In aansluiting hierop gebruikt men voor experimenten met computeralgebra in het voortgezet onderwijs nogal eens de symbolische rekenmachine (de SR) in plaats van de computer. Een SR is een GR die uitgebreid is met computeralgebraprogrammatuur en in sommige gevallen ook met een meetkundeprogramma. Deze uitbreidingen zijn op dit moment nog niet toegestaan op de centrale schriftelijke examens.

In de vernieuwde tweede fase van havo en vwo is het gebruik van de computer voor wiskunde buiten de lessen van het begin af aan wel goed op gang gekomen. De nieuwe examenprogramma’s wiskunde voor havo en vwo schrijven namelijk computergebruik voor dat bij het schoolexamen getoetst wordt. Van leerlingen wordt bijvoorbeeld verwacht dat ze de computer voor de volgende ICT-toepassingen kunnen gebruiken*:

* Er is nog wel een ontsnappingsclausule: “Het gebruik van ICT-toepassingen bij de toetsing is optioneel op die onderdelen waar de school (nog) niet beschikt over voldoende en adequate apparatuur en programmatuur”, aldus het examenprogramma.

- Raadplegen van (hyper)teksten, gegevens, beeld en geluid in (multimediale) bestanden, gegevensbanken en informatiesystemen met behulp van een computernetwerk
- Telecommunicatie, zoals e-mail, discussie- en nieuwsgroepen
- Tekstverwerking

3. Rekenkundige, grafische, algebraïsche en statistische bewerkingen
4. Spreadsheets, modellen en simulaties
5. Verwerking en beheer van gegevens in gegevensbanken en informatiesystemen
6. Maken van (multimediale) presentaties

Het ligt voor de hand dat deze voorschriften voor wiskunde met name het gebruik van de computer bij praktische opdrachten en profielwerkstukken bevorderen. En praktische opdrachten en profielwerkstukken worden meestal voor een groot deel of geheel buiten de wiskundelessen gemaakt, in zelfstudie-uren en in huiswerktijd. Hiervoor maken de leerlingen dan gebruik van computers in het computerlokaal of de mediatheek van de school, maar ook steeds meer van eigen computers thuis. In verband met dit laatste zijn educatieve uitgevers er al snel toe overgegaan hun wiskundeprogrammatuur niet alleen in een netwerkversie voor de school aan te bieden, maar ook in een leerlingenversie met hun leerboeken mee te leveren, eerst op diskettes en sinds kort, zoals hierboven al vermeld is, op cd-rom's. Op deze manier proberen zij te concurreren met de toenemende hoeveelheid freeware die eenvoudigweg van Internet te 'downloaden' is en die soms van even goede kwaliteit is als commerciële programmatuur die voor hetzelfde doel gemaakt is.

Uit het lijstje met ICT-toepassingen voor het schoolexamen blijkt dat Internet niet alleen als bron van wiskundige programma's gebruikt zal worden. Bij het maken van praktische opdrachten en profielwerkstukken zijn evenzeer *sites* van belang die gegevensbestanden bereikbaar maken en waarop allerlei andere, al dan niet wiskundige, informatie te vinden is. Maar er zijn ook (vaak Engelstalige) sites waar leerlingen (en leraren) wiskundige vragen kunnen stellen die dan snel en adequaat, bijvoorbeeld door iemand die zich *Dr. Math* noemt, beantwoord worden.

Een belangrijke, hierbij aansluitende ontwikkeling van de laatste jaren is het gebruik van de computer als informatiebron en medium voor het uitwisselen van lesmateriaal voor leraren ten behoeve van hun onderwijs. Zo is op Internet actuele informatie over examens, congressen, bijeenkomsten en nascholing te vinden, maar er zijn ook sites met door leraren geschreven toetsvragen, programmatuur, lesideeën en -ervaringen. Speciaal voor wiskundeleraren functioneert al enige jaren de WiskundE-brief, een e-mail nieuwsbrief en discussieforum voor wiskundeleraren. (Aanmelden bij de redactie, Jos Andriessen en Gerard Koolstra, e-mail: j.andriessen@hccnet.nl of we-b@xs4all.nl.)

## 8.2 Opdrachten

OPDRACHT 1
Lees (een deel van) de literatuur die in 8.3 wordt genoemd. Beschrijf kort wat, mede op grond van de gelezen artikelen, naar jouw mening de meest zinvolle en in de praktijk realiseerbare manieren van computergebruik in het wiskundeonderwijs zijn.

OPDRACHT 2

Zorg dat je, via de docent vakdidactiek of de practicumschool of door downloaden van het Internet, de beschikking krijgt over (een demo van) een (of meer) van de in paragraaf 8.1 genoemde niet-methodegebonden computerprogramma's die je nog niet kent. Zie voor downloaden: http://www.digischool.nl/wi/wisoftw.htm, http://math.exeter.edu/rparris/, en/of http://www.candiensten.nl/.
Maak kennis met deze software, gebruik makend van eventueel beschikbare handleidingen en/of de in het programma opgenomen *help*-teksten. Beschrijf kort je ervaringen.

OPDRACHT 3
Geef een concreet voorbeeld van de manier waarop met het computerprogramma (of de computerprogramma's) waarmee je in opdracht 2 hebt kennisgemaakt het leren van de leerstof voor het centrale eindexamen wiskunde havo of vwo ondersteund zou kunnen worden. Gebruik eventueel ideeën uit de bij opdracht 1 gelezen literatuur.

OPDRACHT 4
Bekijk enkele interactieve wiskundeprogrammaatjes op het Internet. Een uitgebreid overzicht inclusief *links* naar de *applets* is te vinden op het adres: http://www.digischool.nl/wi/wiit.htm. Beschrijf kort je ervaringen.

OPDRACHT 5
Selecteer twee van de bij opdracht 4 bekeken *applets* die je geschikt acht voor gebruik in het reguliere wiskundeonderwijs, één voor de onderbouw en één voor de bovenbouw. Geef aan waar in de leergang, bij gebruik van een van de bekende wiskundemethoden, en op welke manier, deze programmaatjes zinvol ingezet zouden kunnen worden.

SCHOOLPRACTICUMOPDRACHTEN
1. Bekijk wat de op school gebruikte wiskundemethode op het gebied van computergebruik te bieden heeft. Ga na of daarvan gebruik wordt gemaakt. Zo ja, hoe? Zo nee, waarom niet?
2. Inventariseer welke niet-methodegebonden software voor wiskunde op je school aanwezig is. Ga na of daarvan gebruik wordt gemaakt. Zo ja, hoe? Zo nee, waarom niet?
3. Ga na aan welke van de in de examenprogramma's voor havo en vwo genoemde ICT-toepassingen waarvoor de leerlingen de computer moeten kunnen gebruiken, in het schoolexamen aandacht besteed wordt en op welke manier dat gebeurt.
4. Ontwerp ten minste één wiskundeles waarbij op de een of andere manier van de computer gebruik wordt gemaakt en voer deze uit.

Verwerk de resultaten van deze opdrachten en je commentaar daarop in een verslag.

## 8.3 Literatuur/informatiebronnen

*Literatuur:*

Twee manieren waarop ICT het wiskundeonderwijs beïnvloedt, worden besproken in:

[1] Giessen, Carel van de, 'De invloed van ict op het wiskundeonderwijs'. In: *Euclides*, juni 2004, jg 79 nr 8, p. 334-339.

Twee artikelen over ICT en de algebra-leerlijn:

[2] Boon, P., 'WELP: letterrekenen met applets'. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 2004, jg 23 nr 4, p. 22-27.
[3] Doorman, M., 'Van touwpuzzels tot oppervlakte-algebra'. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 2004, jg 23 nr 4, p. 34-39.

De volgende artikelen gaan in op het computergebruik bij het meetkundedeel van Wiskunde B2 voor het VWO.

[4] Goddijn, A., ‘Construeren met button en muis’. In: *Nieuwe Wiskrant*, maart 1998, jg 17 nr 3, p. 45-49.
[5] Doorman, M. en Kemme, S., ‘Voortgezette Meetkunde en Cabri Géomètre’. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 1998, jg 17 nr 4, p. 39-40.

Een artikel over het gebruik van een meetkundeprogramma voor lineair programmeren:

[6] Bakker, Rob, 'Lineair programmeren met Geocadabra'. In: *Euclides*, mei 2004, jg 79 nr 7, p. 318-320.

Drie artikelen over het gebruik van spreadsheets in het wiskundeonderwijs:

[7] Hermans, V., 'Spreadsheets en wiskunde'. In: *Nieuwe Wiskrant*, december 1996, jg 16 nr 2, p. 11-14.
[8] Mulkerrin, Peter, en Pauline Vos, 'Schuifbalken in Excel'. In: *Euclides*, februari 2002, jg 77 nr 5, p. 230-232.
[9] Spijkers, Frits, ‘Excel in de wiskundeles’. In: *Nieuwe Wiskrant*, oktober 2002, jg 22 nr 1, p. 16-19.

Voor een klas waarin elke leerling over een laptop beschikte, werden twee hoofdstukken uit het boek vervangen door digitaal lesmateriaal waarbij Excel gebruikt werd. Een verslag van dit project wordt gegeven in:

[10] Veer, Bart ter, David van de Beld en Martin Traas, ‘De laptopklas’. In: *Euclides*, mei 2003, jg 78 nr 7, p. 317-321.

Een artikel over een experiment met computeralgebra in het voortgezet onderwijs waarbij de leerlingen beschikten over een symbolische rekenmachine:

[11] Drijvers, P., 'De symbolische rekenmachine in de wiskundeles'. In: *Nieuwe Wiskrant*, maart 1999, jg 18 nr 3, p.34-38.

Vier artikelen over experimenten met computeralgebra in een digitale leeromgeving voor wiskunde:

[12] Giessen, Carel van de, ‘Computeralgebra in 4 vwo, verslag van een experiment’. In: *Nieuwe Wiskrant*, oktober 2002, jg 22 nr 1, p. 25-29.
[13] Drijvers, Paul, Peter Boon en Willem Hoekstra, ‘De leraar had het wel heel erg druk …; Ervaringen uit het Adlo-project’. In: *Euclides*, december 2002, jg 78 nr 3, p. 98-104.
[14] Klein, Hans, ‘Keuzeonderwerp Computeralgebra; Ervaringen opdoen in vwo-5’. In: *Euclides*, juni 2003, jg 78 nr 8, p. 368-372.
[15] Bokhove, Christian et al, ‘Een wiskunde-oefenomgeving in de eigen ELO’. In: *Euclides*, juni 2006, jg 81 nr 8, p. 374-377.

In de Nieuwe Wiskrant verscheen een serie korte artikelen over (korte) wiskunde-programma’s op *het world wide web*, onder de titel ‘Wurls’. Het gaat vooral om Java-*applets*,

die binnen of naast wiskundelessen gebruikt zouden kunnen worden. De belangrijkste artikeltjes uit de serie zijn:

[16] Hermsen, H., 'Wurls' en 'Wurls 1' tot en met 'Wurls 5'. In: *Nieuwe Wiskrant*, december 1996, jg 16 nr 2, p. 49-50; maart 1997, jg 16 nr 3, p. 54-56; juni 1997, jg 16 nr 4, p. 35-36; maart 1998, jg 17 nr 3, p. 42-44; september 1998, jg 18 nr 1, p. 45-46; december 1998, jg 18 nr 2, p. 47-48.
Dekker, G., 'Wurls 8'. In: *Nieuwe Wiskrant*, september 2000, jg 20 nr 1, p. 45-46.
Riemersma, R., 'Wurls 9'. In: *Nieuwe Wiskrant*, maart 2001, jg 20 nr 3, p. 28.
Koolstra, G., 'Wurls 10' en 'Wurls 13'. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 2001, jg 20 nr 4, p. 46-49 en maart 2003, jg 22 nr 3, p. 45-48.

In 'Wurls 11' en in een artikel in Euclides wordt besproken waar leerlingen en docenten op Internet terecht kunnen met hun wiskundige vragen.

[17] Koolstra, G., 'Wurls 11: Dat zoeken we op ...'. In: *Nieuwe Wiskrant*, september 2001, jg 21 nr 1, p. 51-52.
[18] Ravenstein, Willem van, 'WisFaq: digitale vraagbaak voor wiskunde'. In: Euclides, april 2003, jg 78 nr 6, p. 284-285.

Een tekenprogramma voor allerlei soorten illustraties in lesmateriaal en toetsen voor wiskunde dat via Internet gratis ter beschikking wordt gesteld, wordt door de maker ervan besproken in:

[19] Klein, Hans, 'Wiskit'. In: *Euclides*, april 2003, jg 78 nr 6, p. 286-288.

*Sites:*

We noemen hier in de eerste plaats de site van de samenwerkende niet-commerciele wiskunde(onderwijs)-websites in Nederland: http://www.wiskundeonderwijs.nl. Via deze site zijn onder andere drie belangrijke sites voor het Nederlandse wiskundeonderwijs te bereiken, die op hun beurt ook een groot aantal *links* bevatten waarmee weer andere interessante sites te bereiken zijn:

- de site van de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren, zie http://www.nvvw.nl/,
- de site van het Wiskundelokaal van de Digitale School, http://www.digischool.nl/wi/,
- de site van het Freudenthal Instituut, http://www.fi.uu.nl/

Zie bijvoorbeeld op de site van de Nederlandse Vereniging van Wiskundeleraren de links onder 'Lesmateriaal', waarbij ook links naar de sites van leerboekenmethoden (behalve die van het Nijmeegse Ratio project, http://www.ratio.ru.nl) te vinden zijn.

# 9 LEERBOEKEN VOOR WISKUNDE IN HET VOORTGEZET ONDERWIJS

## 9.1 Inleiding

De eindterm voor het onderdeel *Leerboeken voor wiskunde in het voortgezet onderwijs* luidt:
Op basis van kennis van (achtergronden van) de schoolstof en vakdidactische opvattingen leerboeken voor wiskunde in het voortgezet onderwijs kunnen analyseren en zo nodig aan de doelgroep aanpassen.
Aan deze eindterm wordt ook bij het voorbereiden van de lessenseries in Schoolpracticum 2 en 3 veel aandacht besteed. De aandacht gaat dan uit naar het voor zo'n lessenserie relevante gedeelte, meestal een hoofdstuk, van het leerboek dat de leerlingen hebben moeten aanschaffen. De keuze voor dat leerboek is al gemaakt, je hebt daar als practicant over het algemeen geen stem in gehad.
In het kader van dit thema in Vakdidactiek 2 worden *leerboeken van verschillende wiskunde-leergangen* geanalyseerd en met elkaar vergeleken. Hierbij wordt, net als bij de lessenseries in het Schoolpracticum, met name gelet op *didactische aspecten*, maar in dit geval gebeurt dat minder gedetailleerd en niet met een specifieke groep leerlingen voor ogen. Het gaat er dan ook niet om of een enkele definitie niet zo duidelijk geformuleerd is en een bepaalde opgave voor bepaalde leerlingen te moeilijk is. Van belang is nu dat een indruk verkregen wordt van de mate waarin de verschillende leergangen passen bij de vakdidactische opvattingen van de docent in opleiding.

Waarom zijn er eigenlijk verschillende wiskundeleergangen in omloop? Kan het Ministerie van OCW niet gewoonweg dé beste leergang of een paar heel goede leergangen uitzoeken en deze aan de scholen voorschrijven? In sommige landen is dat inderdaad de gebruikelijke gang van zaken, maar in Nederland worden alleen eindtermen en examenprogramma's dwingend voorgeschreven. Welke didactiek en welke hulpmiddelen de scholen en hun docenten willen inzetten om aan die eindtermen en die programma's te werken, mogen zij zelf bepalen. En dat is maar goed ook, want hierdoor kan op de verschillende scholen bij de inrichting en uitvoering van het onderwijs rekening gehouden worden met de mogelijkheden en wensen van de eigen leerlingenpopulatie, de ouders en de aan de school verbonden docenten.
Een moeilijkheid bij het maken van keuzes ten aanzien van didactiek en hulpmiddelen is dat er zoveel variabelen zijn die de leerresultaten en de attitude van leerlingen voor een vak beïnvloeden en dat deze variabelen lang niet alle onderling onafhankelijk zijn. Dr. Joh.H. Wansink merkte dertig jaar geleden in zijn *Didactische oriëntatie voor wiskundeleraren* al op: "Een perfect boek kan, als het door een ondeskundig leraar wordt gebruikt, een gering nuttig effect opleveren; een slecht boek kan onder leiding van een ervaren docent nog wel een nuttig rendement geven." Onderzoek dat sindsdien gedaan is naar de relatie tussen wiskundeleerboeken en leerresultaten hebben deze stelling tot nu toe niet ondergraven.

Als op een school een nieuwe wiskundeleergang gekozen wordt, spelen in het keuzeproces de didactische kenmerken van de leerboeken natuurlijk de hoofdrol. Daarnaast zijn echter ook andere aspecten van belang, bijvoorbeeld de kostprijs per leerjaar, de kwaliteit van het bindwerk van de boeken, de ondersteuning die door de uitgever aan de docenten gegeven wordt in de vorm van handleidingen, proefwerkbundels en gebruikersbijeenkomsten. Bij

Vakdidactiek 2 laten we dit soort aspecten buiten beschouwing. We beperken ons tot de inhoud en de opmaak van de boeken die voor leerlingen bedoeld zijn.
Bij de didactische analyse van verschillende wiskundeleerboeken kan men steun hebben aan wat anderen op dit gebied al aan 'voorwerk' gedaan hebben. In didactische literatuur en onderzoeksverslagen zijn voorbeelden van aandachtspunten voor zo'n analyse te vinden. De uitgevers van de diverse leergangen stellen over het algemeen uitgebreid voorlichtingsmateriaal beschikbaar waarin zij ook hun didactische uitgangspunten voor de leergang beschrijven. Uitgevers of auteurs krijgen naar aanleiding van programmaveranderingen ook wel eens de gelegenheid om in tijdschriften voor docenten of in brochures van onderwijsondersteunende diensten te laten zien hoe zij met hun leergang op de veranderingen inspelen. In tijdschriften voor wiskundeleraren verschijnen daarnaast ook af en toe boekbesprekingen van de hand van gebruikers of vakdidactici.

Als een docent of een docent in opleiding de publicaties van anderen over wiskundeleergangen interpreteert en vervolgens zelf deze leergangen (verder) analyseert, doet hij of zij dat vanuit de eigen kennis van en opvattingen over de (achtergronden van de) schoolstof en de (vak)didactiek. Gesprekken met collega's over de resultaten van de analyses en de implicaties die deze hebben voor de aard en de hoeveelheid aanpassingen aan de doelgroep maken dat deze kennis en opvattingen voor de gesprekspartners zelf verhelderd, en vaak ook verder ontwikkeld, worden. Behalve het directe nut voor het werk in de klas is dat ook een doel dat met dit onderdeel van Vakdidactiek 2 wordt nagestreefd.

## 9.2 Aandachtspunten bij het analyseren/beoordelen van leerboeken

Hieronder volgt een lijst met punten waarop je kunt letten bij het analyseren/beoordelen van leerboeken.

**Studieaanwijzingen**

- Wordt in een inleiding of voorwoord de structuur van de methode uitgelegd?
- Is per leerstofonderdeel aangegeven welke voorkennis bekend verondersteld wordt en op welke eerder verworven vaardigheden een beroep gedaan wordt?
- Zijn de doelstellingen van de verschillende leerstofeenheden aangegeven? Zo ja, hoe?
- Is aangegeven op welke kerndoelen van de basisvorming en/of eindtermen van de eindexamenprogramma's de diverse leerstofeenheden betrekking hebben? Zo ja, hoe?
- Zijn er samenvattingen? Zo ja, per hoofdstuk, of ook van kleinere leerstofeenheden?
- Wordt in de samenvattingen onderscheid gemaakt tussen 'kennen' en 'kunnen'?
- Wordt de leerling door de methode aangespoord tot reflectie?
- Bevat de methode diagnostische toetsen? Zo ja, worden er verwijzingen bij gegeven?
- Zijn er aanwijzingen voor de werkwijze bij het maken van praktische opdrachten?
- Wordt de studielast aangegeven? Zo ja, wordt dat dan per boek, per hoofdstuk of nog weer anders gedaan?
- Is er een register?
- Is er een overzicht van gebruikte notaties/symbolen?

**Wiskundige inhoud**

- Hoe wordt in de methode aandacht besteed aan de algemene onderwijsdoelen van de basisvorming waaraan wiskunde een bijdrage moet leveren? (Zie http://www.nvvw.nl onder Onderwijs/Eindtermen/Basisvorming.)
- Hoe zijn de vakinhoudelijke domeinen van de basisvorming over de leerboeken voor de onderbouw verdeeld?
- Hoe zijn Geïntegreerde Wiskundige Activiteiten in de methode verwerkt?
- Hoe wordt in de methode aandacht besteed aan de eindtermen van het domein Vaardigheden van de examenprogramma's van en havo en vwo? (Zie http://www.nvvw.nl of www.digischool.nl/wi/wiscom/examenprog-2007.htm voor de eindexamprogramma's.)
- Hoe zijn de vakinhoudelijke domeinen van de 2e fase havo en vwo over de leerboeken voor de bovenbouw verdeeld?
- Hoe komen de praktische opdrachten aan bod?
- Zijn er suggesties voor een profielwerkstuk?
- Is de inhoud van de leerboeken wiskundig correct?
- Wordt in de opgavenverzameling uiteindelijk het eindexamenniveau bereikt?
- Worden reken- en algebraïsche vaardigheden voldoende ingeoefend en onderhouden?
- Wordt in de leergang voorbereid op latere uitbreiding van de leerstof?
- Geeft de methode een goed beeld van de verschillende aspecten van wiskunde: logica, creativiteit, zekerheid, uitdaging, praktisch nut, abstractie, dynamiek, schoonheid?

**Didactiek**

- Zijn de functies (zoals oriënteren, voorkennis activeren, ontwikkelen, oefenen, verwerken, reflecteren) van de diverse tekstgedeelten en opgaven duidelijk herkenbaar?
- Wordt de theorie opgebouwd aan de hand van opgaven?
- In hoeverre worden begrippen en regels volgens het OOV-model van Van Dormolen onderwezen?
- Is het taalgebruik aangepast aan de leeftijd en het niveau van de leerlingen?
- Welke rol spelen contexten in de methode: als vertrekpunt voor de opbouw van wiskundige kennis, als metafoor voor wiskundige eigenschappen (de heks met warmte- en koudeblokjes bij het rekenen met negatieve getallen, de weegschaal bij het oplossen van vergelijkingen), bij het toepassen van wiskunde op praktijkproblemen?
- Wordt in de methode gewerkt met concreet materiaal?
- Is er voldoende oefenmateriaal?
- Is er in de opgaven een geleidelijke opbouw van kleine naar grote denkstappen?
- Zijn er aanwijzingen voor de aanpak van bepaalde klassen van opgaven (SPA's)?
- Wordt expliciet aandacht besteed aan probleemoplossen, bijvoorbeeld door heuristische regels te geven?
- Hoe is het gebruik van de zakrekenmachine en de grafische rekenmachine in de methode verwerkt?
- Hoe is het gebruik van de computer in de methode verwerkt?
- Welke werkvormen zijn er bij de methode mogelijk?
- Wat zijn de mogelijkheden voor differentiatie?

**Uiterlijk**

- Hoe is de leesbaarheid? Let op de opmaak van de tekst, de zinslengte, de lengte van de tekstfragmenten, in het oog springen van belangrijke stellingen/definities.
- Hoe is het gebruik van kleur?
- Hoe zijn de illustraties?
- Is het formaat van de leerboeken handig?

## 9.3 Opdrachten

OPDRACHT 1
Bestudeer de artikelen die op de volgende bladzijde onder het kopje "*Literatuur over wiskundeleerboeken en leerresultaten*" genoemd zijn. Vat de opbrengst van deze studie samen in een korte notitie.

OPDRACHT 2
Maak met behulp van het overzicht van paragraaf 9.2 een lijst met aandachtspunten die je zelf van belang vindt voor een analyse van wiskundeleerboeken voor het havo en het vwo.

OPDRACHT 3
Bestudeer de publicaties die in paragraaf 9.4 onder "*Literatuur over wiskundeleerboeken voor de basisvorming*" en "*Literatuur over wiskundeboeken voor de tweede fase van havo en vwo*" genoemd zijn. Hierbij kunnen van het boekje van Kemme e.a. de pagina's 83 tot en met 118 overgeslagen worden. Vul eventueel op grond van deze literatuur de lijst die je in opdracht 2 opgesteld hebt met enkele aandachtspunten aan.

OPDRACHT 4
Bekijk van de volgende drie methoden de delen voor de tweede fase van het havo en het vwo: Getal en Ruimte (uitgave EPN), Moderne Wiskunde (uitgave Wolters-Noordhoff) en Netwerk (uitgave Wolters-Noordhoff). Analyseer en beoordeel deze op de volgende manier:

a. Onderzoek via de aan het eind van de volgende paragraaf genoemde Internet-adressen wat volgens de uitgevers de uitgangspunten voor deze series leerboeken zijn. Stel zo nodig de lijst met aandachtspunten die je gekozen had op grond van deze informatie bij.
b. Vergelijk de bovenbouwdelen van de drie methoden aan de hand van de aandachtspunten die je gekozen hebt.
c. Kies nu een onderwerp uit de wiskundeleerstof van 4 vwo en analyseer de inhoud en de didactische aanpak van de betreffende hoofdstukken in elk van de drie methoden. Geef duidelijk aan wat de overeenkomsten en de verschillen zijn.
d. Welke van deze drie methoden past het best bij je eigen opvattingen over de schoolwiskunde en de didactiek voor de bovenbouw van havo en vwo? Waarom?

SCHOOLPRACTICUMOPDRACHTEN

7. Houd een vraaggesprek met een wiskundedocent van de onderbouw en een wiskundedocent van bovenbouw van je practicumschool over de wiskundemethode die op school gebruikt wordt. Probeer te achterhalen hoe de keuze voor de wiskundeleergang die nu op school in gebruik is tot stand gekomen is, waarom men uiteindelijk voor deze - en niet voor een andere - leergang gekozen heeft en wat er in de praktijk wél respectievelijk níet bevalt aan deze leergang.
8. Houd een interview met een of meer leerlingen van de onderbouw en van de bovenbouw over de wiskundeleergang die op school gebruikt wordt. Probeer te achterhalen welke onderdelen van de boeken door de leerlingen werkelijk gebruikt worden, wat zij er dan precies mee doen, en wat hun oordeel over de boeken is.

Verwerk de resultaten van deze practicumopdrachten in een verslag.

## 9.4 Literatuur/informatiebronnen

*Literatuur over wiskundeleerboeken en leerresultaten:*

[1] Perrenet, J. Chr., W. Groen, 'Transfertest afgerond'. In: *Euclides*, februari/maart 1990, jg 65 nr 6, p. 174-180.

[2] Fey-den Boer, Anne, 'Schoolboeken en studieresultaten'. In: *Euclides*, november/december 1999, jg 75 nr 3, p. 101-103.

*Literatuur over wiskundeleerboeken voor de basisvorming:*

[3] Kemme, Sieb, Else Simons, Anders Vink, André Zegers, *Methodekeuze in de basisvorming, Wiskunde*. 's Hertogenbosch: Vereniging van Samenwerkende Landelijke Pedagogische Centra, december 1992.

[4] 'Overzicht brugklasboeken voor de basisvorming'. In: *Euclides*, november 1993, jg 69 nr 3, p. 67-77 en p. 82-89.

[5] Krabbendam, H., 'Veranderen methoden de rol van de leraar?'. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 1993, jg 12 nr 4, p. 11-14.

*Literatuur over wiskundeleerboeken voor de tweede fase van havo en vwo:*

[6] 'Nieuwe wiskundemethoden voor de tweede fase'. In: *Nieuwe Wiskrant*, juni 1998, jg 17 nr 4, p.34-38.

*Voorlichting door uitgevers over hun wiskundeleergangen via Internet:*

[7] *Getal en Ruimte*. Houten: Educatieve Partners Nederland. Het adres is: http://www.getalenruimte.epn.nl/

[8] *Moderne wiskunde*. Groningen: Wolters-Noordhoff. Het adres is: http://www.modernewiskunde.wolters.nl/

[9] *Netwerk*. Groningen: Wolters-Noordhoff. Het adres is: http://www.wolters.nl/methodesites/netwerk/

# 10 LEERMATERIALEN VOOR VERDIEPING EN VERBREDING IN HET WISKUNDEONDERWIJS

## 10.1 Inleiding

De eindterm voor het onderdeel *Leermaterialen voor verdieping en verbreding in het wiskundeonderwijs* luidt: Op basis van kennis van de schoolstof en vakdidactische opvattingen geschikte leermaterialen inzetten die de gebruikte lesmethode op een zinvolle wijze aanvullen.

Je hoeft als docent de lesmethode natuurlijk niet altijd precies te volgen. Sommige gedeelten zul je overslaan of inkorten, andere aanvullen met of vervangen door ander materiaal. Je kunt hiertoe besluiten omdat je de lesmethode ontoereikend vindt of voor de afwisseling. Hiervoor kun je eigen materiaal gebruiken of dat van anderen. Je kunt hierbij niet alleen denken aan boeken, websites, applets en computerprogramma's, maar ook aan tijdschrift- en krantenartikelen, wiskundige puzzels, raadsels, trucs, modellen, demonstraties, enzovoorts.

Ideeën voor aanvullend lesmateriaal kun je op vele plekken vinden. Hier volgen een paar suggesties:
1. andere wiskundemethoden (eventueel oude of buitenlandse)
2. natuurkunde-, scheikunde- en economieboeken
3. Zebra- en Epsilonboekjes
4. applets en websites van het Freudenthal Instituut, Ratio, Digischool, Kennislink en "Vierkant voor wiskunde"
5. wiskunde-D-materiaal (in ontwikkeling) op de website van Commissie Toekomst Wiskunde Onderwijs cTWO
6. Euclides, Nieuwe Wiskrant, Pythagoras
7. Amerikaanse materialen van het Freudenthal Instituut (*WisWeb*)
8. masterclasses die aan verschillende universiteiten worden aangeboden
9. wiskunde A-lympiade en wiskunde B-dag van het Freudenthal Instituut
10. websites van docenten zoals www.henkshoekje.com van Henk Pfaltzgraff

## 10.2 Opdrachten

OPDRACHT 1
Zoek aanvullend of vervangend materiaal bij de volgende onderwerpen:
a) kwadratische vergelijkingen
b) differentiaal- en integraalrekening
c) kansrekening en statistiek

OPDRACHT 2
Kies in een lesmethode twee paragrafen over verschillende onderwerpen en maak hierbij aanvullend of vervangend materiaal. Werk dit concreet uit, bijvoorbeeld in de vorm van een werkblad dat zo in de les kan worden gebruikt.

SCHOOLPRACTICUMOPDRACHT
Pas in enkele lessen aanvullend lesmateriaal toe. Verwerk de resultaten van deze practicumopdracht in een verslag.

## 10.3 Literatuur/informatiebronnen

*Sites:*
www.ratio.ru.nl
www.fi.uu.nl
www.ctwo.nl
www.henkshoekje.com
www.math.leidenuniv.nl/~vierkant/
www.kennislink.nl
www.digischool.nl