

Aan de Educatieve Faculteit Amsterdam is ervaring opgedaan met digitaal lesmateriaal voor het propedeusevak Analyse, gebaseerd op het computeralgebra-pakket Maple. **Henk Staal** beschrijft de opzet van het experiment en de ervaringen met de studenten. De verwachting is dat de gekozen benadering ook bruikbaar is voor het voortgezet onderwijs.

Computeralgebra spaart ook papier

Een cursus Analyse met digitaal lesmateriaal

Inleiding

Aan de EFA (Educatieve Faculteit Amsterdam) wordt bij de lerarenopleiding wiskunde geëxperimenteerd met het gebruik van informatietechnologie bij het analyse-onderwijs. Bij dit experiment wordt het computeralgebra-pakket Maple gebruikt. Aanleiding voor het schrijven van dit artikel is dat het APS (Algemeen Pedagogisch Studiecentrum) start met een soortgelijk experiment voor de bovenbouw van HAVO en VWO. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de ervaringen die inmiddels zijn opgedaan met propedeuse-studenten van de EFA. Dat kan, omdat de leerinhouden van de propedeuse voor analyse, integraalrekening en verdieping en uitbreiding van de differentiaalrekening direct aansluiten bij die van de bovenbouw HAVO en VWO. Bovendien is aan de EFA, net als in de bovenbouw van HAVO en VWO, een ontwikkeling te zien die beoogt de studenten een actievere rol te geven in het leerproces.

Aanleiding

Informatie en communicatietechnologie

In de lerarenopleiding wiskunde aan de EFA wordt al veel gedaan met de computer (tekstverwerking, spreadsheets, programmeren, werken met VU-dynamo en VU-grafiek). Voor de aanvang van het experiment bestond de wens om aan de slag te gaan met een computeralgebra-pakket. Twijfels en vragen waren:

- hoe is zo'n pakket didactisch te benutten?
- leidt het gebruik van zo'n pakket niet tot een te oppervlakkige verwerking van de leerstof?
- welke gevolgen heeft het gebruik van zo'n pakket voor de toetsing?

Studievaardigheden

Al enkele jaren wordt er van buitenaf op aangedrongen om meer aandacht te besteden aan studievaardigheden als het verzamelen en ordenen van informatie en het presenteren van resultaten van eigen onderzoek. Deze vaardigheden zijn ook verbonden met termen als 'studiehuis',

'leren leren' of 'zelfstandig leren'. Hierbij wordt een groter beroep gedaan op de zelfstandigheid van studenten.

Ervaringen op de opleiding hebben geleerd dat het realiseren van dit soort idealen soms leidt tot een te sterke individualisering. Studenten of groepjes studenten gaan hun eigen weg. Vorderingen en tempo gaan onderling sterk verschillen en de docenten hebben moeite om overzicht te houden. De individueel gerichte begeleiding van studenten kost teveel tijd. Studenten hebben het gevoel 'te zwemmen'.

'Zelfstandig leren' dreigt soms ook gepaard te gaan met een verwarrende hoeveelheid spullen. Om het geheel of gedeeltelijk wegvallen van klassikale instructie op te vangen, zijn er behalve een boek en schrift wellicht ook nodig een studiewijzer, een planner, een logboek, een handleiding voor computergebruik, enzovoort.

Binnen de opleiding wiskunde zochten we daarom naar een onderwijsvorm waarbij de ontwikkeling van studievaardigheden meer aandacht zou krijgen zonder de nadelen van een te sterke individualisering.

Opzet van het experiment

Hieronder wordt geschetst hoe met een experiment voor het vak Analyse in de propedeuse 1997/'98 geprobeerd is de genoemde wensen te realiseren. Een extra stimulans hiervoor was dat er tijd beschikbaar werd gesteld om het experiment voor te bereiden en geschikt lesmateriaal te ontwikkelen.

De cursus Analyse loopt gedurende het hele eerste studiejaar en heeft een totale studielast van 320 uur. Het jaar is verdeeld in vier perioden en in elke periode zijn er zeven lesweken. Per lesweek zijn er acht uren computerpracticum en een theorieles van twee uur. Aan het eind van elk van de vier perioden is er een toets.

Een terugkerend onderdeel van de cursus Analyse in de nieuwe opzet is een computerpracticum. In dat practicum wordt gewerkt met Maple. Maple is een computeralgebra-pakket met mogelijkheden voor tekstverwerking. Binnen een Maple-document kun je dus allerlei wiskundige bewerkingen laten uitvoeren en die ook nog van commentaar voorzien. Dat biedt ook de mogelijkheid om

lesmateriaal in Maple te maken.

Al het lesmateriaal voor het computerpracticum is gemaakt in Maple. Dat lesmateriaal is niet op papier gezet, maar het staat op het computernetwerk. Studenten werken aan de computer de practicumopdrachten door.

De practicumopdrachten en uitwerkingen

Een voorbeeld van zo'n opdracht bij het onderwerp integreren is te vinden in figuur 1.

Maple V Release 4 - [ill1.mws]

File Edit View Insert Format Options Window Help

112 meter

17.1.3 Zie de tekening hierboven.
 Een ravijn is 112 m diep. Aan de rand van het ravijn wordt een pijl recht omhoog geschoten. Nadat de pijl het hoogste punt bereikt heeft, valt de pijl naar beneden en komt terecht op de bodem van het ravijn. We gaan er vanuit dat voor de snelheid van de pijl de volgende formule geldt:
 $s(t) = 24 - 12t$, t is de tijd in seconden vanaf het moment van afschieten, $s(t)$ is de snelheid in meter per seconde.
 Zolang de snelheid positief is beweegt de pijl naar boven. Als de snelheid negatief is beweegt de pijl naar beneden.

a) Op welk tijdstip bereikt de pijl het hoogste punt?
 b) Hoe hoog ligt dit hoogste punt boven de rand van het ravijn?
 c) Stel een formule op voor de hoogte $h(t)$ van de pijl ten opzichte van de rand van de ravijn. Bij het voorbeeld van de renweg hiervoor zijn twee manieren behandeld om aan een dergelijke formule te komen. Gebruik beide manieren en controleer of je hetzelfde krijgt.
 d) Op welk tijdstip valt de pijl op de bodem van het ravijn?
 c) Stel ook een formule op voor de hoogte van de pijl ten opzichte van de bodem van het ravijn.

fig. 1

Direct na de opgave kunnen de studenten hun uitwerking toevoegen aan het document. Het scherm komt er dan bijvoorbeeld uit te zien zoals in figuur 2.

Via het netwerk beschikken de studenten over al het lesmateriaal. Dit bestaat uit opdrachten zoals hierboven, uitleg en instructies. Aan dat materiaal kunnen de studenten hun eigen uitwerkingen, eigen samenvattingen, eigen commentaar toevoegen en het als eigen document opslaan. Zo werkt de student het lesmateriaal om tot een persoonlijk werkboek.

De bespreking tijdens een theorieles

Aan het eind van elke week sturen de studenten hun uitwerkingen van het computerpracticum per email naar de docent. Die uitwerkingen worden vervolgens besproken in een theorieles. De docent kan als lesvoorbereiding nagaan waar moeilijke punten liggen en welke verschillen in aanpak interessant zijn om naar voren te halen. Tijdens de les kan bijvoorbeeld ook bediscussieerd worden of een

d) Op welk tijdstip valt de pijl op de bodem van het ravijn?
 c) Stel ook een formule op voor de hoogte van de pijl ten opzichte van de bodem van het ravijn.

a) De pijl is op het hoogste punt als $s(t) = 0$, dus als $t = 2$.
 b) Integreer over $[0, 2]$:

```
> s:=t->24-12*t;
```

$$s := t \rightarrow 24 - 12t$$

```
> Int(s(t), t=0..2);
```

```
> value(%);
```

$$\int_0^2 24 - 12t \, dt$$

$$24$$

Het hoogste punt ligt 24 m boven de rand van het ravijn.

c) Integreer over $[0, t]$:

```
> Int(s(x), x=0..t);
```

```
> value(%);
```

$$\int_0^t 24 - 12x \, dx$$

$$24t - 6t^2$$

fig. 2

bepaalde uitwerking voldoende beargumenteerd en toegelicht is. Studenten stellen indien nodig op grond van deze bespreking hun eigen uitwerking bij. Aan het eind van de cursus wordt het complete werkboek door de docent beoordeeld.

Presentaties

Tijdens de theorieles houdt de docent ook vaak een presentatie over de theoretische achtergronden van de practicumopdrachten. In het voorbeeld ging het erom dat je een integraal kunt berekenen met behulp van een primitieve functie. In een voorbeeld voorafgaand aan deze opgave wordt dat gedemonstreerd (tot dan toe kennen studenten de integraal slechts als limiet van een rij sommen). Verder valt uit de opgave ook te leren dat er bij een functie meer primitieven zijn. Tijdens de les gaat de docent na in hoeverre studenten deze verbanden al hebben gelegd en wordt het verband tussen integraal en primitieve verder toegelicht.

De studenten houden ook regelmatig zelf een presentatie over de theoretische achtergronden van de practicumopdrachten, vooral bij onderwerpen waarmee ze al redelijk bekend zijn. Ze houden gedurende de cursus elk minstens één presentatie en kunnen hiervoor een keuze maken uit een serie onderwerpen die aan bod moeten komen en die in het lesmateriaal beschreven zijn in de vorm van presentatieopdrachten.

Een voorbeeld van zo'n opdracht:

Demonstreer met behulp van voorbeelden de productregel van het differentiëren en maak deze regel aannemelijk. Geef daarna een afleiding van deze regel.

De student zoekt zelf in de bibliotheek naar voorbeelden en een afleiding. Soms lukt dit ook via Internet. Bij elke presentatie worden de bronnen vermeld en wordt een samenvatting op papier uitgedeeld.

Planning en tempo

De cursus verloopt volgens een strakke planning. Voor de aanvang van de cursus heeft de docent een schema gemaakt waarin per week is aangegeven welke practicumopdrachten gemaakt moeten worden en welk onderwerp er in de theorieles behandeld wordt. Tijdens de eerste theorieles wordt vastgesteld in welke lessen studenten hun presentaties houden.

Voor deze cursus moeten behalve de practicumopdrachten ook een studiewijzer, een planning en presentatieopdrachten gemaakt worden door de docent.

Al dit materiaal is gemaakt in Maple en voor studenten beschikbaar via het netwerk. Dit komt het overzicht ten goede en de verspreiding is eenvoudig. Kopiëren en afspraken maken met de repro-afdeling zijn overbodig geworden. Het materiaal is ook eenvoudig bij te stellen. Het enige schriftelijke materiaal is de verzameling samenvattingen van de presentaties, die groeit gedurende de cursus. Daarnaast kunnen studenten, als ze dat prettig vinden, zelf delen van het materiaal uitprinten.

Tot nu toe werd voor een nieuw te ontwikkelen cursus doorgaans een syllabus geschreven. Dat betekende dat een docent uit de literatuur theorie en opgaven selecteerde en die zodanig ordende en herschreef dat er een op de studenten afgestemde leergang ontstond. In het experiment ligt het accent op het plannen van activiteiten voor studenten en het formuleren van opdrachten. Voor de theoretische achtergronden wordt gebruik gemaakt van bestaande bronnen in de bibliotheek en op Internet. Het werk dat hieraan vastzit, wordt voor een deel door studenten zelf gedaan bij de voorbereiding van hun presentaties.

Toetsing

De toetsing bestaat uit een praktisch deel en een theoretisch deel.

Het praktische deel vindt plaats aan de computer. Hierin wordt de vaardigheid getoetst om met behulp van Maple problemen uit de analyse op te lossen. Studenten mogen hierbij hun eigen werkboek raadplegen.

Bij het theoretische deel wordt de computer niet gebruikt. Hierin worden de onderwerpen van de presentaties in de theorielessen getoetst.

Verder moet elke student:

- Minstens één presentatie houden. Medestudenten beoordelen of de presentatie helder was. De docent let vooral op de wiskundige correctheid.
- Een eindopdracht maken. Die wordt beoordeeld door een groepje medestudenten dat het materiaal doorwerkt. De docent let er weer op of alles wiskundig klopt.

- Een compleet werkboek inleveren. Dit wordt door de docent beoordeeld.

De rol van computeralgebra

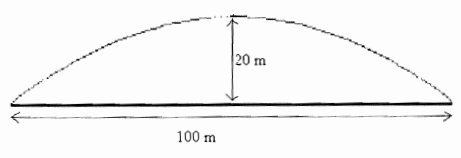
Door de wiskundige mogelijkheden van Maple zijn studenten al bezig met de wiskunde die nog aan de orde moet komen in de daarop volgende theorieles. Door het maken van vraagstukken experimenteren ze al met wiskundige begrippen die achteraf in de theorieles geëxpliciteerd, toegelicht en beredeneerd worden. Dit betekent een omkering van de gebruikelijke manier van werken: behandelen van een nieuw onderwerp in de les en daarna thuis oefenen met opgaven. Het huiswerk is al gemaakt en bekeken door de docent voordat de les begint. De bedoeling is dat op die manier zowel de studenten als de docent goed voorbereid aan de les beginnen en de studenten snel reacties krijgen op hun werk. De docent kan ook van week tot week vrij eenvoudig constateren of er studenten zijn die dreigen af te haken.

Dit kan allemaal omdat met Maple studenten vraagstukken kunnen oplossen die zonder dit hulpmiddel niet te maken zijn. Ter toelichting kijken we nog eens naar het onderwerp integreren. Dit wordt tijdens het practicum ingeleid met het volgende probleem (figuur 3).

A14 Oppervlakten benaderen met rechthoeken

14.1 Oppervlakte van een gevel

Een architect ontwerpt een overdekt zwembad. Zij wil de daklijn van dat gebouw de vorm van een parabool geven. In het midden moet het gebouw 20 m hoog worden. De breedte van het gebouw moet 100 m worden. Hieronder zie je een tekening van de voorgevel van het gebouw.



Voor het berekenen van de hoeveelheden van allerlei materialen moet de architect onder andere weten hoe groot de oppervlakte is van deze voorgevel. In dit hoofdstuk wordt stap voor stap gedemonstreerd hoe je dat kunt aanpakken. Voordat je dit doorwerkt kun je, als je dat aantrekkelijk vindt, proberen zelf een methode te vinden om die oppervlakte te bepalen.

14.1.1 Maak een schatting van de oppervlakte van de gevel

fig. 3

Een voor de hand liggende aanpak van dit probleem is om een functievoorschrift op te stellen voor de daklijn en de

oppervlakte te benaderen met behulp van rechthoeken (figuur 4).

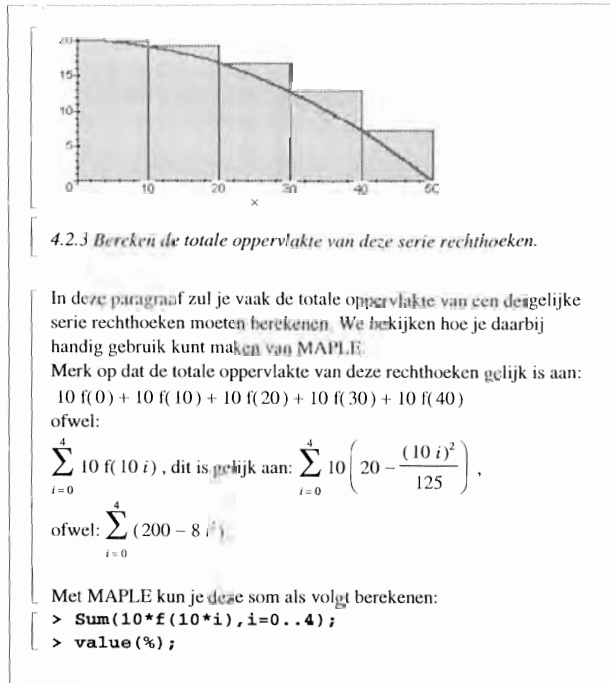


fig. 4

Als je eenmaal weet hoe je de oppervlakte van zo'n serie rechthoeken met Maple kunt berekenen, kun je je benadering verfijnen door de breedte van de rechthoeken steeds kleiner te kiezen. Je kunt een idee krijgen van de nauwkeurigheid van de benadering door ook een serie rechthoeken te nemen die net onder de grafiek liggen (figuur 5).

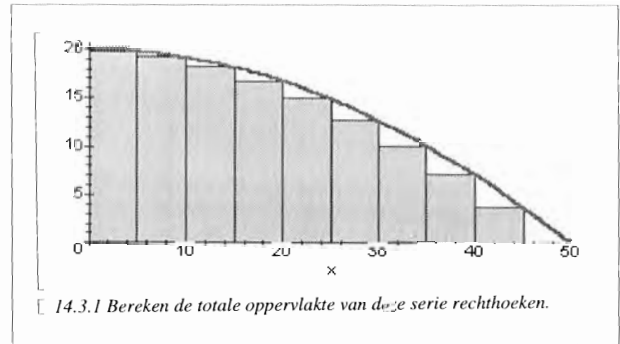


fig. 5

Het resultaat van die stapsgewijze verfijning is te vinden in figuur 6.

De volgende stap is om de oppervlakte precies te berekenen door het aantal rechthoeken naar oneindig te laten gaan en de limiet te nemen (figuur 7).

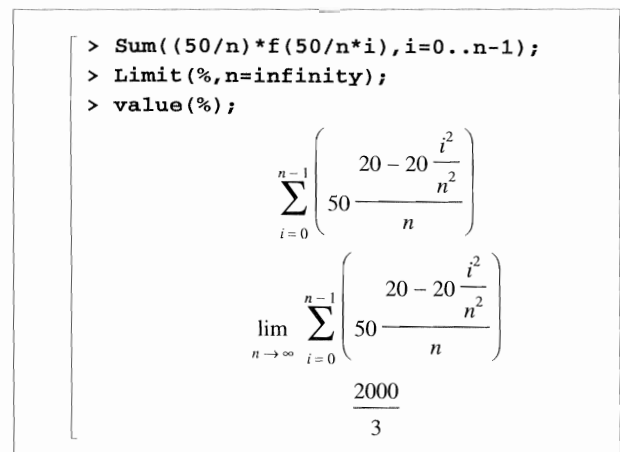


fig. 7

Aantal rechthoeken	"ruime benadering"	"zuinige benadering"	verschil
5	$\sum_{i=0}^4 \frac{50 f\left(\frac{50 i}{5}\right)}{5} = 760 m^2$	$\sum_{i=1}^5 \frac{50 f\left(\frac{50 i}{5}\right)}{5} = 560 m^2$	$200 m^2$
10	$\sum_{i=0}^9 \frac{50 f\left(\frac{50 i}{10}\right)}{10} = 715 m^2$	$\sum_{i=1}^{10} \frac{50 f\left(\frac{50 i}{10}\right)}{10} = 615 m^2$	$100 m^2$
20	$\sum_{i=0}^{19} \frac{50 f\left(\frac{50 i}{20}\right)}{20} = \frac{2765}{4} m^2$	$\sum_{i=1}^{20} \frac{50 f\left(\frac{50 i}{20}\right)}{20} = \frac{2565}{4} m^2$	$50 m^2$

fig. 6

Verderop in de cursus komt de primitieve functie te voorschijn door hetzelfde te doen over een interval met lengte x . Maple rekent de limiet uit, uitgedrukt in x . Dat de functie die de daklijn weergeeft de afgeleide is van die primitieve, moet natuurlijk verklaard worden. Daar zijn de theorielessen voor.

Zonder computeralgebra is dit ook te doen, maar dat veronderstelt aardig wat voorkennis over het berekenen van limieten van rijen en reeksen en veel handigheid in het manipuleren met formules. En ook al beschik je daarover, dan nog loop je het risico het overzicht te verliezen vanwege de tijdrovende lange berekeningen. Het voordeel van het gebruik van een computeralgebra-pakket is dat je je kunt concentreren op de strategie:

- de oppervlakte benaderen met rechthoeken
- het aantal rechthoeken steeds groter nemen
- de limiet nemen
- hetzelfde doen over een interval met lengte x .

Het computeralgebra-pakket voert moeiteloos de bijbehorende formulemanipulaties en berekeningen voor je uit. Je kunt je dan ook permitteren om dezelfde strategie toe te passen op andere functies. Dat telkens weer de afgeleide van de nieuwe functie de oorspronkelijke functie oplevert, vraagt om een verklaring. Je bent dan klaar om het geheim van de integraalrekening te gaan begrijpen.

Daarna kun je oefenen om een aantal bewerkingen 'met de hand' uit te voeren. Ook al beschik je over een computeralgebra-pakket, voor een goed begrip van het geheel zul je ook zelf functies moeten kunnen primitiveren.

Resultaten

In het begin van dit artikel is de wens geschetst om te komen tot een cursusopzet waarbij:

- de mogelijkheden van een computeralgebra-pakket benut worden, zonder dat dit leidt tot een oppervlakkige verwerking van de leerstof
- tevens moet worden uitgezocht hoe je een dergelijke manier van werken toetst
- vaardigheden getraind worden die overeenkomen met studiehuisachtige ideeën, zonder dat docent en studenten het overzicht verliezen en de zaak onbeheersbaar wordt.

Het lijkt erop dat we met dit experiment de goede richting te pakken hebben.

Reacties van studenten

Het experiment heeft plaatsgevonden in het cursusjaar 1997/'98. Inmiddels is een nieuwe groep eerstejaars begonnen aan dezelfde cursusopzet.

Het is moeilijk om het effect van zo'n experiment te meten. Duidelijk is wel dat studenten allerlei activiteiten ondernemen waarvan je zou verwachten dat ze bijdragen tot het leren raadplegen van bronnen, zelfstandig problemen oplossen, presenteren en het gebruik maken van geschikte software. Het oordeel van studenten over het experiment is wel een aanwijzing voor het effect. De studenten

hebben te maken met een overgangsfase. De meeste cursussen worden nog gegeven in 'oude stijl'. Studenten kunnen dus vergelijken. Uit de cursusevaluaties blijkt dat studenten positief zijn over het experiment. Opvallend positieve punten zijn de leerzaamheid van de cursus en de kwaliteit van de begeleiding. Hoog scoorde de leerzaamheid van het zelf voorbereiden en uitvoeren van een presentatie. Gemiddeld blijkt dat studenten het geplande aantal uren (320 uren) besteed hebben aan deze cursus. Ook dat is een positief punt: in het HBO komt het vaak voor dat studenten bij evaluaties te kennen geven lang niet het geplande aantal uren nodig te hebben voor een cursus.

Reacties van de docent

Voor het voorbereiden van het experiment en het ontwikkelen van het materiaal beschikten de docenten over extra tijd. Binnen de normale tijd die voor het geven van een cursus beschikbaar is, is het onmogelijk om een dergelijk experiment voor te bereiden.

Tijdens het uitvoeren van het experiment ging veel tijd zitten in het wekelijks bekijken van de uitgewerkte opdrachten van studenten en het aan het eind van de cursus beoordelen van de werkboeken. Gaandeweg de cursus werd tijd bespaard door niet van elke student de uitwerkingen door te nemen. Door hierin voldoende variatie aan te brengen en representatieve gevallen in de les te bespreken, krijgt elke student toch voldoende houvast om de eigen uitwerking bij te stellen. De werkboeken zullen voor het komende cursusjaar beoordeeld worden op enkele 'kernopdrachten'. Zo wordt voorkomen dat elk werkboek van begin tot eind doorgenomen moet worden. Naar verwachting is de cursus daardoor uit te voeren binnen de beschikbare tijd.

Een opvallend punt zijn de presentaties van studenten. Studenten werkten hier veel enthousiaster aan dan verwacht en er was veel minder begeleiding nodig dan voorzien. Waarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat het gaat over stof die ze gedeeltelijk al eerder gezien hebben. Enige bekendheid met het onderwerp vergemakkelijkt het zoeken in de bibliotheek. De betekenis van Internet zal hierbij toenemen. Bij de cursus van dit jaar hield een student een presentatie over de afleiding van de abc -formule; daarbij gaf hij een historisch overzicht. Alle benodigde informatie was van het Internet geplukt.

Dit experiment is nog maar een eerste stapje in het denken over de didactische mogelijkheden van computeralgebra. Vergeleken met oude cursussen wordt er minder aandacht besteed aan 'algebraïsche vaardigheden', zoals allerlei trucs bij het primitiveren van functies. Daardoor was er meer tijd om aandacht te besteden aan achtergronden en theorie.

Een open vraag is welke 'algebraïsche vaardigheden' toch nog getraind moeten worden, ook al heb je een computeralgebra-pakket. Je kunt zo'n pakket niet goed ge-

bruiken als je bijvoorbeeld niet zelf op zijn minst eenvoudige functies 'met de hand' kunt primitieveren. Zeker is wel dat de aanwezigheid van een computeralgebra-pakket het trainen van dit soort vaardigheden niet in de weg staat. Als ze echt belangrijk zijn, moet je ze ook gewoon blijven toetsen met een toets die afgenomen wordt zonder computergebruik. Studenten vonden het vanzelfsprekend dat de toetsen ook onderdelen bevatten die gedaan moeten worden zonder computer. Het blijft ook in hun ogen immers gaan om het leren van wiskunde.

Het gebruik van Maple kan ertoe leiden aan bepaalde onderwerpen extra aandacht te besteden. Een voorbeeld hiervan is het verschil tussen irrationale en rationale getallen en daarmee samenhangend exacte en benaderde oplossingen van vergelijkingen. Het gebeurt natuurlijk vaak dat Maple geen exacte oplossingen, maar (met een ander commando) benaderingen van een vergelijking geeft. Wil je het pakket verstandig kunnen gebruiken en het verschil begrijpen, dan is het nodig dat je hiervan de achtergrond weet.

Opvallend is de hoge inzet van studenten. Waarschijnlijk werkt het wekelijks inleveren en het direct daarna bespreken van het werk sterk motiverend. Als het een week niet lukt, valt dat ook meteen op. Bovendien is er een gunstige wederzijdse afhankelijkheid. De theorieles kan alleen maar interessant zijn als docent en studenten vooraf het afgesproken werk gedaan hebben.

Ook het grote repertoire van Maple heeft een gunstige invloed op de inzet van studenten. Maple is zo'n krachtig hulpmiddel, dat je altijd wel iets kunt proberen om een probleem op te lossen. Wel blijkt dat sommige studenten, zeker in het begin, te snel tevreden zijn met een uitkomst. Er is zeker het gevaar van te oppervlakkige verwerking van de opdrachten. Het is nodig om regelmatig in de theorielessen uitwerkingen van studenten naar voren te halen en daar kritische vragen bij te stellen. Werkboeken moeten er ook op gecontroleerd worden of de in opdrachten gevraagde verklaringen en toelichtingen gegeven worden.

Het experiment versterkt mijn mening dat het bij 'zelfstandig leren' geen zin heeft om studenten of leerlingen veel vrijheid te geven in het plannen van hun activiteiten. Na je studie moet je meestal binnen een tijd die je niet zelf kunt bepalen iets voor elkaar krijgen. Al direct na de middelbare school is er op universiteit en hogeschool een strak gehanteerde norm voor de maximale studieduur. Bovendien kan het zelf plannen leiden tot sterke onderlinge verschillen in tempo waar iedereen zich maar bij neer te leggen heeft. Het wordt dan onmogelijk om inspirerende klassikale momenten te organiseren.

De zelfstandigheid zit vooral in de manier waarop de zaken aangepakt worden. Als je er daarnaast via een strakke planning voor zorgt dat toch iedereen met dezelfde inhoud bezig is geweest, is het voor de docent mogelijk om snel te reageren op de aanpak en heeft het ook zin om bij-

eenkomsten te organiseren waarin leerlingen van elkaars aanpak kunnen leren.

Een experiment voor HAVO en VWO

Het APS gaat op enkele scholen een experiment opzetten voor de bovenbouw van HAVO en VWO. Het is de bedoeling om in samenwerking met de wiskundeleraars van die scholen bij een nader te bepalen onderwerp (één hoofdstuk uit het leerboek) een soortgelijke werkwijze te volgen als in het hiervoor geschetste experiment. Met de deelnemende docenten zal nagegaan worden hoe die manier van werken aangepast kan worden aan de mogelijkheden en wensen die de school heeft. Het APS zorgt voor de ontwikkeling van het benodigde materiaal.

Examen

Tijdens het experiment leren de leerlingen onder andere werken met een computeralgebra-programma. Zo'n programma kan niet gebruikt worden op het Centraal Schriftelijk Eindexamen. Daarom zullen de voor dit examen benodigde vaardigheden met het materiaal zodanig getraind worden dat ze ook zonder hulp van de computer uitgevoerd kunnen worden.

Voor de onderdelen 'praktische opdrachten' en 'profielwerkstukken' is het gebruik van computeralgebra natuurlijk wel toegestaan en daar kan het ook een groot voordeel zijn. Leerlingen hoeven bij het maken van een werkstuk ingewikkelde berekeningen niet uit de weg te gaan. Bovendien kunnen ze profiteren van zo'n pakket bij de vormgeving van het werkstuk.

Software

Bij het experiment aan de EFA wordt Maple gebruikt. In Maple kun je binnen een zelfde document zowel tekst verwerken als wiskundige bewerkingen uitvoeren. Zowel tekst als wiskunde zijn eenvoudig bij te stellen, je hoeft niet te switchen van het ene programma naar het andere. Door een file op een computernetwerk te zetten of per email te versturen, kun je het resultaat van je werk op een eenvoudige en snelle manier aan anderen beschikbaar stellen. Bij het experiment aan de EFA is deze mogelijkheid van Maple benut door het maken van interactief lesmateriaal en door ervoor te zorgen dat de docent steeds kan reageren op het werk van studenten. Je zou kunnen spreken van een digitale leeromgeving. Maple wordt op veel hogescholen en universiteiten gebruikt. Dat pleit voor Maple. Maar dit voordeel is tegelijk ook een nadeel. Maple is een omvangrijk pakket. Didactisch is het geen bezwaar om maar een klein deel van het pakket te gebruiken, maar de prijs is dan aan de hoge kant.

Gelukkig zijn er ook andere mogelijkheden voor het voortgezet onderwijs. Studyworks is bijvoorbeeld een pakket dat goedkoper is en speciaal gemaakt voor deze doelgroep. In een Studyworksdocument kun je net als bij Maple wiskundige bewerkingen en tekst combineren. Bij Wolters-Noordhoff verschijnt binnenkort een Neder-

landstalige versie van dit programma. Voor zowel Maple als Studyworks is een computer nodig waarop minimaal Windows 3.1 draait. Het is de bedoeling om scholen die deelnemen aan het experiment zelf de keuze te laten maken voor of Maple of Studyworks.

Docenten die belangstelling hebben voor dit experiment kunnen meer informatie krijgen bij het Informatiepunt wiskunde van het APS.

Henk Staal, Educatieve Faculteit Amsterdam

Studiedag Computeralgebra

APS en EFA organiseren samen een studiedag voor wiskundedocenten die geïnteresseerd zijn in computeralgebra.

Onderdelen:

- introductie in de mogelijkheden van Maple en Studyworks
- practicum aan de computer
- uiteenzetting van de mogelijkheden van Maple en Studyworks bij de wiskunde in de bovenbouw van HAVO en VWO
- gelegenheid om zelf te experimenteren met voorbeelden van lesmateriaal voor de bovenbouw HAVO en VWO
- toelichting hoe dit materiaal in de klas gebruikt kan worden in een 'Digitale Leeromgeving'
- voorbeelden van toepassing bij 'Praktische Opdrachten'
- informatie over eventueel meedoen aan het experiment in 1999/2000.

Datum: donderdag 10 februari 1999

Tijd: 10.00 - 16.30 uur

Plaats: Centrum voor Leertechnologie van de Educatieve Faculteit Amsterdam, Wibautstraat 2-4, Amsterdam

Kosten: f 200,-

Deelnemers krijgen een CD-rom met een 'trial version' van Maple. Hiermee kan 43 dagen met het volledige programma geëxperimenteerd worden.

Een inschrijvingsformulier voor de studiedag Computeralgebra kan aangevraagd worden bij het Informatiepunt wiskunde van het APS.

adres: Zwarte Woud 2, 3524 SJ Utrecht

postadres: Postbus 85475, 3508 AL Utrecht

Telefoon: 030-2856722

Fax: 030-2890182

email: wiskunde@aps.nl

Wintersymposium

Het Wintersymposium van het Wiskundig Genootschap zal in 1999 plaatsvinden op zaterdag 9 januari en wordt gehouden in het Johan van Oldenbarnevelt Gymnasium, Thorbeckeplein 1, Amersfoort.

Het symposium is in de eerste plaats bedoeld voor leraren, maar natuurlijk is iedere belangstellende van harte welkom. Het symposium is dit keer gewijd aan *bewijzen*.

In twee voordrachten wordt aandacht besteed aan een aantal bewijzen en bewijsmethoden, waarbij onder andere bewijzen in de discrete wiskunde en bewijzen en pseudobewijzen uit de Griekse wiskunde aan de orde komen. In de derde lezing staat het bewijs in het wiskundeonderwijs centraal.

programma

9.30-10.00 ontvangst met koffie

10.00-11.00 *De charme van het bewijzen*

prof. dr. R. Tijdeman

11.00-11.15 pauze met koffie

11.15-12.15 *Bewijzen in de Griekse wiskunde*

prof. dr. A.W. Grootendorst

12.15-13.30 pauze, waarin men deel kan nemen aan een gezamenlijke lunch

13.30-14.30 *Bewijzen in het onderwijs*

prof. dr. F.J. Keune

Deelname is gratis. Wie wil meedoen aan de gezamenlijke lunch wordt verzocht voor 31 december 1998 f 17,50 over te maken op gironummer 3391318 t.n.v. R. Bosch, Heiakker 16, Prinsenbeek. Wie in aanmerking wil komen voor een certificaat vermeldt bij betaling: Certificaat. Indien u niet wilt deelnemen aan de lunch maar wel een certificaat wenst, stuurt u een briefje met dit verzoek naar bovengenoemd adres.

Voor inlichtingen kunt u bellen naar 076-5273267 (overdag) of 076-5419757 ('s avonds).