

# Wiskunde in een webgebaseerde leeromgeving

Léon Tolboom

Instituut voor Didactiek en Onderwijsontwikkeling, Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen, Rijksuniversiteit Groningen

## Samenvatting

*Dit rapport beschrijft een door NWO (in het kader van het programma ‘Leraar in Onderzoek’) gefinancierd onderzoek naar het ontwerpen van een wiskundemodule in een webgebaseerde leeromgeving (WLO). In twee achtereenvolgende jaren is een onderdeel uit het curriculum van het voortgezet onderwijs (‘vlakke meetkunde’ uit klas 1 HAVO/VWO, respectievelijk ‘logaritmische functies’ uit VWO 4 Wiskunde B1) in een WLO volgens een aantal ontwerpregels vormgegeven en in verschillende klassen gebruikt. Naar aanleiding van de ervaringen met het ontwerp uit het cursusjaar 2004-2005 zijn deze ontwerpregels aangepast en is er in het tweede jaar nieuw materiaal ontwikkeld, in klassen ingezet en is het gebruik hiervan geëvalueerd. Hoewel er sprake was van een significante toename van het plezier in de lessen, heeft dit niet geleid tot een verbetering van de leerresultaten ten opzichte van een controlegroep.*

*Dit rapport beoogt door het beschrijven van de gehanteerde ontwerpregels, de ervaringen van de docenten en leerlingen met het ontwikkelde materiaal en de functionaliteiten van de gebruikte WLO en met de aanbevelingen die uit het onderzoek voortvloeien ideeën kunnen geven aan docenten die een WLO willen gebruiken in hun (wiskunde)onderwijs.*

## 1. Achtergrond onderzoek

Het gebruik van webgebaseerde leeromgevingen (WLO's) in het onderwijs is de laatste jaren aanzienlijk toegenomen. In Nederland is het toegenomen gebruik echter voornamelijk op conto van het Hoger en Wetenschappelijk Onderwijs te schrijven. Zo maakt volgens de ICT-Onderwijsmonitor [1] zowel in 2003-2004 als in 2004-2005 77% van de docenten uit het Voortgezet Onderwijs (VO) nooit gebruik van een ELO<sup>1</sup>, terwijl in de genoemde jaren op bijvoorbeeld de PABO's het percentage docenten dat geregeld gebruik maakt van een ELO gegroeid is van 25% naar 47%. Bovendien blijkt uit een vergelijking van de bezoekersaantallen van de WLO die op de Rijksuniversiteit Groningen in het onderwijs gebruikt wordt en de (technisch identieke) WLO die door de Rijksuniversiteit Groningen wordt aangeboden aan een aantal scholen uit het VO, dat in het cursusjaar 2002-2003 de WLO door de universitaire studenten per individu ongeveer 20 keer zo vaak gebruikt wordt als de WLO door de VO-scholieren. Hoewel verschillende studies [2] op de voordelen wijzen die het gebruik van een WLO kan bieden, worden WLO's dus relatief weinig gebruikt in het VO.

Het hier beschreven onderzoek kende een voortraject. In 2003-2004 heeft een pilotstudy plaatsgevonden naar de mogelijkheden tot communicatie die een WLO

---

<sup>1</sup> ‘ELO’ staat voor elektronische leeromgeving; in veel Nederlandstalige literatuur wordt het begrip ‘elektronische leeromgeving’ gebruikt waar feitelijk het nauwere begrip ‘webgebaseerde leeromgeving’ wordt bedoeld.

biedt in het onderwijs van het VO. Eén Havo-leerling heeft een WLO gebruikt als communicatiemiddel in het werk aan zijn profielwerkstuk over de 17<sup>e</sup>-eeuwse landmeetkundige technieken van de Nederlandse wiskundige Cardinael. In deze pilotstudy bleek de gebruikte WLO een zeer efficiënt medium om het onderzoekswerk van de leerling met meerdere docenten te begeleiden; de betreffende docenten konden onafhankelijk van elkaar commentaar leveren op het door de leerling geplaatste werk en de voortgang van het werk van de betreffende leerling was te allen tijde zichtbaar voor de betrokken partijen.

In datzelfde jaar heeft een andere pilotstudy plaatsgevonden waarin een VWO 4-klas het onderwerp 'Periodieke functies' in een WLO bestudeerd heeft [3]. De ervaringen in beide pilotstudy's hebben geleid tot de hypothese dat het werken in een WLO kan leiden tot verhoging van de motivatie en van het gevoel van betrokkenheid bij de leerling.

## 2. Vraagstelling

Naar aanleiding van de hierboven genoemde ervaringen zijn bij de start van dit onderzoek de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Wat zijn de ontwerpregels voor het ontwikkelen van een wiskundemodule in een WLO?
2. Kan het gebruik van een wiskundemodule (ontwikkeld aan de hand van deze ontwerpregels) leiden tot betere resultaten vergeleken met de traditionele situatie van het werken uit een boek?
3. Zijn er vakspecifieke ontwerpregels?
4. Zijn er onderwerpspecifieke eisen aan het ontwerp van een wiskundemodule in een WLO?
5. Over welk didactisch instrumentarium dient een docent te beschikken wanneer er gebruik wordt gemaakt van een wiskundemodule in een WLO?

## 3. Onderzoeksmethode

Het onderzoek is gebaseerd op het ontwerpen van onderwijs, het daadwerkelijk gebruiken van dat onderwijs in een "levensechte situatie", het observeren van dit onderwijs en het systematisch evalueren met de gebruikers (docenten en leerlingen). Er is een cyclische aanpak: eerste ontwerp, gebruik, evaluatie, aanpassing voor tweede ontwerp, gebruik, evaluatie en conclusies. Hierdoor valt dit onderzoek volgens de typering van Van den Akker [4] en Van den Akker et al [5] te plaatsen onder de noemer 'ontwikkelingsonderzoek'.

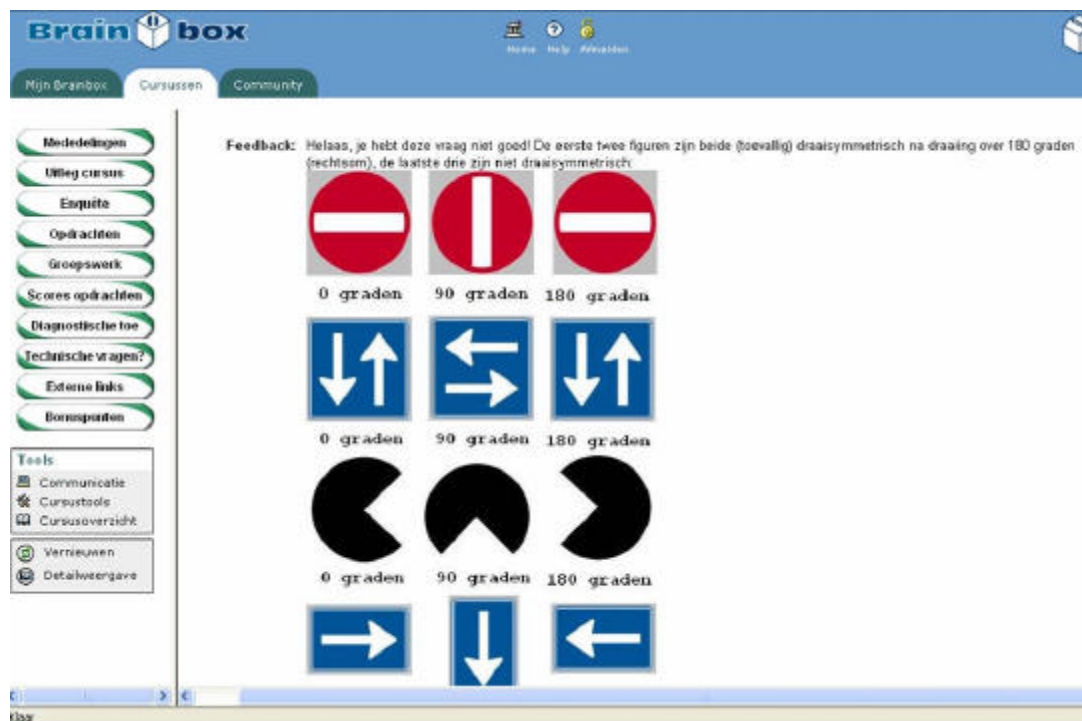
Uitgaande van een initiële set ontwerpregels (zie 4.1) is voor het cursusjaar 2004-2005 een module ontwikkeld voor leerlingen uit de eerste klas HAVO/VWO, rondom het onderwerp 'Vlakke meetkunde'. Deze module is in verschillende klassen gebruikt ter vervanging van het gelijksoortige hoofdstuk uit het boek. Dit was noodzakelijk voor een zinvolle vergelijking met de controlegroep. Lesobservaties, vragenlijsten, gebruikersstatistieken en interviews leidden tot verschillende kwalitatieve en kwantitatieve gegevens. Tot slot werden de resultaten op de (schriftelijke) eindtoets vergeleken met die van de controlegroepen die vanuit het boek gewerkt hebben en dezelfde eindtoets werd voorgelegd.

Aan de hand van de ervaringen in deze eerste ronde is vervolgens de verzameling ontwerpregels op bepaalde punten aangepast en daarna een nieuwe module ontwikkeld voor leerlingen uit de vierde klas VWO rondom het onderwerp ‘Logaritmische functies’. Ook de lessen vanuit deze module zijn geobserveerd en geëvalueerd. De resultaten van de (dit keer deels digitale) eindtoets zijn wederom vergeleken met die van de controlegroepen die vanuit het boek aan het onderwerp gewerkt hebben. Als bijlage is toegevoegd de tabel met de aantallen lessen, leerlingen en lesobservaties.

## 4 De ervaringen uit de eerste ronde van het onderzoek

### 4.1 Het eerste ontwerp

In het najaar van 2004 is in een Blackboard-omgeving (Blackboard versie 6.2) het onderwerp ‘Vlakke meetkunde’ voor de eerste klas HAVO/VWO tot een module verwerkt. Voorafgaand aan deze module is een aantal modulen ontwikkeld -en voor een deel in klassensituaties gebruikt- met als onderwerpen ‘Informatieverwerking’, ‘Stelling van Pythagoras’, ‘Statistiek’ en ‘Kansrekening’. Omdat de module ‘Vlakke meetkunde’ de laatste in deze reeks was, voldeed deze module het best aan het op dat moment aanwezige inzicht: gaandeweg het ontwerpen en testen van modules groeide het idee dat de toegevoegde waarde die een WLO ten opzichte van een boek kan bieden, de *interactiviteit* is die middels verschillende functionaliteiten geboden wordt. Via de *toetsgenerator* van de WLO kan vooraf gegenereerde feedback aan de leerling gepresenteerd worden, al dan niet vergezeld door een score, zie figuur 1.



Figuur 1

Verder is er in het eerste ontwerp voor gekozen om de *forumfunctie* in te zetten om groepswerk in te laten plaatsvinden. Een illustratie van deze functionaliteit is in

figuur 2 te vinden, waarbij moet worden opgemerkt dat de vermelde data en tijdstippen identiek zijn geworden door een update van de software:

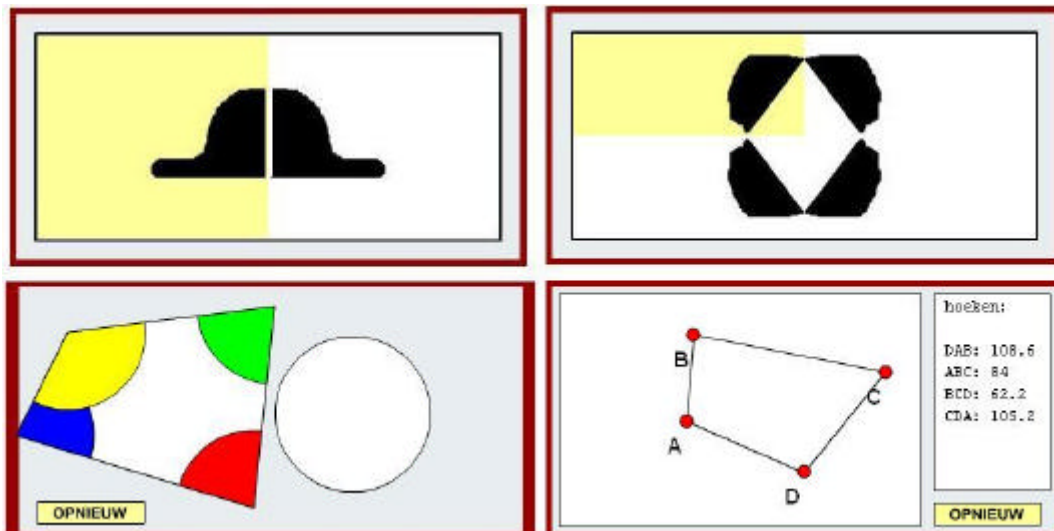
	Titel	Bezoeken	Antw.	Status	Oprinnelijk subacties	Totale aantal berichten
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 1</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 2</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">titel en toe het verlag van paragraaf 2</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	5
<input type="checkbox"/>	<a href="#">nog iets voor samenvatting</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 3</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Wat is dan de schijnmodel in voor het dag van par 2</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	8
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Aanvragen voor groep 5</a>		Talboom, Léon	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Ernog iets, Erik...</a>		Talboom, Léon	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 4 paragraaf 2</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	4
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 3 van paragraaf 2</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">Schaal van samenvatting Paragraaf 2</a>		Talboom, Léon	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">van wat talboom</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">lyce kun je een teken</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">aantekening paragraaf 2</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">van wat en Julia</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	1
<input type="checkbox"/>	<a href="#">vraag 4</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	8
<input type="checkbox"/>	<a href="#">van wat</a>		Dertsen, Tyche	Gepubliceerd	0	2
<input type="checkbox"/>	<a href="#">aantekening paragraaf 2</a>		Middel, Erik	Gepubliceerd	0	2

Figuur 2

Een belangrijk verschil tussen beide vormen van interactiviteit is dat de toetsgenerator leidt tot feedback die onmiddellijk verschijnt, maar vooraf is geschreven en dat er in het forum met vertraging feedback (van docent, ontwerper of medeleerling) verschijnt. Deze laatste vorm van feedback kan dan overigens wel beter op maat zijn dan de feedback die via de toetsfunctie verschijnt. Wel lijkt het aannemelijk dat er een motiverende werking uitgaat van het feit dat de feedback op een ingeleverd antwoord vergezeld gaat van een score.

Het onderwerp werd op dezelfde wijze als in de methode ‘Moderne Wiskunde’ (Moderne Wiskunde, 1b havo vwo, 7<sup>e</sup> editie) in paragrafen opgedeeld. Praktische activiteiten als een spiegel plaatsen op een figuur om spiegelsymmetrie te zoeken, het draaien van een kopie van een figuur om draaisymmetrie te zoeken en het uitknippen en tegen elkaar aanleggen van de hoeken van een veelhoek om de hoekensom te bepalen werden vervangen door ontwikkelde Flash-applets, zie figuur 3.

De uitleg over de constructie van een deellijn van een hoek vervat in een Flash-filmpje.



Figuur 3

Het forum werd in eerste instantie als volgt ingezet: iedere leerling werd in een groepje van grootte drie of vier ingedeeld en werd geacht na afloop van een paragraaf een samenvatting van het geleerde te schrijven en op het forum van de genoemde paragraaf van zijn groepje te plaatsen. Hierna kon deze leerling de samenvattingen van de anderen uit zijn groepje lezen en van commentaar voorzien en commentaar van anderen verwachten op zijn eigen samenvatting. Deze interactie leidt vervolgens tot een groepssamenvatting. De samenvattingen en de discussies werden gevolgd en geregeld aan- en bijgestuurd door de docent en door de ontwerper, waarna de laatste bonuspunten uitdeelde aan de individuele leerlingen op grond van hun getoonde inzet en op grond van de kwaliteit van de samenvattingen en van het geleverde commentaar.

Uitgangspunt voor de verzameling van initiële ontwerpregels vormen de zogenaamde zeven principes voor het goed doceren in het hoger onderwijs [6]:

- Principe 1: Stimuleer contact tussen studenten en docenten
- Principe 2: Stimuleer samenwerking tussen studenten
- Principe 3: Gebruik actieve leertechnieken
- Principe 4: Zorg voor feedback
- Principe 5: Zorg voor een efficiënte en effectieve tijdsbesteding
- Principe 6: Verwacht veel van studenten
- Principe 7: Respecteer verschillende talenten en leermethoden

Via het gebruik van het forum, waar leerlingen reflecteren op hun eigen leerproces en hier met elkaar over discussiëren, is aan de principes 1 t/m 3 voldaan.

Via het intensieve gebruik van de toetsfunctie van de WLO is aan principe 4 voldaan.

Via het plaatsen van mededelingen over het te doorlopen proces wordt aan principe 5 voldaan.

Via het plaatsen van een diagnostische toets wordt duidelijk gemaakt wat het niveau is van de determinerende toets en wordt zo aan principe 6 voldaan.

Via het vragen aan iedere leerling om een eigen samenvatting per paragraaf, wordt aan principe 7 voldaan.

De module voldoet aan de volgende (vooraf geformuleerde) verzameling ontwerperegels:

1. maak optimaal gebruik van de mogelijkheden van het medium (i.c. van *dynamiek* en *interactiviteit*)
2. creëer ruimte voor en zet aan tot *reflectie* en tot *samenwerkend leren*
3. een onderwerp wordt ‘*uitputtend*’ behandeld
4. laat leerling zelf theorie formuleren

ad 1.& 2.: in een WLO kan technisch gezien méér dan in een boek. Gezocht dient te worden naar nuttige toepassingen van de technische mogelijkheden van het medium.

ad 3.: bedoeld wordt dat een module een onderwerp in zijn geheel dient te bevatten (vergelijk met een hoofdstuk uit een leerboek) én dat het onnodig moet zijn om naast de computer nog andere hulpmiddelen (als pen en papier) te gebruiken.

## 4.2 Het eerste ontwerp: ervaringen tijdens de lessen

De ontwikkelde module ‘Vlakke meetkunde’ werd in de periode mei-juli 2005 door vijf verschillende klassen op drie verschillende scholen gebruikt. Het betrof hier scholen die sinds ongeveer twee jaar de beschikking hadden over de door de Rijksuniversiteit Groningen gehoste Blackboard-omgeving. Om een duidelijk beeld te krijgen van de gebruikerservaringen met de ontwikkelde module, werd aan elk van de vijf klassen een klas van dezelfde school gekoppeld die vanuit het boek aan dit onderwerp werkten. De ontwikkelde module werd gedurende zes lessen gebruikt.

Wat in eerste instantie opviel was het grote verschil tussen de scholen op het gebied van ICT: terwijl er scholen waren waar duidelijk zichtbaar was dat er vaker probleemloos klassikaal gebruik werd gemaakt van computers, wisten op één van de betrokken scholen de leerlingen helemaal niet dat ze vanuit school een emailadres hadden. Op een andere school bleken er per leerling twee verschillende gebruikersnamen voor de WLO te zijn. Met het ene type gebruikersnamen waren de leerlingen aan de module toegevoegd, met het andere meldden ze zich aan waarna het twee lessen duurde voordat duidelijk werd waardoor zij de module niet in beeld konden krijgen. Verder was er op een tweetal scholen geregeld sprake van overbelasting van het schoolnetwerk, waardoor internetverkeer vrijwel niet meer mogelijk was. “Wij hebben thuis een pc die 20 jaar oud is en die is sneller dan deze” en “Ik vermoed dit apparaat als hij nu bij deze oefening ook vastloopt” zijn twee tijdens de lessen opgetekende uitspraken die dit laatste probleem illustreren.

Uit de lesobservaties en uit de gesprekken met de betreffende docenten en leerlingen kwam duidelijk naar voren dat de docent vaak aan het begin van de serie lessen handen en voeten tekort kwam om alle vragen te beantwoorden. Deze vragen waren onder te verdelen in de volgende typen:

1. Vragen voortkomend uit *onzekerheid*.  
Doordat elke vraag tot een score leidde, werden veel leerlingen onzeker en wilden ze vóórdat ze op de knop drukten waarmee antwoorden werden weggeschreven, van de docent horen of ze het goede antwoord gaven.

2. Vragen voortkomend uit *onduidelijkheid*.  
De module bevatte opgaven die waarschijnlijk teveel varieerden in moeilijkheidsgraad. Veel leerlingen dachten bij de gemakkelijke opgaven dat ze iets over het hoofd zagen.
3. Vragen voortkomend uit *onwennigheid*.  
Alle docenten gingen er vanuit dat de module door de leerlingen zelfstandig doorlopen kon worden. Het bleek echter dat de instructies in de module over de manier van werken slecht gelezen werden, waardoor het beter was geweest om de manier van werken toe te lichten met behulp van een beamer.  
Verder was het voor de meeste leerlingen uit deze groepen te moeilijk om aan de hand van een serie opgaven te komen tot een beschrijving van de achterliggende theorie.

Wat verder opviel in de manier van werken van de meeste leerlingen is dat deze erg veel moeite hadden met lezen van zelfs kleine stukjes tekst. Veel vragen blijken betrekking te hebben op begrippen waarvan de definitie domweg niet gelezen is. De betrokken docenten hadden het idee dat dit probleem groter was dan wanneer er, zoals tot dan toe gebruikelijk, vanuit het boek werd gewerkt. Wellicht werd dit probleem veroorzaakt door het feit dat de theorie en de opgaven niet in hetzelfde scherm verschenen.

In positieve zin viel op dat het werken op de computer en vooral de applets erg veel enthousiasme teweegbrachten: zowel uit de lesobservaties als uit de leerling-interviews en de enquêtes blijkt dit. Vooral de applets die een gemaakte tekening één of twee keer spiegelden leidden tot enthousiaste reacties. “Wow, cool!” en “Wat gaaf!” zijn twee tijdens een les opgetekende uitspraken die dit illustreren.

Tenslotte dient gewezen te worden op de gebruikersstatistieken van de modules in zijn geheel en die van de forums in het bijzonder: in alle modules werden (exclusief docent en ontwerper) tussen 10000 en 20000 pagina's geopend. Tweederde deel hiervan kwam op rekening van de forumpagina's. Gemiddeld werden er per klas ongeveer 900 berichten geplaatst. Ook was het in de meeste groepjes opvallend hoe snel er gereageerd werd op de samenvattingen van elkaar. De enkele uitzondering die thuis niet kon of mocht internetten daargelaten, werd duidelijk in welke mate de computer verankerd is in het huiselijke leven van jongeren uit deze leeftijdsgroep (12-13 jaar).

Kwantitatief was het indrukwekkend wat er gebeurde in de diverse forums, zoals gezegd was het kwalitatief minder: niet alleen was het klaarblijkelijk moeilijk om te formuleren wat er wiskundig gezien geleerd werd, te snel vonden de leerlingen het werk van een ander in orde, zie figuur 4, waarin een samenvatting wordt getoond van de paragraaf waarin de hoekensom van vierhoek en vijfhoek wordt behandeld en de reacties hierop.



Figuur 4

Bij de start van de laatste twee klassen, werd besloten in één van beide klassen een aanpassing in het ontwerp door te voeren. Niet langer werd iedere leerling geacht van elk van de zes paragrafen een samenvatting te schrijven en die van elke groepsgenoot van commentaar te voorzien. Per paragraaf was er volgens een roulerend systeem per groepje een schrijver, een aanvuller en een verbeteraar. Dit leidde tot een duidelijker structuur van alle berichten binnen een bepaald forum. Toch bleef het uiteindelijke niveau van de samenvattingen veel te vaak te laag in de zin dat de wiskundige inhoud niet of onvoldoende in de samenvatting vervat werd.

Dit alles leidde ertoe dat in het bijzonder de vragen uit de eindtoets waarin basale begrippen gehanteerd moesten worden als ‘gelijkbenige driehoek’ en ‘gelijkzijdige driehoek’ door de leerlingen die de module gevolgd hadden slechter werden gemaakt dan door de leerlingen uit de controlegroep.

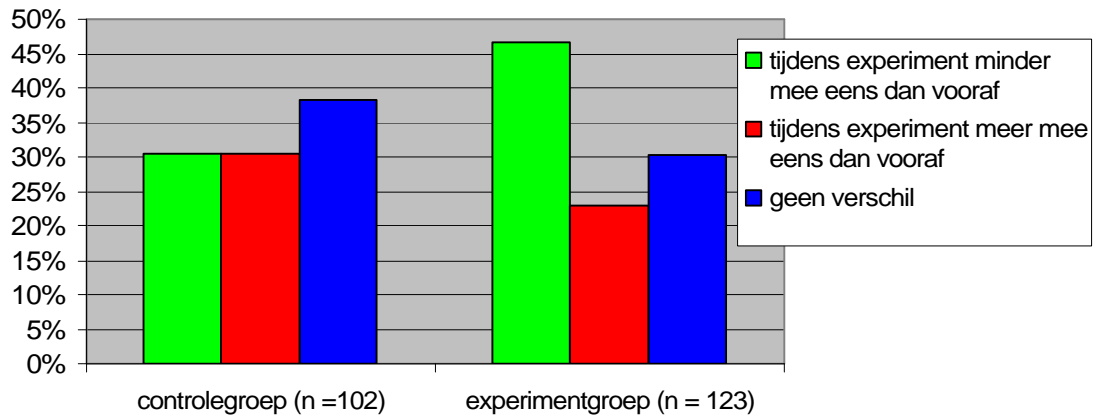
### **4.3 Het eerste ontwerp: vergelijking met controlegroep**

Uit een kwantitatieve analyse van de door de betrokken leerlingen ingevulde enquêtes, vallen drie conclusies te trekken (zie ook figuren 5, 6 en 7):

1. de leerlingen die met de ontwikkelde module gewerkt hebben vinden de lessen rondom deze module leuker dan dat ze het werken vanuit het boek vinden. De leerlingen in de controlegroep vonden de lessen rondom het gelijknamige hoofdstuk uit het boek niet anders dan de lessen voorafgaand aan het experiment. Zie ook figuur 5.
2. de leerlingen die met de ontwikkelde module gewerkt hebben vinden het onderwerp ‘vlakke meetkunde’ moeilijker dan dat ze voorafgaand aan het experiment het vak wiskunde vonden. De leerlingen in de controlegroep gaven aan het onderwerp makkelijker te vinden. Zie ook figuur 6.
3. de leerlingen die met de ontwikkelde module gewerkt hebben gaven achteraf aan dat zij in de toekomst vaker op deze wijze met het vak wiskunde bezig zouden willen gaan: op een vierpuntsschaal (1 t/m 4) was de gemiddelde mate

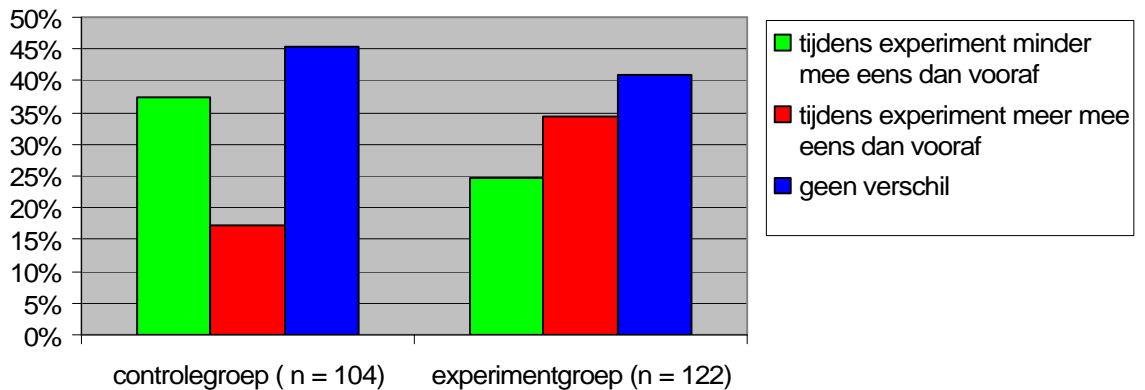
waarin de respondenten het eens waren met de stelling dat in de toekomst vaker een hoofdstuk vervangen mocht worden door een dergelijke module 1,74. Zie ook figuur 7.

### "Ik vind de lessen niet leuk"



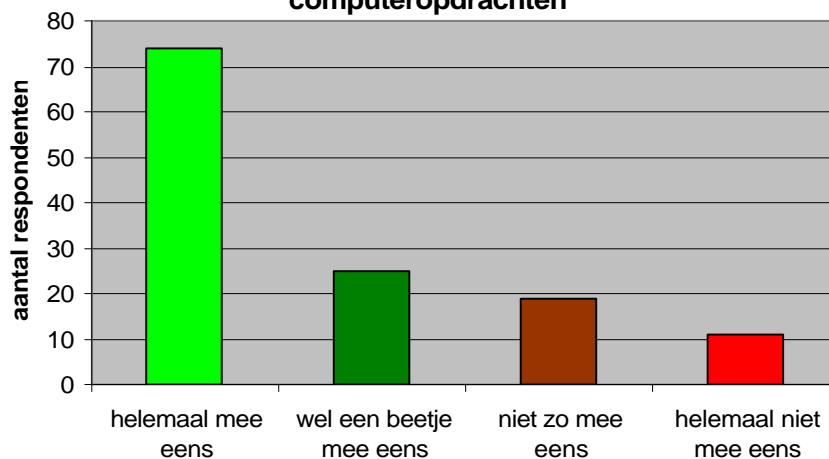
Figuur 5

### "Ik vind wiskunde/meetekunde moeilijk"



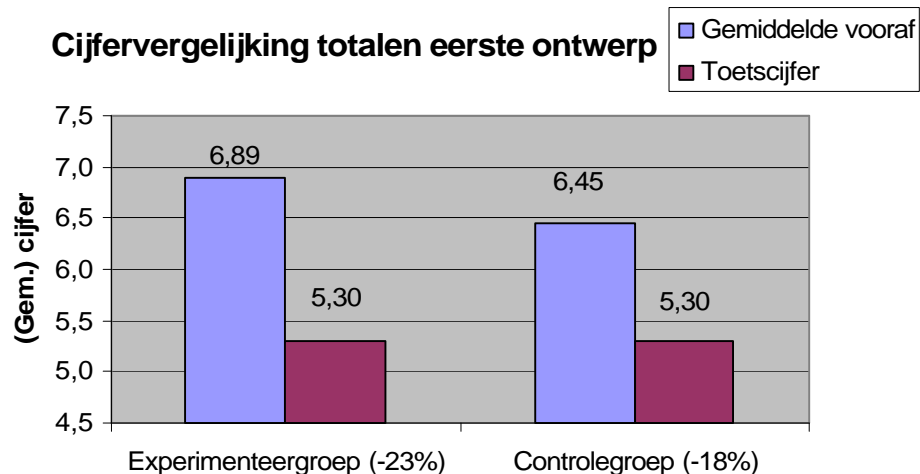
Figuur 6

### "Wat mij betreft mogen we vaker een hoofdstuk uit het boek vervangen door dit soort computeropdrachten"



Figuur 7

Uit de vergelijking van de toetsresultaten komt naar voren dat de experimentgroep de toets relatief slechter gemaakt heeft dan de controlegroep: het gemiddelde cijfer van de leerlingen die gewerkt hebben met de ontwikkelde module ( $n = 136$ ) daalt met 1,59 punten ten opzichte van het gemiddelde cijfer vooraf, de leerlingen die vanuit het boek gewerkt hebben ( $n = 140$ ) halen gemiddeld 1,14 punten lager op deze toets dan dat zij gemiddeld voorafgaand aan het experiment stonden. Zie ook figuur 8.



Figuur 8

## 5 Ervaringen met het tweede ontwerp

### 5.1 Het tweede ontwerp

Op grond van met name het tegenvallende niveau van de samenvattingen van de leerstof en van de discussies hierover in het forum, is besloten het ontwerp van de tweede module op dit punt aan te passen. De functionaliteiten van het forum worden aangeboden om vragen te stellen en te beantwoorden, maar niet langer hoeft een leerling zijn eigen samenvatting te schrijven.

Ten tijde van het ontwikkelen van de nieuwe module kwam er een upgrade van de gebruikte WLO, Blackboard, naar versie 6.3. Deze nieuwe versie bood ten opzichte van de oude verschillende nieuwe functionaliteiten waarvan een tweetal in het nieuwe ontwerp prominent gebruikt wordt: de mogelijkheid om *adaptieve inhoud* toe te voegen en de mogelijkheid om toetsvragen te stellen met daarin meerdere open plekken, de zogenaamde *meervoudige invuloefening*.

De mogelijkheid van adaptieve inhoud is in het nieuwe ontwerp gebruikt om de leerstof die achter de opgaven schuilgaat, te laten verschijnen nadat de betreffende serie opgaven gemaakt is. Dit om te voorkomen dat er éérst naar de theorie wordt gekeken en hierna pas naar de opgaven die de theorie illustreren. Als alle series

opgaven gemaakt zijn en de theorie gelezen is, verschijnt de mededeling “Je hebt alles gemaakt en gelezen van deze paragraaf” in beeld.

In het eerste ontwerp zit als meest geavanceerde toetsvraag-optie de mogelijkheid om een antwoord te laten typen dat vervolgens vergeleken wordt met een (serie) vooraf ingevoerde goed(e) antwoord(en). Hiermee is het slechts mogelijk om het eindantwoord op juistheid te controleren. Met een vraag van het type ‘meervoudige invuloefening’ is het mogelijk om een vraag te genereren waarvan de uitwerking uit meerdere lagen bestaat. En op het niveau van de wiskunde in VWO4 zijn er veel meer opgaven waarvan de uitwerking uit meerdere lagen bestaat, dan dat dit in klas 1 het geval is, zie als voorbeeld figuur 9:

<p><math>{}^2\log 3</math> staat voor de tijdsduur die nodig is om bij een exponentieel groeiproces met groeifactor <input type="text"/> de hoeveelheid <input type="text"/> keer zo groot te krijgen.</p> <p><math>{}^2\log 5</math> staat voor de tijdsduur die nodig is om bij een exponentieel groeiproces met groeifactor <input type="text"/> de hoeveelheid <input type="text"/> keer zo groot te krijgen.</p> <p>Wanneer we deze beide tijdsduren achter elkaar laten verstrijken, wordt de hoeveelheid in totaal <input type="text"/> keer zo groot.</p>
---

Figuur 9

De forumfunctie is ook in het tweede ontwerp gebruikt, maar nu niet om eigen samenvattingen te plaatsen en te overleggen hierover, maar meer om vragen te stellen over de stof of om technische vragen te stellen.

Net als in het eerste ontwerp zijn er weer Flash-animaties opgenomen in de module. Dit keer betreft het animaties die bij de methode ‘Moderne Wiskunde’ (Moderne Wiskunde, deel VWO Bovenbouw B1 deel 1, 8<sup>e</sup> editie) op Cd-rom meegeleverd worden, aangevuld met twee animaties die op verzoek van de ontwerper door leerlingen gemaakt zijn.

De ontwerpregels zien er in de tweede ronde als volgt uit:

1. –ongewijzigd- maak optimaal gebruik van de mogelijkheden van het medium (i.c. van *dynamiek* en *interactiviteit*)
2. –ongewijzigd- creëer ruimte voor en zet aan tot *reflectie* en tot *samenwerkend leren*
3. –nieuw- bied herhalingsoefeningen aan
4. –nieuw- een theorieblok moet –indien de individuele leerling hieraan toe is- in slechts één muisklik op het scherm krijgen zijn.

Geschrapt is dus de ontwerpregel dat in de module iedere leerling zijn eigen theorie moet formuleren. Ook wordt niet meer de regel gehanteerd dat een onderwerp uitputtend moet worden behandeld. Wél wordt getracht een onderwerp volledig te

behandelen (i.e. zonder dat het boek nodig is), alleen wordt nu de leerling er hier en daar toe aangezet om eerst op papier te werken. Ondanks de nieuwe mogelijkheid om vragen van het type ‘meervoudige invuloefening’ te stellen (zoals geïllustreerd in figuur 9), is het namelijk zo dat er bij sommige onderdelen teveel van de oplossing weggegeven wordt als de (gelaagde) uitwerking gepresenteerd wordt met op een aantal plaatsen een open plek. Op het niveau van VWO4 is het namelijk zo dat de strategie om een opgave te maken een essentieel onderdeel van de uitwerking is.

De eerste twee ontwerpregels zijn ongewijzigd gebleven omdat uit de lesobservaties, de enquêtes en de interviews in de eerste ronde duidelijk werd dat de hierin genoemde aspecten van een module (dynamisch en interactief) en de genoemde aspecten van leren (reflecteren en samenwerkend leren) als nuttig werden ervaren.

Een veel gehoorde klacht tijdens de interviews met leerlingen die gebruik hadden gemaakt van de module ‘Vlakke meetkunde’ was dat ze vonden dat ze te weinig oefeningen hadden gemaakt waarmee ze het geleerde konden laten inslijpen. Vandaar dat in het nieuwe ontwerp gekozen is voor het opnemen van herhalingsoefeningen.

Verder is er nu voor gekozen om onder de knop genaamd “Theorie” adaptieve inhoud te plaatsen: zodra een leerling een bepaalde eenheid theorie gepresenteerd heeft gekregen, verschijnt deze hier in chronologische volgorde,

## **5.2 Het tweede ontwerp: ervaringen van de leerlingen**

Wat opviel tijdens de lessen was dat het aantal technische mankementen veel kleiner was dan tijdens de lessen rondom de module ‘Vlakke meetkunde’. Een verklaring hiervoor is moeilijk te geven. Mogelijk is de ICT-infrastructuur in de scholen in een jaar tijd verbeterd. Wat ook opviel was dat het enthousiasme onder de leerlingen minder groot was dan tijdens de lessen in de 1<sup>e</sup> klas. De betrokken leerlingen waren duidelijk minder makkelijk te imponeren met bijvoorbeeld Flash-animaties.

Wel hetzelfde als in lessen uit de eerste ronde was het effect van de score die gehaald kon worden op de opgaven. Ook nu vroegen veel van de betrokken leerlingen om bevestiging van de docent voordat ze een serie antwoorden verstuurden. Mede hierdoor waren ook deze lessen weer erg arbeidsintensief voor de betrokken docenten.

Verder viel het tijdens de lessen op dat er bijzonder veel overlegd werd tussen de leerlingen: er waren nauwelijks leerlingen die langer dan vijf minuten individueel bezig waren. Veel leerlingen wilden niet wachten op de feedback die verschijnt na het inleveren van een serie opgaven, maar wilden eerst met degene naast of tegenover hen overleggen over het te geven antwoord op een opgave. Ook werd de docent opvallend vaak de vraag gesteld of het gegeven antwoord goed was.

Grootste inhoudelijke struikelblok voor de meeste leerlingen was het rekenen met de rekenregels voor logaritmen. Voor een deel zal dit veroorzaakt zijn door de

onmogelijkheid om een open, door de leerling in te vullen plek in een stuk tekst van passende afmetingen te laten zijn. In figuur 9 was te zien dat dit tot misverstanden kan leiden.

Een illustratie van het belang dat door veel leerlingen werd gehecht aan de score die behaald kon worden op een serie opgaven is te vinden op het forum:

*Nog een klein vraagje, waarom hebben we (Mirjam, Brenda en ik) geen punten voor vraag 1 van paragraaf 1? We hebben drie van de 4 goed....*

Het forum werd gebruikt voor inhoudelijke vragen én voor vragen van technische aard. Een voorbeeld van dit laatste staat afgebeeld in figuur 10.

*Tue Feb 14 13:55:32 CET 2006*

Bij paragraaf vier verschijnen er een aantal sommen niet goed. Er staat dan een vakje met een kruisje, heb ik misschien een ander programma nodig? Eerst deed de cursus het wel goed. Alvast bedankt.  
Groetjes, Brenda

*Wed Feb 15 11:12:18 CET 2006*

Ha Brenda,

Je moet even controleren of je browser (waarschijnlijk Internet Explorer) Java wel aan heeft staan.

Als je Internet Explorer gebruikt, moet je in de werkbalk klikken op "Extra" en dan "Internet Opties" en dan naar "Geavanceerd".

Vervolgens onder het kopje Java (Sun) het vakje aanvinken. Als dit vakje niet verschijnt moet je even JAVA gaan installeren, via

<http://www.java.com/nl/download/index.jsp>

Laat even weten of het werkt!

*Wed Feb 15 14:39:29 CET 2006*

De sommen verschijnen nu inderdaad goed. Bedankt!

Groetjes, Brenda

Figuur 10

In twee van de drie lesgroepen werd het forum alleen maar gebruikt om in te kletsen met elkaar. In één van de lesgroepen werd het zelfs voor een groepje van zes meisjes een rage om zoveel mogelijk berichten (meer dan 100) te plaatsen in een forum.

### **5.3 Het tweede ontwerp: de rol van de docent**

Net als bij de lessen rondom het eerste ontwerp werd er door de docenten weinig tot geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid om via een beamer de opgaven, theorie of werkwijze te demonstreren. Opgemerkt dient te worden dat met name de werkwijze in de module de leerlingen nu snel duidelijk werd, wellicht dankzij het verschijnen van de adaptieve tekst "Je bent klaar met deze paragraaf".

De betrokken docenten hadden alle drie de angst dat er te weinig geleerd werd door de leerlingen. Deze angst is als volgt door één van hen als volgt onder woorden gebracht:

“De leerlingen waren voor mijn gevoel goed bezig, al vind ik het zelf eng, omdat ik bang ben dat ze wel de sommetjes maken, maar zich te weinig realiseren wat ze leren. Dat gevoel heb ik ook altijd als ik in groepjes opdrachten laat doen. De rol van begeleider maakt mij wat dat betreft onzekerder, terwijl de rol tijdens een bijv. onderwijsleergesprek (schijn)zekerheid biedt.”

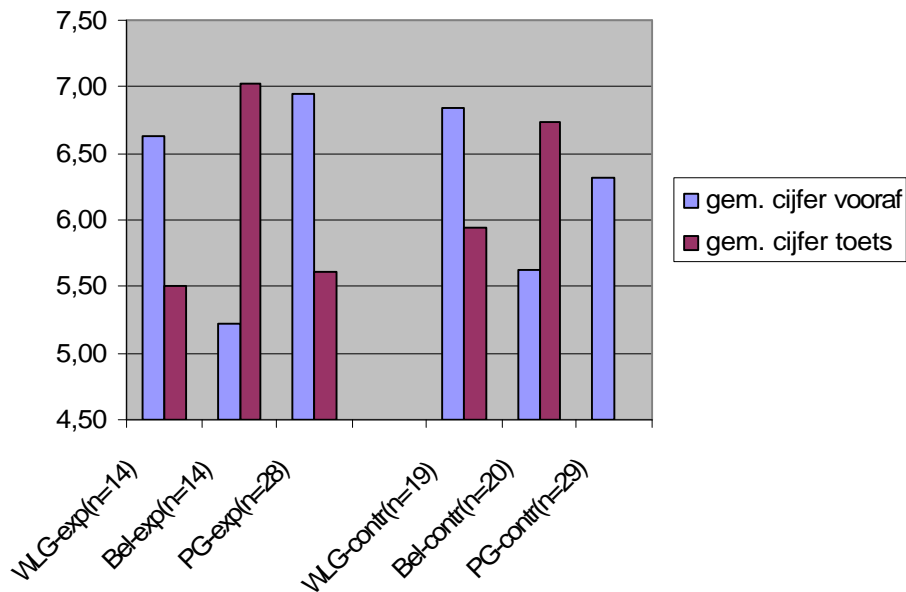
Opvallend is dus dat de betreffende docent klaarblijkelijk de conclusie getrokken heeft dat een onderwijsleergesprek niet meer mogelijk is wanneer leerlingen op de computer werken.

Tenslotte dient in dit kader gewezen te worden op het in 5.2 genoemde feit dat de arbeidsintensiviteit van de lessen door de betrokken docenten als zeer hoog werd ervaren.

#### **5.4 Tweede ronde: vergelijking met de controlegroep**

Statistisch significante verschillen zijn niet te vinden in de vergelijking tussen de toetsresultaten (op de identieke toets) van de experiment- en van de controlegroep. Dit vanwege het feit dat de aantallen betrokken leerlingen te klein waren. De voorzichtige conclusie kan echter getrokken worden dat de experimentgroep het wederom slechter doet dan de controlegroep bij de eindtoets: het gemiddelde cijfer van de 56 leerlingen uit de experimentgroep was 0,50 punten lager dan het gemiddelde cijfer vooraf, het gemiddelde cijfer van de 29 leerlingen in de controlegroep was 0,04 punten hoger dan het gemiddelde cijfer voorafgaand aan de toets. Er zijn (nog meer dan in de eerste ronde al het geval was) grote verschillen per groep: van de drie experimenteerklassen scoort er één 1,79 punten hoger (!), één 1,11 punten lager en één 1,34 punten lager dan het gemiddelde vooraf. In de twee controlegroepklassen (de derde betrokken controlegroep is buiten beschouwing gelaten omdat deze groep de toets onvoorbereid gemaakt heeft door een misverstand tussen de docent en de leerlingen) scoorde er één 0,89 punten lager en één 1,39 punten hoger dan het gemiddelde vooraf, zie figuur 11.

## Cijfervergelijking tweede ontwerp



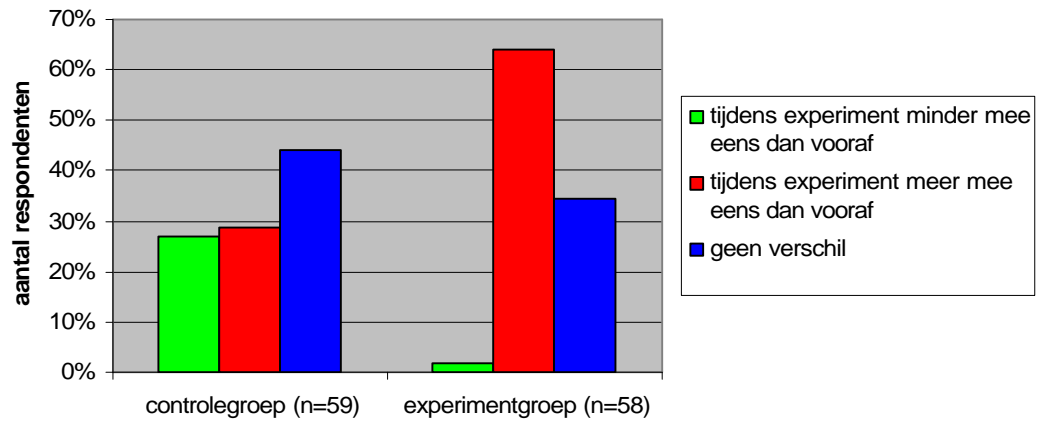
Figuur 11

Opvallend is dat de relatief best scorende klas (+1,79 punten) de klas is waarin de ontwerper tevens docent is. Dit zou een illustratie kunnen zijn van de noodzaak dat de uitvoerende docent goed op de hoogte is van de inhoud van de module en van de techniek achter de gebruikte software en de mogelijkheden die deze bieden om in de les te benutten.

Aan de hand van de ingevulde enquêtes valt over de beleving van de leerlingen in de tweede ronde het volgende op te merken:

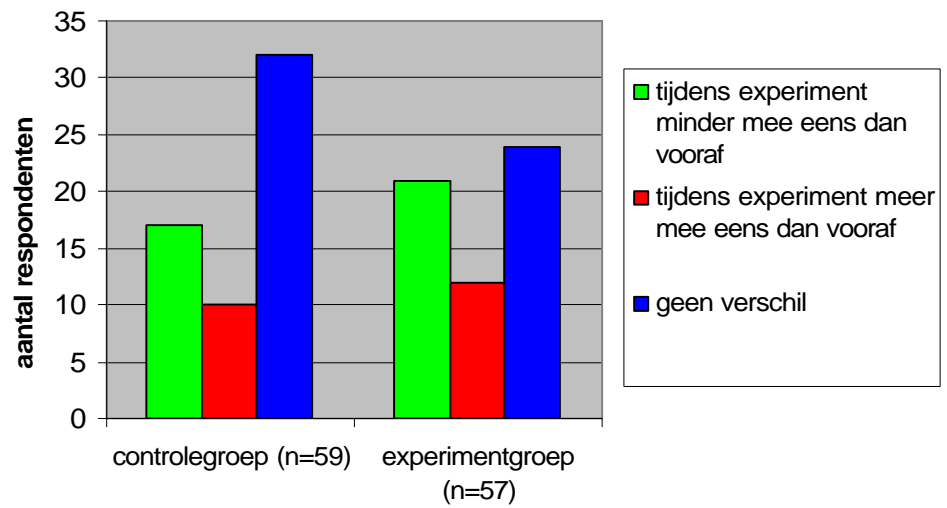
1. de leerlingen uit de experimentgroep vonden het werken met 'Logaritmische functies' moeilijker dan de leerlingen uit de controlegroep (zie figuur 12)
2. de leerlingen uit de experimentgroep vonden de lessen over 'Logaritmische functies' relatief een klein beetje vaker leuk dan de leerlingen uit de controlegroep (zie figuur 13)
3. de leerlingen uit de experimenteergroep gaven (in tegenstelling tot die uit de controlegroep) zeer duidelijk aan dat de docent minder klassikaal uitleg gaf dan normaal (zie figuur 14)
4. de meerderheid van de leerlingen uit de experimenteergroep was tevreden over de intensiteit van het gebruik van de computer (zie figuur 15)

### "Ik vind het een moeilijk vak/onderwerp"

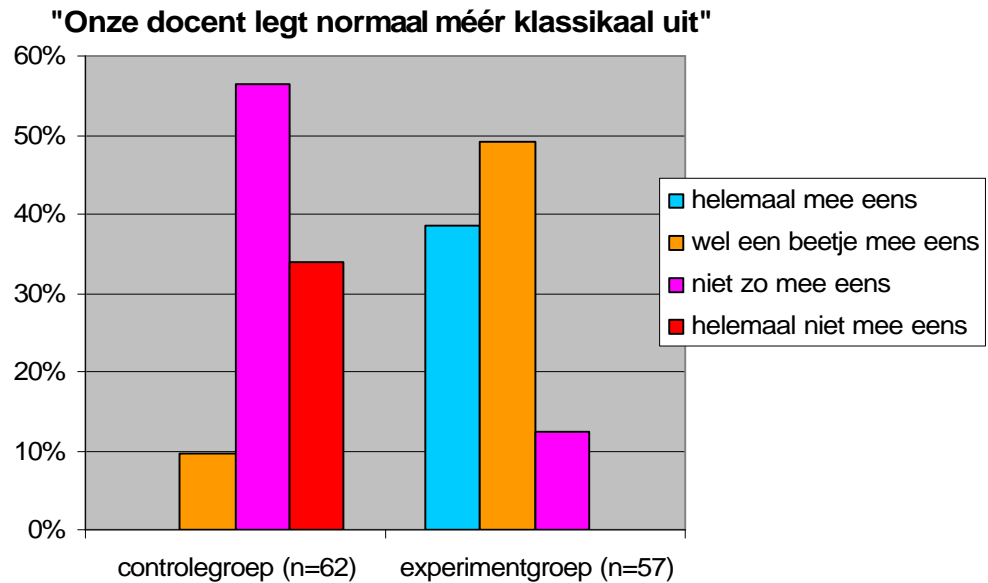


Figuur 12

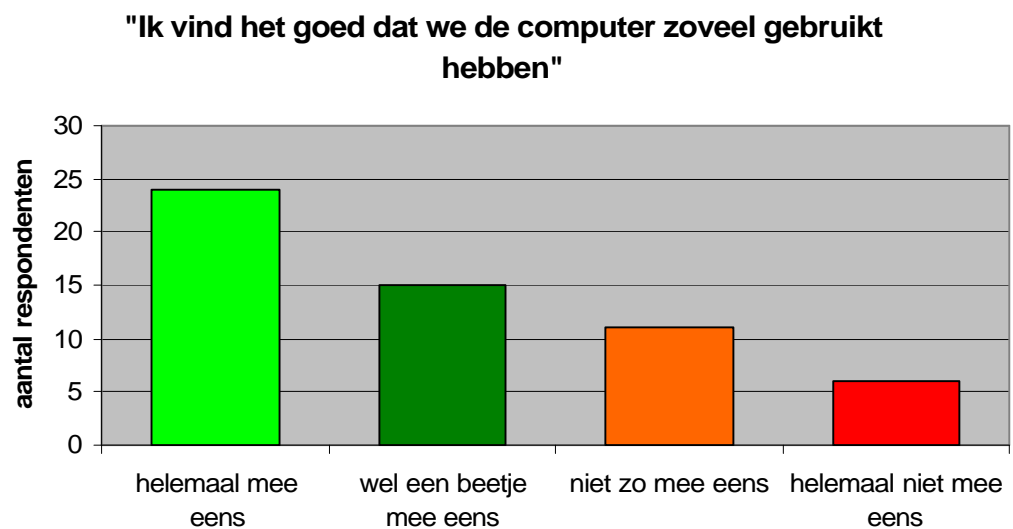
### "Ik vind de lessen niet leuk"



Figuur 13



Figuur 14



Figuur 15

## 6. Conclusies en aanbevelingen

Het is in dit onderzoek niet gelukt om te komen tot een ontwerp en tot een serie ontwerpregels die leiden tot betere leerresultaten dan wanneer gewerkt wordt uit een boek. Een kanttekening hierbij zou kunnen zijn dat een vervollexperiment met dezelfde leerlingen tot betere resultaten zou leiden omdat dat deze leerlingen dan gewend zouden zijn aan de voor hen nu nieuwe manier van werken.

Er zijn significante verbeteringen bereikt (namelijk middels het eerste ontwerp) in de beleving van de lessen ten opzichte van de lessen waarbij uit het boek is gewerkt. Een kanttekening hierbij is dat dit een tijdelijk effect zou kunnen zijn, veroorzaakt door het feit dat de lessen anders waren dan voorheen en dat het dus slechts de doorbreking van de routine was die maakte dat de lessen als leuker werden ervaren.

Geen enkele van de gehanteerde ontwerpregels is onderwerpspecifiek, waardoor de onderzoeksvraag of er onderwerpspecifieke eisen gelden aan het ontwerp van een wiskundemodule niet beantwoord is. Wel lijkt het legitiem om te stellen dat een onderwerp uit de analyse (zoals 'logaritmische functies') zich minder gemakkelijk laat vertalen naar een visueel aantrekkelijke en dynamische module dan een meetkundig onderwerp.

Van de geformuleerde ontwerpregels is geen enkele regel specifiek geldig voor het vak wiskunde. Wel is het zo dat de ontwerpregels uitgaan van het principe dat wiskunde een zogenaamd 'stapelvak' is: voor het verwerken van een nieuw onderwerp is het beheersen van de vooraf aangeboden leerstof noodzakelijk. Dit maakt de noodzaak tot reflectie (waar in de beide ontwerpen veel ruimte voor werd geboden) bij het vak wiskunde groter dan bij sommige andere vakken.

De onderzoeksvraag naar het benodigde didactisch instrumentarium van de uitvoerende docent is niet systematisch uitgewerkt. Wél is er het opvallende, maar niet statistisch significante resultaat dat uit de vergelijking van de acht klassen waarin gewerkt is met een binnen dit onderzoek ontwikkelde module gebleken is dat de relatief best scorende klas die is waarin de onderzoeker uitvoerend docent was. Het vermoeden wordt hierdoor opgeworpen dat het gebruik van een module in een WLO wel degelijk tot betere resultaten kan leiden dan dat met het gebruik van het boek het geval is, maar dat de rol van de docent in deze cruciaal is. Het zou interessant zijn dit vermoeden in een vervolgonderzoek centraal te stellen. Verder zou dit resultaat een aanmoediging kunnen zijn voor individuele docenten die in een eigen klas een module willen ontwikkelen ter vervanging van (een deel van) een hoofdstuk uit het boek.

## 7. Literatuurlijst

1. ICT-Onderwijsmonitor 2005, <http://www.ict-onderwijsmonitor.nl/pdf/pdf-lijsten%202004-2005/8%20jaar%20ICT.pdf>
2. J. Kulik (2003). Effects of Using Instructional Technology in Elementary and Secondary Schools: What Controlled Evaluation Studies Say. SRI Project Number P10446.001.
3. Tolboom, J. & Tolboom, L. (2003). Hellinggrafieken: het boek in de hoek. In *Nieuwe Wiskrant*, 23-1, pp. 8-12.
4. Akker, J. van den (1999). Principles and methods of development research. In J. van den Akker, R. M. Branch, K. Gustafson, N. Nieveen, & T. Plomp (Eds.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (pp. 1-14). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
5. Akker, J. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In: *Educational design research*, Akker, J. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., Nieveen, N. (editors), Abingdon (U.K).
6. Chickering, Arthur W., Zelda F. Gamson (1991) Applying the Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. In: *New Directions for Teaching and Learning* Vol. 47, San Francisco: Jossey-Bass Inc.

*Bijlage: tabel met indicatoren omvang en intensiteit van het onderzoek*

	<b>2004-2005</b>		<b>2005-2006</b>	
	WLO	boek	WLO	Boek
Aantal klassen	5	5	3	3
Aantal leerlingen	141	142	58	59
Aantal lesobservaties	15	-	9	-
Totaal aantal lessen	35	32	18	+/- 18
Aantal geplaatste berichten in het forum	1138	-	288	-