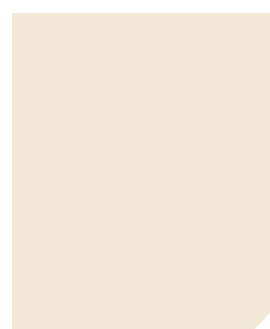
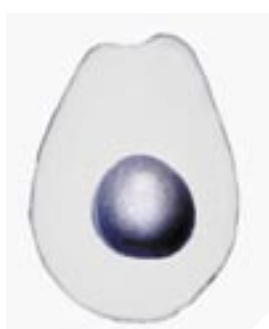
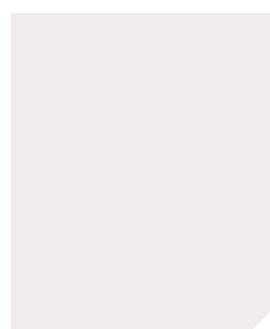
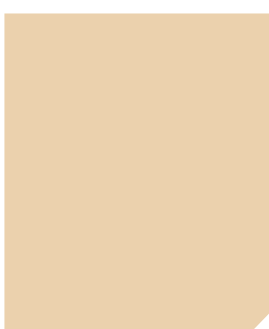
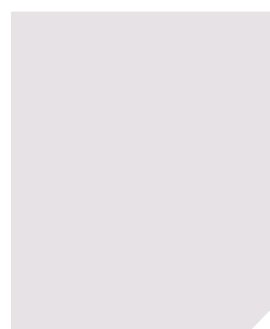


Interactief bètaonderwijs

Ervaringen uit de praktijk



Interactief bètaonderwijs

Ervaringen uit de praktijk

Nataša Brouwer
Marjon Engelbarts
André Heck
Joost van Hoof
Wolter Kaper
Hans van Bommel
Katja Klumpers
Fons van Hees

© Stichting SURF

ISBN 90-74256-30-9

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag zonder de uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van Stichting SURF worden overgenomen en/of openbaar gemaakt.

Makkelijker kunnen we het niet maken, wel leuker

Het aantrekkelijk maken van bètaonderwijs is een uitdaging waar universiteiten en middelbare scholen gezamenlijk voor staan. Bètavakken gelden als moeilijk en de eerste ervaringen van leerlingen en studenten met de natuurwetenschappelijke vakken en wiskunde op school en de universiteit lijken dat te bevestigen. Anderzijds, de vraagstukken en verschijnselen waarmee de bètavakken zich bezighouden – van kosmos via DNA tot quark – zijn intrigerend. Maar voor veel studenten is de afstand tussen de uitdaging van de vraagstelling en de eisen van kennis en kunde die de vakbeoefening stelt groot. Hoe die te overbruggen?

Nederlandse literatuur over praktische vernieuwing in het bètaonderwijs is schaars. De verklaring hiervoor is de geringe aandacht voor de didactiek van de bètavakken de laatste jaren, zowel op scholen als universiteiten. Nu is er deze bundel met beschouwingen en resultaten van het onderwijsvernieuwingsproject Interactieve Bèta-Leeromgeving (IBL), gefinancierd door de universiteiten van Utrecht en Amsterdam, en de stichting SURF.

De opzet van dit project was een pragmatische: in de Angelsaksische landen is de afgelopen vijftien jaar wel veel onderzoek gedaan en geëxperimenteerd met nieuwe didactische methoden. Deze ervaringen zijn het startpunt geweest voor de projectopzet, waarbij de invoering van activerend onderwijs de leidraad is geweest.

Dat activerend onderwijs zou leiden tot een keurslijf voor de docenten en studenten, wordt door de diversiteit van de gepresenteerde voorbeelden onmiddellijk gelogenstraft. Wel is activerend onderwijs minder vrijblijvend dan de traditionele universitaire onderwijspraktijk. De voorbereiding van interactief onderwijs vergt meer tijd dan de voorbereiding van een hoorcollege en vereist didactische deskundigheid. De investering lijkt echter te renderen in toegenomen inzicht van de studenten, en een positieve ondervinding van de docenten.

Deze bundel geeft door de interviews met de docenten ook een openhartig kijkje in de keuken van het universitaire onderwijs en de condities waaronder gewerkt moet worden. Een van de punten die opvalt, is de geringe neiging om onderwijservaringen uit te wisselen in de universitaire cultuur, waar men toch vooral met het eigen vak bezig is. Hier valt nog veel te winnen. Een belangrijke constatering is verder dat goede infrastructuur en onderwijsvoorzieningen in belangrijke mate bepalend zijn voor het succes van onderwijsvernieuwingen. Dit zal een blijvend aandachtspunt moeten zijn voor het management.

Het belangrijkste is echter dat docenten van de natuurwetenschappelijke basisvakken die op zoek zijn naar ideeën voor een nieuwe aanpak in deze publicatie veel bruikbare voorbeelden zullen vinden, met een literatuurlijst die de recente resultaten van didactisch onderzoek toegankelijk maakt. Daarmee levert het IBL-team, met de projectleiders Marjon Engelbarts (UU) en Nataša Brouwer (UvA), een belangrijke bijdrage aan de vernieuwing van het onderwijs in de bètavakken.

Chris van Weert,
AMSTEL Instituut, UvA

Woord vooraf

Waar gaat deze publicatie over en voor wie is deze bestemd?

Tussen januari 2002 en januari 2004 hebben de Universiteit van Utrecht en de Universiteit van Amsterdam samengewerkt aan het onderwijsvernieuwingproject Interactieve Bèta Leeromgeving (IBL). Het project werd uitgevoerd met subsidie van de stichting SURF, platform ICT en onderwijs. Deze publicatie is een van de producten van het project. Hierin kunt u lezen over de praktijkervaringen die zijn opgedaan bij deze onderwijsvernieuwing. Deze komt voort uit de praktijk en is ook voor de praktijk bedoeld, in eerste instantie voor bètadocenten. Zij kunnen het als inspiratiebron gebruiken bij het voorbereiden van nieuwe cursussen. Een belangrijke ervaring uit het project is: er hoeft geen kant-en-klaar didactisch model opgelegd te worden om onderwijsvernieuwing in het universitaire onderwijs te realiseren. Een onderwijsmodel kan beter op maat ingezet worden.

We hopen dat deze publicatie niet alleen voor docenten interessant is, maar ook voor diegenen die onderwijsontwikkeling en vernieuwing didactisch ondersteunen op andere (bèta)faculteiten, bijvoorbeeld bij het inzetten van ICT in het onderwijs. Daarnaast proberen we een beeld te geven van wat er voor een succesvolle onderwijsvernieuwing met een grote rol van ICT eigenlijk allemaal nodig is. Wij hopen en verwachten dan ook dat deze publicatie het lezen waard zal zijn voor het onderwijsmanagement.

Het project Interactieve Bèta Leeromgeving werd uitgevoerd door een team van medewerkers van het Julius Instituut van de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de Universiteit Utrecht en de medewerkers van de Expertisegroep voor Hoger Onderwijs bij het AMSTEL Instituut, Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica aan de Universiteit van Amsterdam. Twee jaar heeft het IBL-projectteam met docenten van de twee universiteiten samengewerkt aan het ontwikkelen van een complete leeromgeving voor het bètaonderwijs: het inrichten van het activerend onderwijs, het inzetten van ICT en computergereedschappen en het inrichten van een geschikte (digitale) werkruimte hiervoor. Hoewel het bouwen van nieuwe onderwijsruimtes op zich geen doel van dit project was, betrof onze interesse ook de invloed van de inrichting van de fysieke werkruimtes op het onderwijsproces. In deze publicatie beschrijven de auteurs, die ook allen project-medewerkers waren, deze onderwijsvernieuwing, de kenmerken en eigenschappen ervan, evenals de resultaten. Centraal staan de nieuwe of vernieuwde studieonderdelen die deel uitmaken van de curricula van verschillende bètaopleidingen.

Indeling

Deze publicatie is onderverdeeld in vijf hoofdstukken. Hoewel deze hoofdstukken op elkaar aansluiten, kunnen ze in willekeurige volgorde of volledig zelfstandig gelezen worden. In elk hoofdstuk geven we in tekstkaders aan wat bij een onderwerp bijzonder is opgevallen, zoals een hoogtepunt of een boodschap om mee te nemen.

Na het inleidende hoofdstuk, waarin de uitgangspunten en beoogde resultaten bij deze onderwijsvernieuwing op een rijtje staan, volgen in het tweede hoofdstuk de

beschrijvingen van de didactische kenmerken van de cursussen, de studio-course-aanpak, de didactische werkvormen en de leeractiviteiten die erbij passen. In dit hoofdstuk beschrijven we de verschillende manieren waarop ICT bij onze cursussen werd ingezet. Speciale aandacht krijgt het computeralgebrasysteem *Mathematica*, dat bij diverse cursussen werd ingezet.

In hoofdstuk 3 worden de cursussen uitgebreid beschreven: de inhoud, de onderwijsvorm, de evaluatie en het verloop van het ontwikkelingsproces bij een cursus.

In hoofdstuk 4 komen de docenten die meededen aan deze onderwijsvernieuwing aan het woord. Ze vertellen over hun ervaringen met activerend onderwijs en met de studio-course-aanpak, hun ervaringen met het inzetten van computers in het onderwijs en met de digitale leeromgeving.

Het laatste hoofdstuk gaat over de werkruimtes: zowel de digitale als de fysieke ruimte.

Deze publicatie heeft een bijlage: een cd met de video *Studio Course Model*, die de in de publicatie beschreven onderwijsvernieuwing in beeld en geluid laat zien. De videofragmenten zijn onder andere opgenomen tijdens de colleges.

Dankwoord

Rest ons nog een groot aantal mensen te bedanken voor hun bijdrage. Eerst willen we de docenten, assistenten en andere betrokkenen bij de IBL-cursussen bedanken. *Docenten/IBL-medewerkers*: Toine Arts, Hans van Bommel, Jan Brandts, Willem Bouten, Wybren Jan Buma, Stefan Dekker, Jaap Dijkhuis, Roel van Driel, Casper Erkelens, Bert van Es, Paul Fransz, Dorus Gadella, Fons van Hees, André Heck, Han van den Heuvel, Walter Hoffmann, Joost van Hoof, Patricia Huisman-Kleinherenbrink, Ben Jansen, Blandine Jerome, Wolter Kaper, Astrid Kappers, Chris Klaassen, Katja Klumpers, Jan Koenderink, Frank Linde, Ben van Linden van den Heuvel, Michiel Müller, John Parsons, Rene Peschar, Sylvia Pont, Cor van der Rijst, Elwin Savelsbergh, Vincent Simons, Berend Smit, Richard van der Stam, Maïke Stam, Anne de Visser, Paul Vlaanderen, Arjen Vredenberg, Marcel Vreeswijk, Wim Westerveld, Conrad Woldringh en Gooitzen Zwanenburg.

Assistenten: Patrick Bogaard, Matthijs Brouwer, Boris Jansen, Carl Königel, Maartje van Meeteren, Marijn van der Veld, Petri de Willigen, Tessa van Wijnen, Yu Ling Wu; Pierre van Eijl (medewerker IVLOS), Sophie Wils (medewerker IVLOS) en Yuri Matteman (medewerker De Praktijk).

We willen Wim Lourens (UU) en Chris van Weert (UvA) bedanken, die ons de hele tijd tijdens het uitvoeren van het project hebben gesteund. We willen Piet Kommers (UT) bedanken voor zijn adviezen en externe evaluatie. We bedanken Bart van de Laar (RUG) en Jeroen Verschuur (UT) voor de peer-review van deze publicatie. Ook willen we de medewerkers van het Audio-visueel centrum (AVC) aan de UvA bedanken voor het maken van de video *Studio Course Model*, met name de regisseur Michiel Hekken en de producent Werner Degger. Onze dank gaat ook uit naar E-xchange, in het bijzonder naar Desirée van den Bergh, voor de ondersteuning bij de realisatie van deze publicatie.

Onze bijzondere dank gaat uit naar het Julius Instituut en het AMSTEL Instituut, die het IBL-project mogelijk hebben gemaakt, en ten slotte ook naar de Stichting

SURF: het hele project en deze publicatie zouden niet mogelijk zijn zonder de financiële en praktische steun van deze stichting.

Marjon Engelbarts, IBL-projectleider (UU)

Nataša Brouwer, IBL-deelprojectleider (UvA)

Leeswijzer

Deze publicatie is geschreven voor verschillende doelgroepen: universitair docenten, voornamelijk van verschillende bètadisciplines, ICT-medewerkers, onderwijsmanagers en andere geïnteresseerden in onderwijsvernieuwing op de universiteit. Niet alle delen van de tekst zijn voor iedereen even lezenswaardig. Het is ook niet nodig om deze publicatie van begin tot eind door te lezen. We geven hier een leesrouteplanner, waarmee diverse leesroutes uitgestippeld kunnen worden. Bijgevoegd zijn ook vier voorbeelden.

Leesrouteplanner

hoofdstuk	H1	H2	H3	H4	H5	H6
leutelwoord	IBL-project	didactische kenmerken	cursussen	docenten aan het woord	leer-omgeving	slotwoord
Studio-course	*	*	*	* (4.6)	*	*
integratie van werkvormen		* (2.2)	*	*		
leerfasen in onderwijs		* (2.3)	*			
aanpak van evaluatie	*	* (2.6)	*	*		
aanpak van ondersteuning	*		*	* (4.1,4.2)		*
doelen en leeractiviteiten		* (2.4)	*			
inzet van ICT in het onderwijs	*	* (2.5)	*	* (4.4)	*	
inzet van computertools		* (2.5)	*	*	*	
(diagnostische) digitale toetsing		* (2.5.5)	* (3.1, 3.3, 3.5, 3.6, 3.7, 3.10)	*	*	
<i>Mathematica</i>		* (2.5.1)	* (3.1, 3.3-3.5, 3.7-3.9)	*		
physlets		* (2.5.2)	* (3.3,3.5)	*		
MATLAB		* (2.5.3)	* (3.12, 3.13)	*		
beschrijvingen van cursussen			*			
ervaringen van docenten			*	*		
meningen van docenten				*		
digitale leeromgeving	*		*	* (4.3)	* (5.2)	*
zaalinrichting	*			* (4.7, 4.8)	* (5.3)	*
management van onderwijsvernieuwing	*	* (2.6)	*	* (4.1, 4.2)	*	*

Voorbeeld 1: een wiskundedocent

Een docent wiskunde die graag zijn cursus meer activerend wil maken en overweegt het computerprogramma *Mathematica* te gebruiken adviseren wij het volgende.

In hoofdstuk 3 kan deze docent de beschrijving van de wiskundecursus *Methoden en technieken* (3.9) lezen: de inhoud, de opzet, de didactische aanpak en de evaluatie. In hoofdstuk 2 kan de docent lezen welke werkvormen en activiteiten geschikt gevonden werden. In sectie 2.5.1 wordt specifiek ingegaan op de inzet van het computeralgebrasysteem *Mathematica* in het onderwijs. Inspiratie voor het gebruik van *Mathematica* kan geput worden uit beschrijvingen van diverse cursussen. Ook interessant is hoofdstuk 4, waarin het interview met een collega-wiskundedocent staat, over de problemen en positieve ervaringen die de collega is tegengekomen bij het ontwikkelen en uitvoeren van zijn studio-course.

Voorbeeld 2: een onderwijsmanager

Een onderwijsmanager is wellicht meer geïnteresseerd in het verloop van een onderwijsvernieuwing en in wat er nodig is om een cursus te vernieuwen tot een studio-coursevorm. Voor hem of haar zullen vooral hoofdstukken 1, 3 en 5 en sectie 2.6 interessant zijn. De tekstfragmenten kunnen in willekeurige volgorde gelezen worden. In hoofdstuk 1 staat informatie over de doelen van het project Interactieve Bèta Leeromgeving (IBL), over de resultaten van deze onderwijsvernieuwing, en over de gekozen aanpak om een succesvolle onderwijsvernieuwing te realiseren. In sectie 2.6 wordt de inrichting van het evaluatieproces beschreven. In hoofdstuk 3 kan hij/zij lezen hoe het ontwikkelproces van de verschillende cursussen verlopen is. Hoofdstuk 5 bevat informatie over het inrichten van de leeromgeving, zowel de digitale als de fysieke ruimte.

Voorbeeld 3: een ICT-specialist

In sectie 2.5 kan hij of zij meer te weten komen over de inzet van ICT en computergereedschappen in onderwijs. De databank met physlets beschreven in 2.5.2 is vrij te gebruiken en te vinden op <http://ibl.phys.uu.nl>. Sectie 5.2 bespreekt de elektronische leeromgeving. Meer over het daadwerkelijke gebruik van ICT valt te lezen in hoofdstuk 3.

Voorbeeld 4: een didactisch adviseur

Voor deze lezer zijn met name hoofdstuk 2 en 3 interessant (hij/zij kan kiezen uit de diverse bètacursussen). Ook hoofdstuk 1 en 5 zullen voor deze lezer interessant zijn, vooral de delen over hoe ondersteuning goed georganiseerd kan worden (hoofdstuk 1) en over de inzet van een digitale leeromgeving (hoofdstuk 5).

Veel leesplezier!

Inhoudsopgave

1	De onderwijsvernieuwing	11
1.1	Achtergronden	11
1.2	Doelen	12
1.3	Kenmerken van de onderwijsvernieuwing	13
1.4	Bereikte resultaten	15
2	Didactische kenmerken van de cursussen	17
2.1	Inleiding	17
2.2	Integratie van werkvormen en de onderwijsactiviteiten	19
2.3	Fasen in het leren en onderwijsactiviteiten	21
2.3.1	Oriëntatiefase	22
2.3.2	Fase van geleide verkenning	23
2.3.3	Fase van vrije verkenning	24
2.3.4	Reflectiefase	25
2.4	Leerdoelen en de keuze van de onderwijsactiviteiten	26
2.5	Inzet van ICT en computergereedschappen	30
2.5.1	<i>Mathematica</i>	31
2.5.2	Physlets	38
2.5.3	MATLAB	40
2.5.4	Inzet van computers bij presentaties door studenten	43
2.5.5	Diagnostisch toetsen	43
2.6	Evalueren van een onderwijsvernieuwing	46
3	De cursussen	49
3.1	Klassieke natuurkunde 1	49
3.2	Project natuurkundig onderzoek	53
3.3	Inleiding signaalverwerking	56
3.4	Biofysica van de mens	59
3.5	Mechanica	60
3.6	Golven en optica	64
3.7	Elektriciteitsleer	65
3.8	Computerpracticum (<i>Mathematica</i> cursus)	66
3.9	Methoden en technieken	69
3.10	Fysische chemie	73
3.11	Celbiologie 1	78
3.12	Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen	82
3.13	Simuleren en programmeren	85
4	Ervaringen van de bètadocenten	91
4.1	Verwachtingen en resultaten	91
4.2	Uitwisseling van informatie tussen docententeams	96
4.3	Gebruik van de digitale leeromgeving	98
4.4	Balans tussen het leren omgaan met ICT en het verwerven van vakinhoudelijke kennis	100
4.5	Inrichting van nieuwe cursussen	102
4.6	Wat leent zich voor een studio-course?	104
4.7	De ideale cursusruimte	106
4.8	Praktische zaken over een computerzaal	107
5	Leeromgeving	109
5.1	Randvoorwaarden	109
5.2	Elektronische leeromgeving	110
5.3	Fysieke werkruimte	115
6	Slotwoord	119
7	Literatuurlijst	121
	<i>Bijlage: Video Studio Course Model</i>	

1

De onderwijsvernieuwing

Een belangrijke drijfveer voor het starten van het onderwijsvernieuwingsproject Interactieve Bèta Leeromgeving (IBL) was een bijdrage te leveren aan de vergroting van de aantrekkelijkheid van de bètaopleidingen en het bètaonderwijs toegankelijker te maken.

1.1 Achtergronden: het project IBL

De ervaring van veel docenten die lesgeven in de universitaire basiscurricula van de exacte vakken is dat relatief veel studenten al vroeg afhaken omdat ze de studie te moeilijk vinden. Het imago dat de exacte opleidingen zwaar zijn in vergelijking tot andere opleidingen heeft een demotiverend effect op studenten en op docenten. Ze verwachten meer rendement van hun inspanningen.

Algemeen leerpsychologisch onderzoek laat zien dat de traditionele combinatie van onderwijsvormen bij de bèta's – hoorcollege, werkcollege en practicum – niet de meest effectieve manier van kennisoverdracht aan studenten is.¹ Het blijkt dat van een klassikale uitleg meestal minder beklijft dan de docent zou wensen. In een meer open vorm met meer discussie is het beter mogelijk voort te bouwen op wat de student al weet. Het leereffect is groter als de student gemotiveerd wordt en in staat wordt gesteld eigen conclusies te trekken.² Onderzoek waarin traditioneel onderwijs vergeleken wordt met activerend onderwijs – zoals in Workshop Physics en Peer Instruction^{3,4} – toont aan dat natuurkunde actief leren betere resultaten oplevert dan onderwijs met een grote rol voor hoorcolleges.

Een belangrijke drijfveer voor het starten van het onderwijsvernieuwingsproject Interactieve Bèta Leeromgeving (IBL) was een bijdrage te leveren aan de vergroting van de aantrekkelijkheid van de bètaopleidingen en het bètaonderwijs toegankelijker te maken. Met de onderwijsvernieuwing wilden we het volgende bereiken:

¹ Kallenberg, A.J. et al. *Leren en Doceren in het hoger onderwijs*, LEMMA, Utrecht, **2000**.

² Cummings, K.; Marx, J.; Thornton, R.; Kuhl, D. Evaluating innovation in studio physics, *Phys.Educ.Res., Am. J. Phys. Suppl.* **1999**, 67, S38-S44.

³ Mazur, E. *Peer Instruction: A User's manual*, Prentice Hall, Upper Saddle River, **1997**.

⁴ Crouch, C. H.; Mazur, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results, *Am. J. Phys.* **2001**, 69 (9), 970-977.

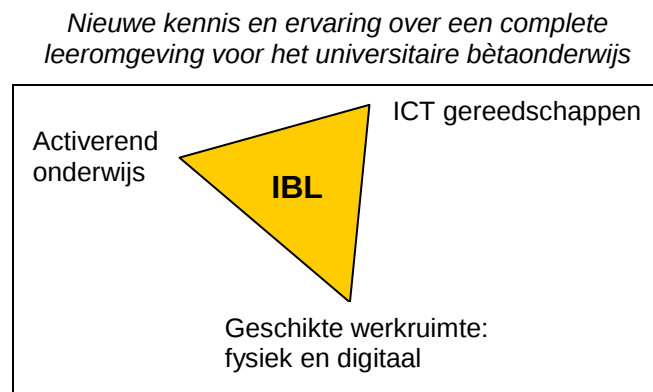
1. De onderwijsvernieuwing

- de student krijgt een meer actieve rol in het onderwijs;
- de begripsvorming van centrale begrippen van het vak vindt tegelijkertijd in een theoretisch en in een toegepast kader plaats. Leerstijlen van studenten zijn verschillend en waar de ene student een abstract begrip direct oppikt, heeft de ander een aantal praktische voorbeelden nodig om zich de stof eigen te maken;
- computers worden ingezet in het onderwijs. De computers hebben een belangrijke rol in de bètawetenschappen en krijgen ook een steeds belangrijker rol in het bètaonderwijs. Computeralgebra, reken- en simulatieprogramma's, data die bereikbaar zijn op internet, en daarbij passende digitale communicatiemogelijkheden zijn onmisbaar geworden, ook in het onderwijs;
- de samenhang tussen de verschillende werkvormen wordt sterker. Een studieprogramma dat naast practica in een laboratorium, werkcolleges en hoorcolleges ook nog losse computerpractica omvat, wordt door veel studenten als weinig samenhangend ervaren;
- de kwaliteit en intensiteit van het contact tussen docent en student wordt sterker en geeft de docent daardoor een beter beeld van de voortgang van de student. Alleen bijeenkomsten die in de ogen van de studenten zinvol zijn, kunnen tot meer aanwezigheid leiden en hierdoor ook tot een hoger rendement;
- met de veranderingen op het vwo wordt rekening gehouden. De huidige studenten hebben nu andere schoolervaringen dan vroegere generaties en ze zijn meer gewend zelfstandig te werken en initiatief te nemen.

1.2 Doelen

Het algemene doel van dit onderwijsvernieuwingproject IBL was nieuwe kennis op te bouwen en ervaring op te doen over een complete leeromgeving voor het bètaonderwijs. Dit doel valt uiteen in vier aandachtsgebieden (zie figuur 1.1):

- het ontwikkelen van activerend bètaonderwijs;
- substantiële inzet van ICT;
- het creëren van een geschikte werkruimte, zowel een fysieke als een elektronische leeromgeving;
- het opzetten van een efficiënte didactische en technische ondersteuning van de docenten die betrokken zijn bij de onderwijsvernieuwing.



Figuur 1.1 *Het algemene doel van het IBL-project.*

1.3 Kenmerken van de onderwijsvernieuwing

Centraal in het IBL-project stond de ontwikkeling of vernieuwing van een aantal studieonderdelen bij verschillende bètaopleidingen. Hierbij werd kennis en ervaring met activerend en geïntegreerd onderwijs met een sterke ICT-component opgebouwd. Deze cursussen werden in de praktijk uitgevoerd in de vorm van reguliere studieonderdelen en werden na afloop onderworpen aan een grondige evaluatie.

Om de onderwijsvernieuwing efficiënt en kwaliteitsvol uit te kunnen voeren, werd daarnaast ook ruim aandacht besteed aan het ontwikkelen van enkele ICT-gereedschappen, het opstellen van een evaluatieprotocol en het evalueren van de cursussen en ICT-componenten.

Gedurende het hele project werd aandacht besteed aan het didactisch en technisch ondersteunen van de docenten die verantwoordelijk waren voor de studieonderdelen uit het project. Er werden ontwikkelteams gevormd, bestaande uit docenten, (student-)assistenten en een didactische adviseur. Vanuit het IBL-project kon per cursus één (student-)assistent aangesteld worden. Een van de leden van het ontwikkelteam was IBL-projectmedewerker. Hij of zij verrichtte behalve het ontwikkelen van de cursus ook andere werkzaamheden in het project. Bij de ene cursus werkte deze persoon actief mee aan het ontwikkelen van de didactische opzet van het vak en indien nodig ook aan het ontwikkelen van lesmateriaal en/of toetsen. Bij een andere cursus was hij/zij de coördinerende docent van het vak, die vervolgens ook de cursus uitvoerde. Los van bijeenkomsten van de ontwikkelteams kwam het IBL-projectteam gedurende het project regelmatig bij elkaar om de projectvoortgang te bespreken. Op deze wijze konden de ervaringen tussen de teams steeds efficiënt uitgewisseld worden. De technische ondersteuning voor de ontwikkelteams werd centraal georganiseerd voorzover dit mogelijk en praktisch was.

Bij het ontwikkelen van de cursussen is op diverse manieren ervaring opgedaan met het geven van activerend onderwijs en het gebruik van ICT daarbij. De didactische kenmerken van de cursussen worden beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de ontwikkelde cursussen beschreven. Wat betreft het gebruik van ICT is expliciete aandacht besteed aan:

- het gebruik van physlets tijdens de interactieve colleges bij Natuurkunde. Physlets zijn kleine interactieve programmaatjes die deel uit kunnen maken van een webpagina en in groten getale te vinden zijn op internet⁵. In de beschrijving van onder andere de cursus Elektriciteitsleer is meer over het gebruik van physlets binnen de cursussen te lezen;
- bij verschillende van de cursussen was het gebruik van *Mathematica* geïntegreerd in het onderwijs. Waar voorheen veel studenten bleven steken in het uitvoeren van de puur wiskundige bewerkingen en niet toekwamen aan het interpreteren van het gevonden resultaat, kon in de gewijzigde opzet meer nadruk op de achterliggende gedachten worden gelegd. Door *Mathematica* bij meerdere cursussen aan bod te laten komen, is geprobeerd de studenten er zinvol mee te leren werken en hen te gewennen aan het gebruik van een

⁵ Het woord physlet is een samenvoeging van *Physics* en Java *applet* en is geïntroduceerd door Wolfgang Christian van Davidson College:
<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>

1. De onderwijsvernieuwing

computergebruikssysteem als een voor de hand liggend en vanzelfsprekend gereedschap;

- het afnemen van elektronische toetsen voorafgaand aan contactmomenten. Dit had voor de docent een diagnostische waarde en gaf de studenten een handvat bij het bestuderen van de stof die tijdens het interactieve college aan bod zou komen;
- het gebruik van MATLAB voor het simuleren van ecosysteemprocessen bij fysische geografie en voor het opstellen, programmeren en doorrekenen van betrekkelijk eenvoudige wiskundige modellen en visualisaties hiervan bij het vak *Simuleren en programmeren*;
- het laten discussiëren van de studenten tijdens het interactieve college aan de hand van elektronische meerkeuzetoetsen;
- het gebruik van de digitale leeromgeving (Blackboard).

Hoewel het bouwen van nieuwe cursuszalen op zich geen doel van de onderwijsvernieuwing was, hebben we ervaren hoe belangrijk het inrichten van de zalen is bij een studio-course, zowel voor de motivatie van studenten als voor het studierendement zelf. De inrichting van de ruimte moet:

- de geïntegreerde aanpak en/of snelle wisseling van de werkvormen tijdens de cursus ondersteunen;
- mogelijk maken dat studenten in kleine groepjes kunnen samenwerken.

Tijdens het gebruik van de ruimte in Utrecht bleek in het eerste projectjaar dat een aantal schijnbaar onbelangrijke voorzieningen uiteindelijk een groot effect hadden op het succes van een cursus. Stillere processorventilatoren, het aantal beschikbare plaatsen en software waarmee de docent de schermen van de studenten kan besturen, bleken een enorm effect te hebben op het enthousiasme waarmee de cursus door de studenten ontvangen werd.



Figuur 1.2 Activerend leren in de studio-classroom op het AMSTEL Instituut (UvA).



Figuur 1.3 *De cursusruimte bij de Universiteit Utrecht.*

1.4 Bereikte resultaten

Belangrijke eindproducten van het project zijn de studieonderdelen die in het kader van dit project zijn ontstaan en nu deel uitmaken van de diverse curricula of waarvan onderdelen hergebruikt worden in andere cursussen. Uit evaluaties blijkt dat de volgende belangrijke resultaten behaald zijn, met nadruk op de meerwaarde die we door dit project hebben gecreëerd.

De resultaten die het realiseren van de onderwijsvernieuwing laat zien:

- de betrokkenheid en actief gedrag van studenten zijn substantieel toegenomen;
- de ideeën van deze onderwijsvernieuwing verspreiden zich door de faculteit;
- de onderwijsvernieuwing is de studenten en docenten eigen geworden.

De beoogde kennis en ervaring over de complete interactieve bètaleeromgeving:

- de aanpak om bij het ontwikkelen van een cursus met een docententeam te werken is nuttig gebleken;
- het vernieuwen van het onderwijs op basis van didactische modellen is aan te raden, maar moet zeker niet opgelegd worden;
- de logistieke randvoorwaarden voor de fysieke onderwijsruimte zijn bepalend voor het succes.

De uitkomsten die van algemeen belang zijn voor de faculteit:

- er is uitgebreid ervaring opgedaan met het didactisch verantwoord inzetten van ICT en computergereedschappen in het onderwijs;
- er zijn goede ervaringen opgedaan met de gekozen werkwijze bij de didactische en de ICT-ondersteuning van docenten;
- de digitale leeromgeving Blackboard is faculteitsbreed en vrijwel geruisloos geïmplementeerd.

De concrete resultaten van het IBL-project zijn uitgebreid te vinden in de projectrapportages⁶.

⁶ Beschikbaar op de IBL-projectsite: <http://www1.phys.uu.nl/onderwijs/ibl/index.htm> onder het kopje 'Rapportages'.

1. De onderwijsvernieuwing

2

Didactische kenmerken van de cursussen

Onze docenten willen creatief zijn bij het maken en geven van het onderwijs. Ze staan open voor nieuwe ontwikkelingen en veranderingen, maar willen geen kant-en-klare onderwijsmodellen opgelegd krijgen. Daarom wilden we het onderwijsmodel bij het ontwikkelen meer als een perspectief op de achtergrond houden.

2.1 Inleiding

Universitair onderwijs is traditioneel opgedeeld in hoorcolleges, werkcolleges en practica. Docenten merken dat studenten vaak te weinig verband leggen tussen kennis opgedaan bij deze aparte onderdelen. In veel gevallen zijn de studenten niet erg actief betrokken bij het onderwijs en missen ze bijeenkomsten. Steeds vaker worden ICT en computergereedschappen ingezet bij de vakken, maar niet altijd op de meest effectieve manier. Door de studenten wordt dit ervaren als een extraatje dat niet veel met de rest van het vak te maken heeft.

Bij een aantal nieuw te ontwikkelen of aan vernieuwing toe zijnde studie-onderdelen van verschillende bètaopleidingen wilden we een integratie van de werkvormen tot stand brengen. Ook was het de bedoeling om bij deze cursussen intensief computers in te zetten. In dit hoofdstuk beschrijven we de didactische kenmerken van de cursussen die werden ontwikkeld of vernieuwd.

De inspiratie kwam van het Rensselaer Polytechnic Institute in VS, waar Jack Wilson in de jaren negentig de ‘Introductory science courses’ met succes gemoderniseerd heeft tot het zogeheten studio-classroomconcept.⁷ Uit het onderzoek van Cummings et al.⁸ bleek dat bij het leren van Newton’s Mechanica de studio-classroom-aanpak geen aanzienlijk beter resultaat opleverde dan traditionele colleges. Anderzijds hadden studenten en de begeleiders deze aanpak als positief ervaren en waren ze meer gemotiveerd om te werken. De studio-course-aanpak ondersteunde beter de onderzoeksgebaseerde leersituaties en open-probleem-opdrachten. In andere studies komen onderzoekers wel tot de conclusie dat het studiomodel wezenlijk effectiever is dan het traditionele model van

⁷ Wilson, J.M.; Jennings, W.C. Studio courses: How information technology is changing the way we teach, on campus and off, *P IEEE* **2000**, 88 (1): 72-80. Zie ook www.JackMWilson.com.

⁸ Cummings, K.; Marx, J.; Thornton, R.; Kuhl, D. Evaluating innovation in studio physics, *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* **1999**, 67, S38-S44.

hoorcollege. Williams et al.⁹ rapporteren bijvoorbeeld dat de studenten die volgens het studiomodel les kregen, op alle fronten – tentamen, laboratoriumwerk en de FCI-toets van Hestenes¹⁰ – beter presteerden dan de studenten die dezelfde lesstof via traditioneel onderwijs tot zich kregen. Meltzer en Manivannan¹¹ concluderen dat interactief natuurkundeonderwijs goed realiseerbaar is in praktijk en verbeteringen van studieresultaten oplevert.

De essentie van het studio-classroomconcept is dat het leren in een ‘studio-omgeving’ plaatsvindt waar de werkvormen worden geïntegreerd. De studio-classroom is in feite de ruimte die deze integratie van werkvormen mogelijk maakt. De zitplaatsen van de studenten zijn zo ingericht dat zij ter plekke een klassikale uitleg kunnen volgen, gebruik kunnen maken van een computer en bovendien proeven kunnen doen. Reimer et al.¹² zien een groot verschil tussen het studio-classroom-onderwijs en de bij computerwetenschappen gewone onderwijsvormen, die gebaseerd zijn op hoorcolleges, practica en discussie. Ze beschrijven het studio-coursemodel met als voornaamste kenmerken:

- leren door doen en actief bezig zijn met de lesstof;
- de voorkennis wordt geïntegreerd geleerd;
- intensieve samenwerking tussen studenten onderling, tussen studenten en docent, en tussen studenten en professionals;
- gebruik van speciale ruimtes, de studio-rooms.

De auteurs raden het mengen van de studio-course-aanpak met klassieke colleges af. In hun cursus *Designing Software for People* waren de studenten zo in beslag genomen door hun ontwerpprojecten, dat ze er niet aan toe waren gekomen om de leerstof van het hoorcollege bij te houden.

Uit onderzoek van Traver et al.¹³ bij een cursus Moleculaire Biologie bleek dat het gebruik van internettechnologieën en het organiseren van de samenwerking tussen de studenten een positieve impact had, zowel op de studieresultaten als op de tevredenheid van studenten. Het studio-courseconcept is ook succesvol ingezet bij Scheikunde. Apple et al.¹⁴ beschrijven een scheikundecursus waarin studenten in groepsverband werkten aan het oplossen van problemen. De studio-course-aanpak werd aan het Rensselaer Polytechnic Institute tevens ingezet bij technische opleidingen: Jewell¹⁵ beschrijft een cursus waarin de studenten gevraagd werd om reële problemen op te lossen met behulp van ICT.

Onze docenten willen creatief zijn bij het maken en geven van onderwijs. Zij staan open voor nieuwe ontwikkelingen en veranderingen, maar willen geen kant-en-klare onderwijsmodellen opgelegd krijgen. Om deze reden wilden we het onderwijsmodel bij het ontwikkelen meer als een perspectief op de achtergrond

⁹ Williams, P.J.; Retson, D.; Symons, S. The Effectiveness of Computer-Based Studio Teaching of Physics. *Physics in Canada*, **2003**, 59 (4) 201-204.

¹⁰ Hestenes, D.; Wells, M.; Swackhamer, G. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, **1992**, 30 (3) 141-158.

¹¹ Meltzer, D.E.; Manivannan, K. Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture. *Am.J.Phys.* **2002**, 70 (6), 639-654.

¹² Reimer, Y.J.; Douglas, S.A. Teaching HCI Design with the Studio Approach. *Comp.Sci.Edu.* **2003**, 13 (3) 191-205.

¹³ Traver, H.A.; Kalsher, M. J.; Diwan, J. J.; Warden, J. Student reactions and learning: evaluation of a biochemistry course that uses web technology and student collaboration. *Biochem. Mol. Biol. Edu.* **2001**, 29 (2), 50-53.

¹⁴ Apple, T.; Cutler, A. The Rensselaer Studio General Chemistry Course. *J.Chem Educ.* **1999**, 76 (4), 462-463.

¹⁵ Jewell, T.K. Teaching hydraulic design using equation solvers. *J.Hydraul.Eng-ASCE* **2001**, 127 (12), 1013-1021.

houden en dit dan liever samen met de docenten volledig afstemmen op de inhoud, de leerdoelen van het vak en de verwachtingen van de docenten. Kortom: we wilden het gekozen didactisch model bij elk vak op maat toepassen.

Het gekozen onderwijsmodel dat als perspectief diende bij alle cursussen van het IBL-project noemen we het studio-coursemodel. De cursussen die meededen aan het IBL-project hebben we daarom vaak gewoon studio-courses genoemd.

We hebben een aantal elementen van dit model geïdentificeerd. Dit wil overigens niet zeggen dat bij onze cursussen al deze elementen ook altijd aanwezig waren:

- integratie van de onderwijsvormen;
- beschrijving van het onderwijsproces in verschillende leerfasen, nl. de fasen van oriëntatie, geleide verkenning, vrije verkenning en reflectie;
- intensief gebruik van computers.

In dit hoofdstuk beschrijven we hoe deze elementen toegepast werden bij onze cursussen. We houden de verwijzingen naar de cursussen in dit hoofdstuk kort. In het volgende hoofdstuk worden alle cursussen die we hebben ontwikkeld of vernieuwd in het kader van het project Interactieve Bèta Leeromgeving uitgebreid beschreven, om een goed beeld te geven van het vernieuwde onderwijs. In dit hoofdstuk plaatsen we de elementen van het studio-coursemodel in verschillende relaties en we laten voorbeelden uit de praktijk zien:

- we beschrijven welke onderwijsactiviteiten werden ingezet bij de integratie van de werkvormen;
- we geven voorbeelden van hoe de keuze van opdrachten en andere onderwijsactiviteiten wordt bepaald door de fasen in het leren;
- we bekijken hoe de didactische structuur van de cursussen wordt bepaald door de leerdoelen; het achterliggende idee is dat het expliciet formuleren van leerdoelen houvast geeft bij het ontwikkelen van een cursus;
- we gaan in op de rol van computers bij de cursussen die we hebben ontwikkeld.

Aan het eind van dit hoofdstuk beschrijven we hoe de cursussen en de computergereedschappen tijdens deze onderwijsvernieuwing werden gevolgd. Onze evaluatie was erop gericht om na te gaan of de vernieuwing goed verliep en om vast te leggen wat niet optimaal ging, teneinde dit meteen te kunnen aanpassen en verbeteren. Hiermee realiseerden we dat de cursussen al direct in het eerstvolgende jaar beter uitgevoerd konden worden.

2.2 Integratie van werkvormen en de onderwijsactiviteiten

Uit evaluaties blijkt dat studenten het waarderen dat uitleg en toepassing, of theorie en experiment, geïntegreerd worden aangeboden in een cursusbijeenkomst.

De keuze van de werkvormen die werden geïntegreerd en de bijpassende activiteiten waren bij de verschillende IBL-cursussen verschillend. Ook het ritme van de afwisseling van de werkvormen was verschillend. Bij een aantal natuurkundecursussen betekende dit bijvoorbeeld dat experimenten geïntegreerd werden met de theorie. Bij Wiskunde was er meer sprake van integratie van hoor- en werkcolleges plus een inhoudelijke integratie met het computerpracticum. Bij Aardwetenschappen werd het computerpracticum een integraal deel van de theoriegedeelte. Bij Scheikunde en Biologie werden practicum en werkcolleges

geïntegreerd. Dit wil uiteraard niet zeggen dat de integratie bij deze disciplines ook altijd op deze manier uitgevoerd zou moeten worden. De onderstaande voorbeelden maken dit duidelijk.

De opeenvolging van activiteiten werd bij *Klassieke natuurkunde 1B: trillingen en golven* voor enkele bijeenkomsten in een draaiboek uitgewerkt (zie kader 2.1). Binnen elke bijeenkomst bij *Klassieke natuurkunde 1: trillingen en golven* deden studenten mechanische en elektrische experimenten en werkten zij aan berekeningen met *Mathematica*. Maar er waren ook momenten waarop de docent een korte plenaire uitleg gaf. Bij *Mechanica* werd ook een interactief college gegeven. In deze cursus werden geen experimenten gedaan, maar werd uitleg afgewisseld met het oplossen van opgaven, in groepjes werken aan discussieopgaven, experimenteren met physlets en het oplossen van opgaven in *Mathematica*.

Kader 2.1

Opvolging van de lesactiviteiten bij Klassieke natuurkunde 1B

Uitleg (10 min)

Problemen oplossen i.p.v. differentiaalvergelijkingen oplossen. Aanpak Huygens vs. aanpak Newton.

Uitleg (10 min)

Een fysisch probleem herleiden tot een differentiaalvergelijking.

Opgave (10 min)

Stel zelf een differentiaalvergelijking op: herleid de situatie dat op een voorwerp geen krachten worden uitgeoefend tot een differentiaalvergelijking voor de plaats van dat voorwerp (in 1 dimensie).

Herleid het probleem van de zwaartekracht op aarde (dus g constant) tot een differentiaalvergelijking.

Uitleg (10 min)

Aard van de input, aard van de output.

Uitleg (5 min)

Oplossen vs. Checken.

Opgave (10 min)

Oplossingen checken: van de twee net opgestelde vergelijkingen weet je als het goed is de antwoorden. Laat door invulling (met de hand!) zien dat deze antwoorden inderdaad voldoen.

Mathematica-opgave (10 minuten)

Doe hetzelfde als in de vorige opgave, maar nu in *Mathematica*.

Pauze (15 minuten)

Uitleg (10 minuten)

Differentiaalvergelijking voor een slinger.

Experiment (30 minuten)

Slingertijd als functie van de uitwijking meten.

Discussie (20 minuten)

Over de afwijkingen voor grotere uitwijkingen.

Vooruitblik op volgende bijeenkomst (10 minuten)

Bij *Methoden en technieken*, een wiskundevak voor bèta-gammastudenten, was een van de doelen van de vernieuwing de versterking van de samenhang van het computerpracticum met de rest van het vak. Het gebruik van *Mathematica* werd

hiervoor in het kader van de vernieuwing geïntegreerd met de andere onderdelen van de cursus. ‘Klassieke uitleg’ bleef bij dit vak behouden waar dit toch als de beste onderwijsvorm voor het onderhavige onderwerp beschouwd werd. Wel gebruikte de docent dan *Mathematica* om voorbeelden te geven. De studenten werkten op dezelfde dag met dit computerprogramma aan andere voorbeelden, die inhoudelijk aansloten op het wiskundige thema van die dag. Bij *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen*, een derdejaarsvak in de opleiding Aardwetenschappen, werd de korte introductie van een nieuw thema door de (gast)docent opgevolgd door praktisch werk van studenten met simulatietechnieken. Het grootste deel van de dag waren studenten zelfstandig – maar wel in een gezamenlijke ruimte – bezig met het maken en doorgronden van simulaties van ruimtelijke processen. Bij *Simuleren en programmeren*, een verplicht vak voor eerstejaarswiskunde- en bio-exact-studenten en een keuzevak voor geïnteresseerde natuur- en scheikundestudenten, werd het mogelijk om een programmeercursus in MATLAB te combineren met klassikale uitleg over de wiskundige thema’s die bij het programmeren als voorbeeld werden gebruikt. Ook kon aan het begin van iedere cursusmiddag relatief eenvoudig een beknopte samenvatting van de voorafgaande cursusmiddag worden gegeven, dankzij de aanwezigheid van beamers en een elektronisch schoolbord.

De grote lijn die uit de evaluaties blijkt, is dat studenten waardering hebben voor het geïntegreerde aanbod van uitleg en toepassing, theorie en experiment.

2.3 Fasen in het leren en onderwijsactiviteiten

Als een docent zich bewust is van de aparte rol van een fase in het leren, kan dit hem helpen bij het kiezen van de juiste voorbeelden en experimenten, alsmede bij het inzetten van de meest geschikte werkvormen en activiteiten.

Het bezinnen op het bestaan van fasen in het leren kan nuttig zijn, maar hoeft geen conditio sine qua non te zijn voor het ontwikkelen van goed onderwijs. In het geval van de IBL-cursussen is dit vaak een steun bij het ontwikkelen van een cursus geweest. Hieronder beschouwen we de verschillende cursussen door de fasen in het leren.

Bij het beschrijven van het verloop van het onderwijsproces plaatsen we dit in een tijdschaal. Het al dan niet voorkomen van een bepaalde leerfase in het leerproces kan te maken hebben met de keuze van de periode waarin een onderwijsproces wordt bestudeerd. Zowel wat betreft kennis als de ontwikkeling van vaardigheden gaat het op het curriculumniveau om de doorlopende leerlijnen. Op het niveau van één enkele bijeenkomst met studenten kan het denken in termen van een draaiboek goede diensten bewijzen. Dan gaat het erom de stappen door te denken in de redenering die de studenten moeten leren beheersen, te bedenken welke werkvorm het meest geschikt is voor elke stap, en te schatten hoelang elke stap duurt.

In deze publicatie ligt de nadruk op het verloop van een cursus als geheel. De indeling in fasen kan gerelateerd worden aan de verschillende inhoudelijke blokken in een college, maar ook aan de verschillende nagestreefde leerdoelen. De doelen kunnen bijvoorbeeld gelden voor het begrijpen en in formules vatten van

een bepaald proces, maar ook voor het aanleren van een vaardigheid als het presenteren van onderzoeksresultaten met behulp van ICT.

Binnen een cursus als geheel kunnen we vier leerfasen onderscheiden: oriëntatie, geleide verkenning, vrije verkenning en reflectie. Hieronder zullen verschillende aspecten van deze fasen besproken worden, aan de hand van voorbeelden uit de cursussen van het project.

Als een docent zich bewust is van de aparte rol van een leerfase, kan dit hem helpen bij het kiezen van de juiste voorbeelden en experimenten, alsmede bij het inzetten van de meest geschikte werkvormen.

2.3.1 Oriëntatiefase

De oriëntatiefase kan met verschillende activiteiten ingevuld worden. Hierbij kan uitwisseling en/of integratie van diverse onderwijswerkvormen plaatsvinden.

Het doel van de oriëntatiefase is vooral de student te laten inzien wat er te leren valt. Zo kan getracht worden de student te motiveren om een bepaald cognitief of vaardigheidsdoel na te streven. Als we de verschillende cursussen in ogenschouw nemen, blijkt dat deze fase door de docent verzorgd wordt. In het beginstadium van de studie werken studenten nog niet vanuit de doelstellingen en vragen die ze zelf hebben geformuleerd. De oriëntatiefase kan met verschillende activiteiten ingevuld worden. Hierbij kan uitwisseling en/of integratie van diverse onderwijswerkvormen plaatshebben.

Bij *Inleiding signaalverwerking* gaf de docent een oriënterend hoorcollege met de nadruk op grote lijnen en de gedachtegang. Ook bij andere cursussen werden oriënterende hoorcolleges gegeven. Bij *Klassieke natuurkunde IB: trillingen en golven* en *Klassieke natuurkunde IC: elektromagnetisme en licht* gaven bijvoorbeeld de docenten per dagdeel eerst een kort college, als oriëntatie op de opvolgende pen-en-papier- of *Mathematica*-opgaven en op de experimentele opdrachten. Weliswaar werd in alle gevallen gepoogd dit interactief te doen, bijvoorbeeld door tijdens het hoorcollegedeel vragen te stellen aan de studenten of door experimenten te laten zien.

Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen was inhoudelijk ingedeeld in vijf thema's. Elk thema werd ingeleid met een activiteit die tot doel had een introductie te geven. Het tweede doel van deze inleidende activiteit was soms nog belangrijker: de studenten motiveren om aan de opdrachten te gaan werken. Dit werd bij deze cursus op verschillende manieren gedaan:

- met een inleidend college: bij het ene thema gaf de docent bijvoorbeeld een uur college, bij het andere had hij een collega van een andere universiteit uitgenodigd voor een gastcollege;
- met een (computer)spel dat studenten zelf hebben uitgevoerd. Dit leidde tot een discussie en er werden inhoudelijke vragen gesteld. Door het behandelen van deze inhoudelijke vragen werd het nieuwe thema geïntroduceerd;
- met een demonstratie-experiment waaraan de docent de opvolgende discussievragen had gekoppeld. De studenten konden zelf ook vragen stellen.

Een ander voorbeeld is *Celbiologie 1*. De studenten hadden aan het eind van deze module een week als project uitgevoerd. De docent verstrekke aan elke projectgroep een korte tekst als inhoudelijke oriëntatie op de stof die behandeld werd in de projectweek. De basiskennis voor dit onderdeel hadden de studenten voorafgaand aan de projectweek al verkregen.

Fysische chemie besteedde op een speciale manier aandacht aan de fasen in het leren: de elektronische toetsen aan het begin van een hoofdstuk waren zowel voor de docent als de student te beschouwen als een oriëntatie op de vraag wat al bekend was en wat er bestudeerd moest worden. De uitkomsten in deze fase hebben invloed gehad op de volgende fase. De docent liet wat hij behandelde gedeeltelijk afhangen van wat er uit de pretests kwam.

Er kan een heldere conclusie getrokken worden: bij de cursussen die we hebben geanalyseerd, was overal goed aanwijsbaar welk deel van de cursus tot de oriëntatiefase behoorde. In de volgende sectie laten we voorbeelden zien van het aanleren van de stof in de fase van de geleide verkenning.

2.3.2 Fase van geleide verkenning

Tijdens de leerfase van geleide verkenning volgen de studenten een route die uitgestippeld is door de docent.

In de fase van geleide verkenning gaat het om het toewerken naar de geformuleerde leerdoelen volgens een door de docent uitgestippelde weg. Kenmerkend is dat dit bij de cursussen die we hier beschrijven voornamelijk aan de hand van opdrachten is gegaan. En dus niet doordat de docent een exposé hield dat de studenten voor waar zouden aannemen en vervolgens zouden leren reproduceren en toepassen. Een afwisseling van stukjes uitleg, opdrachten van allerlei soort waarmee iets duidelijker wordt en van het bediscussiëren daarvan, aldus de essentie van het interactieve onderwijs dat wij hebben ontwikkeld. De fase van geleide verkenning kon hiermee beter opgevolgd worden door de fase waarin studenten zelfstandig aan de open opdrachten werkten, ook wel aangeduid met de fase van vrije verkenning.

Bij *Klassieke natuurkunde 1B: trillingen en golven* bestond het programma voor een groot deel van de weken uit geleide verkenning: de rekenopdrachten en de experimenten lagen vast. Bij *Klassieke natuurkunde 1C: elektromagnetisme en licht* werd de uitleg onderbroken door vragen waarover gediscussieerd en gestemd werd. De demonstratieproeven en de opgaven met of zonder *Mathematica* waren geïntegreerd in het college. De student was niet vrij in de keuze van onderwerpen. De opgaven en de proeven waren door de docenten zo gekozen dat ze tot het begrijpen van een specifiek onderwerp hebben geleid, bijvoorbeeld het begrijpen van de Maxwell-vergelijkingen. De studenten werden hiermee begeleid totdat het doel werd bereikt.

Ook bij *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen*, waar een groter deel van de cursus als vrije verkenning verliep, was er per themablok altijd ook een fase van geleide verkenning waarin de studenten aan voorgeschreven opdrachten werkten. In deze fase werd de kennis opgebouwd die nodig was om hierna meer zelfstandig aan de open opdrachten te kunnen werken.

2.3.3 Fase van vrije verkenning

De fase van vrije verkenning is niet alleen leuk. De studenten worden hiermee uitgedaagd om meer te leren.

Vaak vormde de geleide verkenning de kern van de cursus. Ook in traditioneel universitair onderwijs is dit vaak zo; daar worden hoorcolleges en de oefeningen met de stof soms geheel door de docent uitgestippeld. Ook in de hier beschreven cursussen heeft het docententeam soms voor een groot deel van de tijd een voor alle studenten vastliggend programma uitgestippeld. In verschillende mate werd vervolgens geprobeerd de eigen belangstelling en het eigen initiatief van studenten een plaats te geven. De ruimte voor deze onderwijsactiviteiten werd meestal gemaakt aan het eind van een blok of aan het eind van de hele cursus. Het idee daarachter was dat dit niet alleen leuk is, maar dat studenten zo uitgedaagd worden om meer te leren. Dit noemen we de fase van vrije verkenning.

Bij *Klassieke natuurkunde IB: trillingen en golven* was het eigen project – dat twee weken aan het eind uitgevoerd werd – een fase van vrije verkenning. Deze fase kwam bij dit vak dus slechts één keer voor. Dat gold ook voor *Mechanica*, waar de projecten aan het eind van de cursus binnen de onderzoeksinstituten werden uitgevoerd, en bij het projectweek *Celbiologie 1*, die grotendeels als vrije verkenning verliep. Aan de andere kant was bij de cursus *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* in elk van de vijf blokken de laatste opdracht open van karakter en moesten studenten zelf de strategie van het modelleren en simuleren uitdenken.

De fase van vrije verkenning krijgt bij een cursus meer ruimte wanneer bij de cursus bewust onderzoeksvaardigheden worden ontwikkeld. Zo werd bijvoorbeeld bij de cursus *Project natuurkundig onderzoek (PNO)* de voornaamste doelstelling gehaald: het beter voorbereiden van studenten op het doen van zelfstandig fysisch onderzoek. Bij *PNO* kozen studenten in groepjes van vier tot zes studenten een onderzoeksgebied en binnen dat gebied een onderzoeksvraag. De studenten maakten vervolgens een werkplan om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Dit kon leiden tot een experimenteel onderzoek met bestaande apparatuur, het bouwen van nieuwe apparatuur of tot een simulatie. Vaak kwamen twee of meer van deze aspecten aan bod.

Bij *Simuleren en programmeren* bestond het tweede deel van de cursus uit groepsprojecten waarin studenten de geleerde computervaardigheden toepasten op complexere problemen van wis-, natuur- en scheikundige, dan wel biologische aard. In groepsverband (drie à vier personen per team) werkten studenten gedurende zeven weken aan een project. Hierin kwamen alle facetten van projectwerk aan bod: van het maken van een werkplan, met taakverdelingen en werkafspraken, het bijhouden van een logboek en het zelfstandig dingen uitzoeken tot het organiseren van de werkzaamheden, het kritisch staan tegenover verkregen resultaten en gebruikte methoden, het omgaan met tegenslagen en tijdig bijsturen van het werk, wekelijks verslagleggen en het verzorgen van een eindpresentatie van het project en de verkregen resultaten. Docent en (student-)assistent vervulden hierbij voornamelijk een rol als externe bron voor vakinhoudelijke en computertechnische informatie en als persoon die een gewillig oor verleende wanneer studenten een en ander met iemand van buiten het team wilden bespreken en hun mening of advies wilden horen.

2.3.4 Reflectiefase

Het is gebleken dat als een reflectieopdracht een klein, los onderdeel van een verzameling van huiswerkopgaven was, de studenten dit als een niet zo nuttige exercitie zagen. Dat was anders als er wat meer tijd voor werd uitgetrokken, en het vaker in de cursus voorkwam.

De reflectiefase kreeg in het algemeen bij onze cursussen minder aandacht dan de rest van de leerfasen. Het tentamen op zich heeft in het onderwijs altijd ook een reflectiedoel. Met reflectie bedoelen we hier terugkijken op wat je geleerd hebt en terugkijken op de manier waarop je dat gedaan hebt, met de bedoeling om het leerproces te verbeteren. Ook voor de docent levert reflectie veel informatie op ter verbetering van het onderwijsproces

Bij *Structuur der materie 1* werden elke week diagnostische toetsen genomen. Hierdoor konden zowel de scheikundestudenten als de docent na afloop van elk hoofdstuk een reflectie op de uitkomsten van het leerproces realiseren en konden ze zich vervolgens afvragen hoe het verder moest.

Een andere manier om te reflecteren werd uitgevoerd bij *Klassieke natuurkunde 1* (eerste studiejaar Natuurkunde). Studenten werd gevraagd om tentamenopgaven te bedenken. Hierdoor moesten de studenten nadenken over wat belangrijk en representatief was. Deze onderwijsactiviteit was verder een klein, los onderdeel in het kader van huisopgaven. Voor het inleveren van de huiswerkopgaven konden de studenten een kleine beloning in punten krijgen, die meetelde voor het eindcijfer. De meeste studenten zagen het maken van tentamenvragen niet als nuttig. Sommigen van hen zeiden dat dit het werk van de docent was.

In het derde studiejaar aardwetenschappen bij *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* had het maken van tentamenopgaven een duidelijker doel in de cursus. Deze onderwijsactiviteit was goed geïntegreerd in de cursus, doordat deze vaker in de cursus voorkwam. De studenten kregen ook op de ingeleverde tentamenvragen uitgebreide feedback van de docent. De meeste studenten waardeerden deze opdrachten hoog. Het mag echter niet vergeten worden dat het verschil in leeftijd tussen studenten in het eerste en studenten in het derde jaar en het daarmee gepaard gaande verschil in wetenschappelijke vorming hier misschien bepalend zijn voor hoe de studenten dergelijke reflectieopdrachten ervaren.

Om te zorgen dat de studenten een reflectieopdracht nuttig ervaren, is het in ieder geval belangrijk dat het doel van de opdracht duidelijk is. De opdrachten moeten dan ook een meer praktische rol voor het halen van een cursus hebben dan alleen maar het laten meetellen voor het eindcijfer. Dit klinkt misschien als een open deur, maar het is niet altijd zo makkelijk meteen te bereiken, vooral niet als het gaat over het introduceren van ICT in het onderwijs. Als een docent een nieuwe onderwijsactiviteit in zijn cursus inbrengt, is hij daar soms zelf nog onzeker over. Hij/zij is dan voorzichtig in het geven van een prominente plaats aan de nieuwe leeractiviteit, met als gevaar dat deze activiteit dan los blijft hangen en door de studenten als versiering wordt ervaren.

Bij het projectwerk in de tweede helft van *Simuleren en programmeren* speelde reflectie een belangrijke rol. Studenten moesten zich tijdens de voortgang van het project regelmatig afvragen of ze nog op de goede weg zaten, hoofdzaken van

bijzaken blijven onderscheiden, kritisch staan tegenover reeds verkregen resultaten en gebruikte technieken en een 'open mind' houden voor nieuwe mogelijkheden die zich gaandeweg aandienen en plannen daarop bijstellen. De docent beperkte zich evenwel tot het geven van enkele tips om dit proces goed te laten verlopen (zie kader 2.2). De wekelijkse rapportage, waarin kort verslag gedaan werd van vorderingen en verdere plannen van het team, waren tevens bedoeld om de studenten te verleiden tot een continu kritische en reflecterende houding. Doordat deze logboekverslagen publiek gemaakt werden op de website van het vak, konden studenten ook globaal op de hoogte blijven van projecten van anderen en zich eventueel daardoor laten inspireren.

Kader 2.2

Tips van de docent

Fragment van een webpagina van *Simuleren en programmeren*.

Het de bedoeling dat ieder groepslid zich voortdurend bezighoudt met de voortgang van het project en ook pogingen doet om buiten de documentatie om informatie in te winnen over het onderwerp. Dit kan zijn via een website, maar ook gewoon via de docent.

Wees kritisch en stel vragen!

B. Samenwerking en Zelfwerkzaamheid

Wellicht ter overvloede merken we op dat het de bedoeling is om als team te werken, waarbij er zoveel mogelijk geprobeerd moet worden om iedereen binnenboord te houden. Mensen die iets sneller zijn met sommige aspecten, dienen degene die iets langzamer zijn bij te spijkeren.

Schaam je niet om langzamer te zijn, en grijp je groepsgenoten bij hun kraag als dingen je niet duidelijk zijn, want misschien wordt jij wel aangewezen om een deel van de eindpresentatie voor je rekening te nemen.

Zorg ook voor een goede taakverdeling voor de tijd tussen twee dinsdagmiddag sessies in. Ongeveer twee uur thuiswerken per week en dat aan het begin van de dinsdagmiddag samen bespreken is een goede manier om iedere keer meteen aan de slag te kunnen met nieuwe dingen en vorderingen.

2.4 Leerdoelen en de keuze van de onderwijsactiviteiten

Doordat de doelen expliciet werden geformuleerd, werd een betere mogelijkheid gecreëerd om de kwaliteit van de cursus te volgen en de cursus te optimaliseren.

In deze paragraaf illustreren we het nut van het expliciet formuleren van doelen. Hiermee wordt niet alleen het formuleren van de kennisdoelen en vaardigheden bedoeld, maar ook het vastleggen van vernieuwende onderwijsvormen en de procesdoelen. Dit is niet specifiek voor studio-onderwijs of voor het IBL-project, maar is eigenlijk altijd bij een vernieuwing nuttig. De docent focust zich hiermee op het afstemmen van in te zetten onderwijsactiviteiten op de gestelde doelen van de cursus. Hiermee krijgen deze activiteiten een geschikte plaats in de cursus en spelen ze de gewenste rol in het beoordelingsproces.

Een aantal cursussen in ons project hebben we geanalyseerd vanuit het perspectief van leerdoelen. Dit bleek heel nuttig te zijn bij de didactische ondersteuning, met name bij het ontwikkelen of optimaliseren van de onderwijsactiviteiten. Bij de voorbereiding van elk van deze cursussen formuleerde het ontwikkelteam de leerdoelen. Teamleden waren docenten, co-docenten, (student-)assistenten en de didactische adviseur. De keuze van de leerdoelen was bepalend voor de keuze van de werkvormen en ook voor de manier waarop de studenten getoetst werden. De evaluatie van de cursus richtte zich vervolgens op de vraag in welke mate de doelen bereikt waren.

Bij de analyse van de cursussen vanuit het perspectief van de cursusdoelen hebben we deze doelen opgesplitst in *leerdoelen* en *procesdoelen*. Onder procesdoelen plaatsten we de doelen die te maken hebben met de vernieuwende aanpak en/of werkvorm. Leerdoelen kunnen op verschillende manieren worden ingedeeld. We hebben een indeling gehanteerd van cognitieve doelen aan de ene kant en sociale en affectieve doelen aan de andere kant. Doelen als ‘het hebben van een kritische, onderzoekende houding’ en ‘samen de taken kunnen verdelen bij het uitvoeren van een uitgebreider onderzoek’ deelden wij in bij de laatste twee categorieën. Hierbij werd de indeling volgens Bloom¹⁶, met opklimmende graad van abstractie, gebruikt:

- **kennis:** ook het kennen van een procedure voor het berekenen van een waarde hoort hierbij, als het gaat om iets wat eerst wordt voorgedaan en wat gereproduceerd moet worden;
- **inzicht:** hier wordt meer begrip gevraagd, met bijvoorbeeld niet alleen kennis van feiten, maar ook een interpretatie ervan;
- **toepassing:** het kunnen gebruiken van methoden en theorieën in nieuwe situaties;
- **analyse:** dit is het niveau waarbij de student in een gegeven situatie moet kunnen bepalen welke theorie of methode van toepassing is;
- **synthese:** bekende ideeën kunnen combineren tot nieuwe, generalisaties uit een veelheid van gegevens kunnen halen, kennis uit verschillende gebieden combineren, en conclusies trekken uit gegevens;
- **evaluatie:** de waarde van een theorie kunnen beoordelen en de waarde van gegevens kunnen bepalen.

Tentamens richten zich vaak op het toetsen van de eerste twee niveaus. Dat is logisch, omdat vragen op de hogere niveaus vaak (te) veel tijd kosten om te beantwoorden. Om toch de andere niveaus te kunnen toetsen, moesten naast het tentamen binnen de cursussen van het IBL-project vaak extra opdrachten ingeleverd worden die meetelden in de beoordeling. Deze opdrachten bereidden de studenten niet alleen voor op het tentamen. Sommige meer omvangrijke opdrachten toetsten ook andere leerdoelen, hetzij meer op het gebied van vaardigheden dan van kennis, hetzij op een hoger niveau in de zin van de indeling van Bloom.

¹⁶ Bloom, B.S.; Krathwohl, D.R.; Masia, B.B. *Taxonomy of educational objects: the classification of educational goals*. McKay, New York, 1956.

Zie ook Bloom's Taxonomy – Overviews:

www.ceap.wcu.edu/Houghton/Learner/think/bloomsTaxonomy.html

Onderdeel van de site Applying Higher Order (Bloom's Taxonomy) Thinking Skills:

www.ceap.wcu.edu/Houghton/Learner/think/thinkhigherorder.html

Western Carolina University, 2003, april 2004.

We illustreren het voorgaande aan de hand van een paar voorbeelden uit de praktijk. We laten zien hoe de keuze van de werkvormen en het toetsingssysteem bij een cursus zich verhouden tot de doelen van de cursus.

Bijvoorbeeld bij *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* waren de cognitieve doelen gerelateerd aan modelleertechnieken. De leerdoelen waren op verschillende niveaus. Behalve naar het aanbrengen van kennis van de verschillende simulatietechnieken, werd ook gestreefd naar het verkrijgen van de vaardigheid om bij een gegeven probleemstelling de juiste simulatietechniek te kiezen. Aan studenten werd hier gevraagd om verschillende simulatietechnieken te vergelijken (evaluatie-niveau, in de classificatie volgens Bloom). Als een opvallend procesdoel kon het volgende geformuleerd worden: het kunnen nemen van beslissingen over de keuze van een simulatietechniek. Het interesseren van studenten voor het vakgebied, een affectief doel, was expliciet opgenomen in de lijst van doelstellingen. Dat gold ook voor samenwerken. Om dit te kunnen bereiken was er niet alleen een afsluitend tentamen dat het eindcijfer bepaalde. Tot het beoordelingsproces behoorden ook de wekelijkse opdrachten en een uitgebreide open slotopdracht.

Bij *Klassieke natuurkunde IB: trillingen en golven* was een van de cognitieve doelen: kennis van de vergelijkingen die een rol spelen op het gebied van trillingen en golven. Bij de doelen hoorden nadrukkelijk ook de differentiaalvergelijkingen die met behulp van het computeralgebrapakket *Mathematica* opgelost kunnen worden. Bij *Klassieke natuurkunde IC: elektromagnetisme en licht* was dat laatste veel minder het geval. Bij dit vak lagen de leerdoelen veel meer op het gebied van het begrijpen van de wetten van Maxwell en de verschijnselen die hierdoor beschreven kunnen worden. Het beheersen van *Mathematica* was geen expliciet leerdoel, het pakket was veel meer een hulpmiddel om aspecten van de theorie en de toepassingen te laten zien. Dit verschil in doelen verklaart een verschil in werkwijze bij de twee cursussen: de *Mathematica*-opgaven moesten bij *Trillingen en golven* elke week worden ingeleverd en telden ook mee bij de beoordeling, terwijl ze bij *Elektromagnetisme en licht* slechts als illustratie werden bedoeld. De studenten ervoeren de *Mathematica*-opgaven bij de cursus *Trillingen en golven* eerder als nuttig dan bij *Elektromagnetisme en licht*.

Andere type leerdoelen vinden we bijvoorbeeld bij *Celbiologie 1* en bij *Project natuurkundig onderzoek*. In beide gevallen waren het leren samenwerken en het kweken van de affiniteit voor het doen van onderzoek belangrijke sociale en affectieve doelen. Doel bij *Celbiologie 1* was tegelijkertijd ook het (verder) ontwikkelen van presentatievaardigheden. De procesdoelen bij de projectweek bij *Celbiologie 1* waren meer gericht op het bereiken van zelfstandig werken door studenten. Dit is eigenlijk niet onverwacht. Bij dit studieonderdeel vormde de leerfase vrije verkenning een belangrijk deel van de cursus. De meest belangrijke procesdoelen bij deze cursus waren daarom werken in groepjes, maken van een begrippennetwerk, zelfstandig zoeken naar het antwoord op eigen deelvragen en vervolgens presenteren van de resultaten aan andere studenten. Ook bij de cursus *Project natuurkundig onderzoek* waren procesdoelen die te maken hadden met zelfstandig werken en projectmatig werken in een groep belangrijk.

Bij de studieonderdelen waar diagnostisch werd getoetst, konden we duidelijk een andere soort procesdoelen vaststellen. Deze zijn bijvoorbeeld bij de eerstejaarscursussen *Structuur der materie 1*, *Mechanica*, *Golven en optica* en *Elektriciteitsleer* de volgende:

- van hoofdstuk tot hoofdstuk weten hoe studenten ervoor staan qua voorkennis en verwerking van vorige hoofdstukken, om als docent daarop in te kunnen spelen;
- studenten op de hoogte houden van hun eigen vorderingen en van nodige voorkennis voor het volgende hoofdstuk;
- stimuleren dat studenten ‘bij’ blijven: studeren tijdens de cursus in plaats van kort voor tentamen.

Uit onze ervaring bleek dat doordat de doelen expliciet werden geformuleerd, een betere mogelijkheid werd gecreëerd om de kwaliteit van de cursus te volgen en de cursus te optimaliseren. De docententeam kon duidelijker identificeren waar het probleem lag en kon hiermee ook sneller ingrijpen. Dit heeft vooral voordeel in de fase van het ontwikkelen van een cursus en bij de eerste keer dat een cursus gegeven wordt.

Het grote voordeel van explicitering van cursusdoelen werd bevestigd bij de cursus *Simuleren en programmeren*. Dit betrof een volstrekt nieuwe cursus en het ontwikkelteam heeft in het begin veel tijd gestoken in het formuleren en uitwerken van de doelstellingen, vorm en inhoud ervan. Dit leidde tot twee algemene doelstellingen.

1. De student heeft aan het einde van de cursus inzicht verworven in het gebruik van de computer in de exacte wetenschappen.
Dit moet blijken doordat de student in staat is tot het volgende:
 - a) het demonstreren dat computervaardigheden voldoende ontwikkeld zijn door:
 - het paraat hebben van veelgebruikte commando's in Unix, Perl en MATLAB;
 - het kunnen begrijpen en zelf schrijven van eenvoudige Perl-scripts en MATLAB-programma's;
 - het kunnen aanpassen van bestaande Perl-scripts en programma's in MATLAB;
 - het kunnen vinden en hanteren van geschikte documentatie.
 - b) het kunnen ontwerpen, structureren en analyseren van algoritmen;
 - c) het op een probleemstelling kunnen toepassen van de opgedane kennis en vaardigheden, door zelfstandig een probleemaanpak te kiezen, deze te rechtvaardigen en uit te voeren;
2. De student is in staat om met andere studenten effectief samen te werken aan een probleem binnen een projectkader.
Dit moet blijken doordat de student in staat is tot het volgende:
 - a) het kunnen organiseren van werk en het maken van werkplannen in samenwerkingsverband met andere studenten;
 - b) het vruchtbaar deelnemen aan brainstorming en discussies;
 - c) eigen inbreng bij uitwerking van deelp Problemen;
 - d) korte, doelmatige rapportage van werkzaamheden en gevonden resultaten;
 - e) verantwoordelijkheid voelen en nemen voor de bewaking van de voortgang van het project, onder andere door zich aan gemaakte afspraken te houden;
 - f) het eigen handelen en denken kritisch kunnen evalueren.

Het bovenstaande was geen plichtmatig lijstje van doelstellingen waarna rustig overgegaan kon worden tot de orde van de dag. Integendeel, de doelstellingen waren bij voorkeur geformuleerd in termen van activiteiten van studenten. In de formulering ervan kwam meestal een werkwoord voor dat eenduidig aangaf over welke controleerbare vaardigheden de student aan het einde van de cursus moest beschikken; denk bijvoorbeeld aan het effectief indelen van werk, vruchtbaar

deelnemen aan discussies, goed argumenteren, doelmatig rapporteren en kritisch evalueren. In meer detail werd ook nog aangegeven met welke lesstof de student deze kennis en vaardigheden geacht werd te laten zien; bijvoorbeeld welke methode de student moest kunnen uitleggen en/of toepassen. Daartoe werd bijvoorbeeld verwezen naar een lijst van termen, begrippen en werkwijzen. Denk hierbij wat betreft programmeren aan lijsten van programmeerconcepten, zoals recursie, herhaling, conditie, enzovoort.

Kortom: de doelstellingen vormden een leidraad bij de concrete invulling van cursusonderdelen en de ontwikkeling van concreet lesmateriaal. Daarnaast hadden de doelstellingen ook een functie in de toetsing van het vak. Bijvoorbeeld, de vaardigheden met en de parate kennis van Unix, Perl en MATLAB konden gerust in aparte deeltoetsen effectief getoetst worden. Bij de beoordeling van het projectwerk speelden vele zaken tegelijkertijd mee, variërend van de moeilijkheidsgraad van het project, de organisatie en uitvoering van het werk, effectiviteit in het gebruik van Perl en MATLAB tot de kwaliteit van de eindpresentatie.

2.5 Inzet van ICT en computergereedschappen

De inzet van computers speelde bij elke cursus uit het IBL-project een grote rol. In de volgende alinea's beschrijven we kort hoe ICT ingezet werd bij de cursussen die we hebben vernieuwd.

Als digitale leeromgeving is in het project gebruikgemaakt van Blackboard. Hierin werden het lesmateriaal en opdrachten voor studenten beschikbaar gesteld, mededelingen geplaatst en e-mails verzonden, tests afgenomen, enzovoorts. Bij het *Project natuurkundig onderzoek* konden groepjes studenten Blackboard gebruiken voor het documentenbeheer van hun eigen onderzoek.

Daarnaast hebben de computers ook nog een meer inhoudelijke rol vervuld. Computers werden ingezet op dezelfde manier als dat gebeurt in bètaonderzoek. Met behulp van de computer kunnen de natuurverschijnselen efficiënter geanalyseerd en/of gesimuleerd worden en hierdoor beter begrepen. *Mathematica*, *Physlets*, *MATLAB* en simulatieprogramma's geven allemaal twee extra mogelijkheden die met pen en papier moeilijk te realiseren zijn: (i) het numeriek doorrekenen van processen en (ii) het visualiseren van problemen en oplossingen. Driedimensionale en bewegende beelden kunnen vaak meer inzicht geven in de situatie dan een berekening met pen en papier. Bovendien kan door het gebruik van computerprogramma's gewerkt worden aan meer reële problemen.

Ook kan ICT een belangrijke rol spelen bij de toetsing. Denk bijvoorbeeld aan elektronische toetsen met als doel om te komen tot een eindbeoordeling van studenten. In het IBL-project zijn echter elektronische toetsen vooral ingezet als hulpmiddel voor de studenten bij het voorbereiden van een studiebijeenkomst, voor het diagnosticeren van de voorkennis van studenten en als 'stemmachine' om een inhoudelijke discussie te kunnen starten.

2.5.1 Mathematica

Uit onderzoek blijkt dat studenten met computeralgebra op conceptueel niveau beter scoren dan collega-studenten die gebruik van computeralgebra is onthouden, terwijl zij bij toetsen van rekenvaardigheid die met pen en papier uitgevoerd moeten worden net zo goed presteren.

In computeralgebra vervangen het toetsenbord en beeldscherm de klassieke combinatie pen en papier bij het bedrijven van wiskunde. Een computeralgebra-systeem als *Mathematica*¹⁷ stelt de gebruiker in staat om alle algebraïsche handelingen, berekeningen en afleidingen op een pc of werkstation uit te voeren. Voorbeelden zijn: manipuleren van formules, differentiëren en integreren van functies, oplossen van stelsels van vergelijkingen, rekenen met matrices, tekenen van grafieken van functies en het oplossen van differentiaalvergelijkingen. Dergelijke berekeningen worden snel, zonder veel moeite en correct uitgevoerd, met nadruk op exacte resultaten in plaats van numerieke resultaten. De wiskunde staat als het ware klaar om in een computeralgebra-systeem als gereedschap ingezet te worden. Wiskunde bedrijven gaat met de software op het eerste, oppervlakkige gezicht lijken op het uitspreken van de toverspreuk ‘los op (probleem)’ waarna de computer het kant-en-klare antwoord levert. Geen wonder dat computeralgebra-systemen in ras tempo aan populariteit gewonnen hebben onder wetenschappers, ingenieurs en studenten, zeg maar onder degenen die in hun werk wiskunde gebruiken.

De afgelopen twintig jaar is veel gepubliceerd over het gebruik van computeralgebra in het onderwijs; sla er congresverslagen als van de International Conference on Technology in College Mathematics (ICTCM) of de International Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT) maar op na, kijk tijdschriften als de International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education (IJCAME) maar in, of lees proefschriften en boeken over dit onderwerp, zoals *Mathematikunterricht mit Computeralgebrasystemen*¹⁸.

Het *effectieve* gebruik van een computeralgebra-systeem als *Mathematica* in onderwijs is echter nog steeds een onderwerp van veel discussie en onder docenten en studenten leeft een scala aan gezichtspunten. Regelmatig wordt de inzet van computertechnologie gekoppeld aan een aflatende, gebrekkige wiskundige kennis en vaardigheden onder studenten. Maar aan de andere kant melden verschillende studies dat studenten met computeralgebra een beter conceptueel begrip van wiskunde krijgen, zonder dat dit ten koste gaat van rekenvaardigheden. Bijvoorbeeld, Heid¹⁹ laat in haar artikel ‘Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool’ zien dat de integratie van computeralgebra in een calculuscursus voor eerstejaarsstudenten in bedrijfskunde, architectuur en levenswetenschappen toestaat dat onderwerpen zodanig herordend worden, dat in de opbouw van het programma wiskundige concepten op de voorgrond komen. Hurley et al.²⁰ citeren een rapport van de

¹⁷ *Mathematica* homepage: www.wri.com, Wolfram Research Inc., april 2004.

¹⁸ Heugl, H.; Klinger, W.; Lechner, W. *Mathematikunterricht mit Computeralgebra-Systemen*. Addison-Wesley (Deutschland) GmbH, 1996.

¹⁹ Heid, M.K. Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *J. Res. Math. Edu.*, 1988, 19 (1), 3-25.

²⁰ Hurley, J.F.; Koehn, U.; Ganter, S.L. Effects of Calculus Reform: local and national. *Amer.Math.Monthly.*, 1999, 106 (9), 800-811.

National Science Foundation waarin een van de conclusies is dat studenten met computeralgebra op conceptueel niveau beter scoren dan collega-studenten die gebruik van computeralgebra is onthouden, terwijl zij bij toetsen van rekenvaardigheid die met pen en papier uitgevoerd moeten worden net zo goed presteren.

Behalve een andere opbouw van het curriculum komt in de discussies over inzet van computeralgebra in onderwijs nog een ander thema vaak aan de orde: welke rol speelt computeralgebra in het leerproces en hoe verhoudt zich computeralgebra-werk tot pen-en-papier-werk? Het antwoord op deze vraag is gecompliceerd en het laatste woord is hier nog niet over gezegd. Een computeralgebra-systeem als *Mathematica* is in de eerste plaats niet gemaakt om wiskunde mee te leren, maar om te dienen als nuttig gereedschap in de handen van professionals, om zaken die gealgoritmiseerd aangepakt kunnen worden door de computer te laten doen. Maar als een computerprogramma zoveel uitkomsten van berekeningen op een presenteerblaadje kan geven (denk bijvoorbeeld aan differentiëren en integreren), moeten we in het onderwijs dan nog wel zoveel aandacht besteden aan methoden en technieken of studenten die technieken met de pen en papier bijbrengen? Als we dit evenwel achterwege laten, in hoeverre lopen we dan het gevaar dat studenten qua diepgang van hun wiskundig begrip inboeten en de controle over hun werk verliezen?

Dit soort overwegingen heeft Buchberger²¹ gebracht tot het principe van ‘white box/black box’, waarin hij stelt dat studenten, wanneer zij nieuwe wiskundige concepten of methoden leren, eerst relevante handelingen met pen en papier moeten uitvoeren. Pas wanneer een nieuw concept of een nieuwe techniek of methode voldoende eigen gemaakt is, kan het computeralgebra-systeem ingezet worden om het dan triviaal geworden rekenwerk over te nemen. Anderen, bijvoorbeeld Berry et al.²², keren dit principe om naar ‘black box/white box’ en propageren het gebruik van computeralgebra in onderwijs als middel om studenten veel meer voorbeelden te laten bestuderen en hen veel meer zelfstandig nieuwe terreinen te laten verkennen dan met traditionele middelen mogelijk is. In deze opzet wordt een computeralgebra-systeem als explorerend gereedschap gebruikt in een oriëntatiefase (m.a.w. de ‘black box’-fase) die voorafgaat aan de precieze wiskundige behandeling, die moet leiden tot een goede ontwikkeling van een nieuw concept bij studenten (de ‘white box’-fase).

In aanvulling op de twee benaderingen van het gebruik van computeralgebra in het onderwijs suggereren Macintyre en Forbes²³ een zogeheten ‘grey box’-aanpak, waarin studenten in een stap-voor-stap-aanpak bij het oplossen van problemen weliswaar ‘black box’-operaties laten uitvoeren door de computer, maar niet geheel afhankelijk daarvan zijn en juist zelf heer en meester blijven over de gevolgde aanpak, reflecteren op resultaten op het computerscherm en hun eigen strategie bepalen.

In de IBL-cursussen is een verschillend gebruik van computeralgebra in het onderwijs te herkennen. Binnen één cursus kun je ook verschillende stijlen aantreffen. Bijvoorbeeld, in het vak *Methoden en technieken* voor bèta-gamma-studenten worden het differentiëren van standaardfuncties en het uitrekenen van determinanten en eigenwaarden van 2×2 -matrices eerst op college uitgelegd aan

²¹Buchberger, B. Should students learn integration rules? *SIGSAM Bull.* **1990**, 24 (1), 10-17.

²²Berry, J.; Graham, E.; Watkins, A. *Learning Mathematics through Derive*. Ellis Horwood, Chichester, UK, **1993**.

²³Macintyre, T.; Forbes, I. Algebraic skills and CAS – Could assessment sabotage the potential? *Int. J. Comp. Alg. Math. Educ.* **2002**, 9, 29-56.

de hand van kleine, maar illustratieve voorbeelden die met pen en papier verder geoefend kunnen worden. Later wordt op het computerpracticum *Mathematica* ingezet om meer realistische gevallen te bestuderen. Maar een goed begrip van wat de eigenwaarde van een matrix precies is en het snel voorbeelden kunnen bedenken, worden gerekend tot de basisvaardigheden van een student waarvoor hij of zij geen computer nodig heeft. Als gevraagd wordt een 2×2 -matrix te bedenken met eigenwaarde 2 en 3, dan verwachten we niet dat de student een computer-algebra-systeem kiest om een voorbeeld te construeren. Om een nog concreter voorbeeld te geven van het ‘white box/black box’-principe: op het college wordt een Leslie-model van een populatie met drie leeftijdsgroepen behandeld, wat resulteert in werken met 3×3 -matrices. Op het computerpracticum komt een meer realistisch voorbeeld van een populatie met zes leeftijdsklassen aan bod en wordt *Mathematica* gebruikt om langetermijneffecten numeriek en grafisch te onderzoeken (zie kader 2.3).

Kader 2.3

Voorbeeld ‘white box/black box’-principe bij matrixberekening bij *Methoden en technieken*

Pen-en-papier-som uit het dictaat:

Bepaal de eigenwaarden en eigenvectoren van $A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 4 & -1 \end{pmatrix}$.

Een opdracht uit het *Mathematica*-practicum:

Beschouw de Leslie-matrices uit serie 1; dit zijn matrix V1, de oorspronkelijke 3×3 Leslie-matrix uit het voorbeeld over de drie leeftijdsklassen van vogels en matrix B1, de oorspronkelijke 5×5 Leslie-matrix uit de practicumopgave die over een insectenpopulatie ging.

- Bereken van matrix V1 de eigenwaarden en eigenvectoren en gebruik deze waarden om de toenmalige uitkomst te verklaren.
- Vervolgens is een verandering in de overlevingskansen aangebracht. Beschouw matrix V2, de aangepaste Leslie-matrix in dit gewijzigde model. Bereken wederom de eigenwaarden en verklaar hieruit de omvang van de populatie zoals die in de loop der jaren verandert.
- Vervolgens is een verandering aangebracht in het aantal gelegde eieren. De aldus veranderde matrix geven we aan met V3. Bereken ook van V3 de eigenwaarden en eigenvectoren en verklaar hieruit de omvang van de populatie zoals die in de loop der jaren verandert.

Een voorbeeld van een ‘grey box’-aanpak is het onderzoeken van het kwalitatieve gedrag van oplossingen van niet-lineaire differentiaalvergelijkingen in de buurt van een singulariteit. In kader 2.4 tonen we een fragment van een *Mathematica*-notebook over de Volterra-vergelijkingen die de ontwikkeling beschrijven van een populatie bestaande uit roofdieren en prooidieren. Hierin neemt *Mathematica* de noodzakelijke berekeningen voor zijn rekening. De docent bespreekt dit onderwerp tijdens een collegedeel en gebruikt daarbij daadwerkelijk het computeralgebra-systeem, ook om variaties op het thema met de studenten door te nemen. Studenten maken een soortgelijke studie van singulariteiten ook nog eens in een opdracht later tijdens de les en tijdens het computerpracticum. Bijkomend voordeel van deze aanpak is dat de docent tijdens de uitleg ook aandacht kan besteden aan het praktisch gebruik van *Mathematica*.

Kader 2.4**Voorbeeld 'grey box'-principe bij studie van niet-lineaire differentiaalvergelijkingen**

Fragment van *Mathematica*-uitleg uit Methoden en technieken

De vergelijkingen in het resulterende stelsel

$$x'(t) = x(t) (a - b y(t))$$

$$y'(t) = y(t) (-c + d x(t))$$

worden de Volterra-vergelijkingen genoemd, naar de wiskundige die dit model voor het eerst opstelde.

Met *Mathematica* vinden we de singulariteiten van dit stelsel.

```
vg1 = {x(a-b y), y(-c + d x)};
```

```
sng1 = Solve[vg1==0, {x,y}]
```

$$\left\{ \left\{ x \rightarrow 0, y \rightarrow 0 \right\}, \left\{ x \rightarrow \frac{c}{d}, y \rightarrow \frac{a}{b} \right\} \right\}$$

De matrix met partiële afgeleiden is

```
M = Outer[D,vg1,{x,y}];
```

```
M // MatrixForm
```

$$\begin{pmatrix} a - b y & -b x \\ d y & -c + d x \end{pmatrix}$$

We bekijken nu deze matrix rond de twee singulariteiten.

- De eerste singulariteit is volgens de stelling van Hartman-Grobman een zadelpunt. De eigenwaarden zijn a en c .

```
M /. sng1[[1]] // MatrixForm
```

$$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & -c \end{pmatrix}$$

Dit correspondeert met exponentiële groei van prooidieren zonder roofdieren, en met de afname van roofdieren zonder prooidieren.

- Voor de tweede singulariteit kan de stelling van Hartman-Grobman niet gebruikt worden. De imaginaire eigenwaarden van de matrix zijn $i\sqrt{a c}$ en $-i\sqrt{a c}$.

```
M /. sng1[[2]] // MatrixForm
```

```
Eigenvalues[M /. sng1[[2]]]
```

$$\begin{pmatrix} 0 & -\frac{b c}{d} \\ \frac{a d}{b} & 0 \end{pmatrix}$$

$$\{-i \sqrt{a c}, i \sqrt{a c}\}$$

Voor deze situatie maken we een faseplaatje: We nemen $a=b=1$, $c=d=0.3$ en kijken tevens naar enige oplossingskrommen.

```
<<VisualDSolve`
```

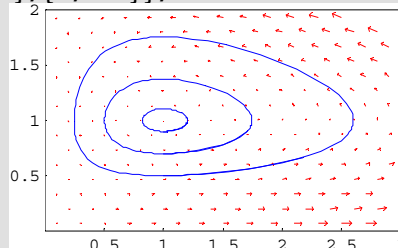
```
PhasePlot[
```

```
{x'[t]==x[t](1-y[t]), y'[t]==y[t](-0.3+0.3x[t])},
```

```
{x[t],y[t]}, {t,7,7}, {x,0,3}, {y,0,2},
```

```
FieldColor->Red, PlotStyle->Blue, InitialValues->
```

```
{{1,0.5},{1,0.7},{1,0.9}}, VectorField->True];
```



Merk op dat de populaties van prooi- en roofdieren periodiek is.

Om de aandacht van rekenwerk en *Mathematica* weg te houden en deze aan de wiskundige concepten en methoden te besteden, wordt het speciale pakket

'VisualDSolve'²⁴ gebruikt, met daarin onder andere de procedure PhasePlot, om een faseportret van een differentiaalvergelijking met oplossingskrommen te tekenen.

We spreken hierboven van een 'grey box'-principe. Verborgen zijn weliswaar de *Mathematica*-details van het oplossen van stelsels van vergelijkingen, van het uitrekenen van eigenwaarden en van het tekenen van een faseportret, maar het resultaat van elke opdracht wordt naar waarde geschat door de gebruiker. Bovendien gebeurt de studie in afzonderlijke kleine stapjes die door de gebruiker zelf nog beïnvloed kunnen worden.

Een stap verder naar het 'black box/white box'-principe is het gebruik van een pakket in *Mathematica* waarvan de details voor de gebruiker zelf verborgen blijven. Als voorbeeld nemen we het zelfgemaakte Iteration-pakket, met daarin de procedure CobwebDiagram om een spinnenwebgrafiek (cobweb diagram) bij een iteratief proces te maken. De details van het tekenen van een spinnenwebgrafiek blijven helemaal verborgen, zodat de gebruiker snel een dergelijke grafiek kan tekenen. In kader 2.5 staat een fragment van een *Mathematica*-opdracht waarin studenten gevraagd wordt om verschillende gevallen te onderzoeken. Dit doen we in de hoop en verwachting dat de studenten zelf kunnen achterhalen welke eigenschappen een iteratief proces zoal kan hebben. Zij kunnen zich door gebruik van de 'black box'-*Mathematica*-routine concentreren op de ontstane figuur in relatie tot de iteratieformule. Bij bespreking van deze opgave zijn we erin geslaagd om studenten zelf een stelling te laten formuleren die aangeeft wanneer een dekpunt in een iteratief proces afstotend dan wel aantrekkelijk is en wanneer een zogeheten 'limit cycle' mogelijk is. Deze aanpak is precies het tegenovergestelde van een traditionele aanpak, waarin eerst een stelling geformuleerd en bewezen wordt om deze daarna toe te lichten aan de hand van voorbeelden. De door ons gekozen aanpak wordt ook wel aangeduid met 'onderzoekend leren'. De 'black box/white box'-stijl waarin we het computeralgebra-systeem gebruiken, maakt deze nieuwe vorm van leren mogelijk.

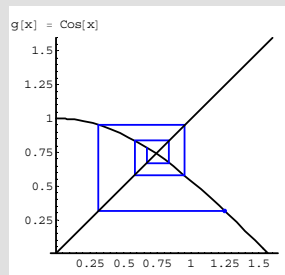
De classificatie van manieren waarop *Mathematica* gebruikt wordt, hangt trouwens af van de bril waardoor je naar *Mathematica*-ondersteunde opdrachten kijkt. Bijvoorbeeld, in een opdracht uit het vak *Klassieke natuurkunde 1C, elektromagnetisme en licht* wordt het elektrische veld bepaald. Hierin wordt gebruikgemaakt van de mogelijkheid om functies te plotten en integralen uit te rekenen met *Mathematica*. In deze opdracht wordt de software expliciet ingezet om fysische concepten beter te begrijpen en niet om de techniek van het integreren te oefenen. De studenten stellen zelf, op basis van de elektromagnetische vergelijkingen van Maxwell, de integralen op die nodig zijn om een elektrisch veld uit te rekenen, maar laten het rekenwerk over aan *Mathematica*. Dit is weer een voorbeeld van het 'grey box'-principe. Vanuit wiskundig standpunt echter kun je het laten uitrekenen van integralen door het computeralgebra-systeem ook zien als voorbeeld van het 'white box/black box'-principe. Nadat integraalrekening min of meer begrepen is, mogen de studenten een computerprogramma gebruiken voor het uitrekenen van integralen.

²⁴ Schwalbe, D.; Wagon, S. *VisualDSolve: Visualizing Differential Equations with Mathematica*, TELOS/Springer-Verlag, New-York, 1996.

Kader 2.5**Voorbeeld 'black box/white box'-principe bij onderzoekend leren**Fragment *Mathematica*-opdrachten uit *Methoden en technieken***Opgave 3.1**

- a. Gebruik de procedure `CobwebDiagram` van het *Iteration*-package om het iteratiegedrag te bestuderen voor de functie $g(x) = \cos(x)$ beginnend met $x_0 = 1.25$

```
g[x] := Cos[x];
CobwebDiagram[g[x], {x, 1.25}, 6,
  PlotRange -> {0, 1.6}, Thickness->0.01];
```

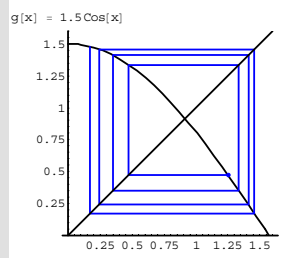


- b. Wat voor gedrag merk je op? Begrijp je nu de naam cobwebdiagram (spinnenweb)?
 c. Onderzoek wat er gebeurt als je begint met $x_0 = 0.4$ en met $x_0 = 4.4$. Wat is je conclusie?

Opgave 3.2

- a. Gebruik de procedure `CobwebDiagram` van het *Iteration*-package om het iteratiegedrag te bestuderen voor de functie $g(x) = 1.5 \cos(x)$ beginnend met $x_0 = 1.25$.

```
g[x] := 1.5*Cos[x];
CobwebDiagram[g[x], {x, 1.25}, 8,
  PlotRange -> {0, 1.6}, Thickness->0.01];
```

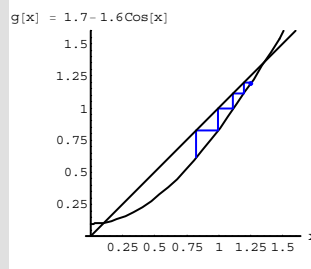


- b. Maakt het bij a. uit welke beginwaarde x_0 je neemt?
 Leg uit wat je gedaan hebt en hoe je de resultaten interpreteert.

Opgave 3.3

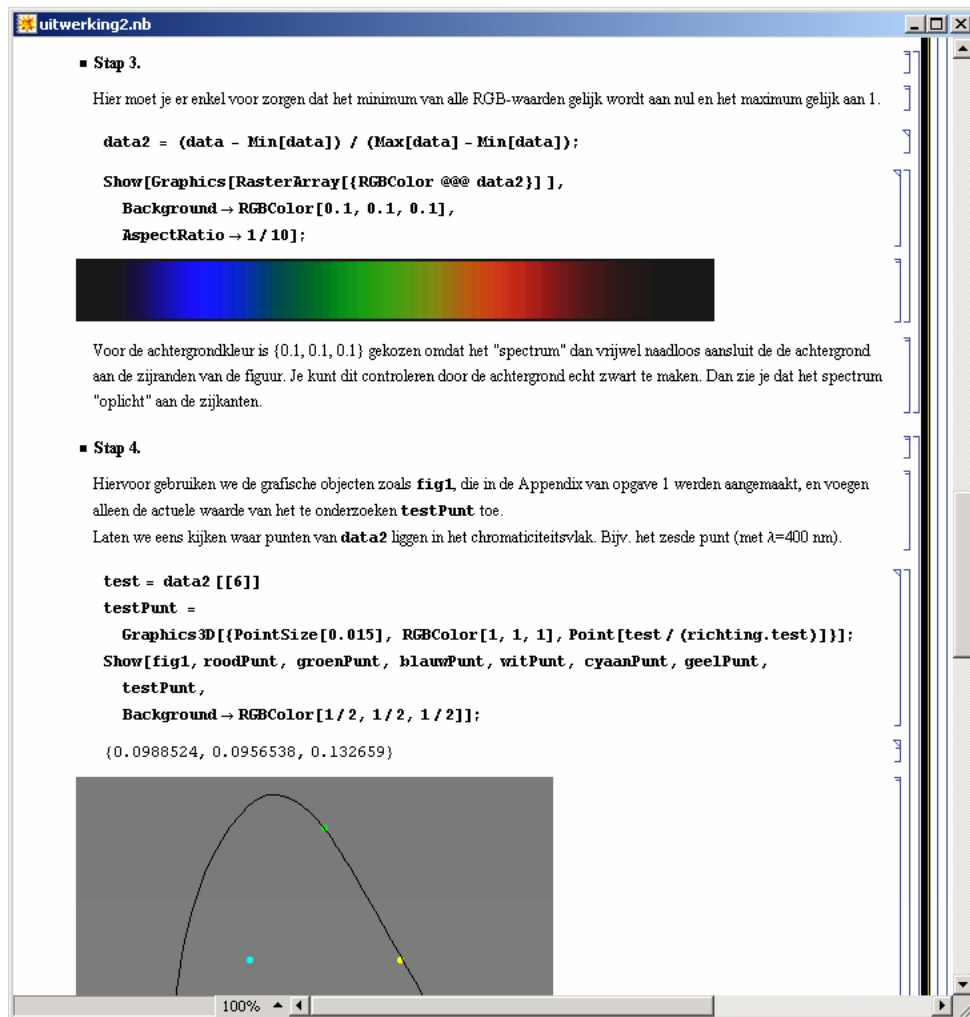
- a. Herhaal de vorige opgave maar nu met de functie $g(x) = 1.7 \cos(x) - 1.6$ met $x_0 = 1.25$.

```
g[x] := 1.7*Cos[x] - 1.6;
CobwebDiagram[g[x], {x, 1.25}, 8,
  PlotRange -> {0, 1.6}, Thickness->0.01];
```

**Opgave 3.4**

Welke conclusies kun je trekken uit de vorige drie opgaven?

Mathematica maakt het ook mogelijk om het resultaat van een berekening met een driedimensionale grafiek en met bewegende beelden te visualiseren, waardoor de student meer inzicht in de situatie krijgt dan bij een berekening op papier. Bijvoorbeeld bij het college *Biofysica van de mens*, dat de fysische, fysiologische en psychofysische aspecten van het kleuren zien behandelt, kon door *Mathematica* in te zetten gerekend worden aan modellen die de werkelijkheid benaderden. Voorheen was dit niet mogelijk, omdat het teveel rekentijd in beslag zou nemen (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Schermafdruck van een uitwerking van een Mathematica-opgave die de studenten van het vak *Biofysica van de mens* moesten maken.

2.5.2 Physlets

De kracht van een physlet is dat het een afgebakend onderwerp behandelt en dat de studenten er actief mee aan de slag kunnen zonder hiervoor eerst een simulatietaal of programma te moeten leren gebruiken.

Tijdens de interactieve colleges van de natuurkandecursussen zijn regelmatig zogeheten physlets ingezet. Dit zijn kleine interactieve programmaatjes, bijzondere Java-applets, die deel uit kunnen maken van een webpagina en in groten getale te vinden zijn op internet²⁵. In een physlet wordt een fysisch verschijnsel geïllustreerd, gesimuleerd of gemodelleerd²⁶. De physlets kunnen op verschillende manieren in het onderwijs ingezet worden. Inspiratie is onder andere gehaald uit Christian et al.²⁷, maar na enigszins zoeken op internet wordt al snel duidelijk dat hier heel veel physlets over diverse onderwerpen te vinden zijn.

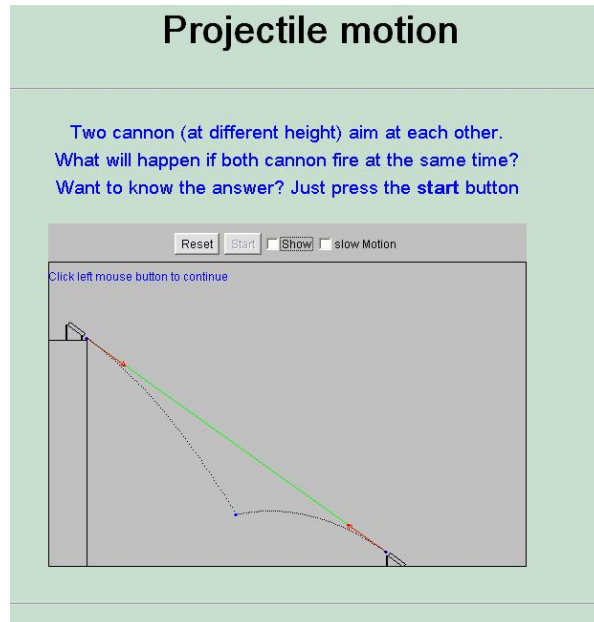
Om dit zoeken naar materiaal minder arbeidsintensief te maken, is binnen het IBL-project een database ontwikkeld die op eenvoudige en snelle wijze applets over diverse onderwerpen uit de fysica ontsluit. Via een zoekinterface waarin de docent opgeeft in welke categorie (bijvoorbeeld 'Mechanics') en in welke subcategorie (bijvoorbeeld 'Motion along a straight line') materiaal gewenst is, wordt binnen korte tijd de beschikking gekregen over relevante applets over het gewenste onderwerp. De database is vrij te gebruiken en te vinden op <http://ibl.phys.uu.nl>.

Binnen de cursussen uit het project zijn physlets bijvoorbeeld ingezet tijdens het interactieve college. De studenten werkten in kleine groepjes van twee of drie studenten aan het begrijpen van een fysisch probleem of verschijnsel door in de physlets parameters te veranderen, acties uit te voeren, etc. Dit werd gedaan bij de colleges *Mechanica* en ook bij *Golven en Optica* en *Inleiding signaalverwerking*. De kracht van een physlet is dat het een afgebakend onderwerp behandelt en dat de studenten er actief mee aan de slag kunnen. Een physlet biedt de mogelijkheid wat te spelen, uit te proberen wat de impact van een parameter is, om zo een verschijnsel zelf te ontdekken zonder hiervoor eerst een simulatietaal of programma te moeten leren gebruiken. Figuur 2.2 laat een voorbeeld zien dat tijdens het interactieve college van *Mechanica* gebruikt is.

²⁵ Het woord physlet is een samenvoeging van *Physics* en Java *applet* en is geïntroduceerd door Wolfgang Christian van Davidson College:
<http://webphysics.davidson.edu/Applets/Applets.html>

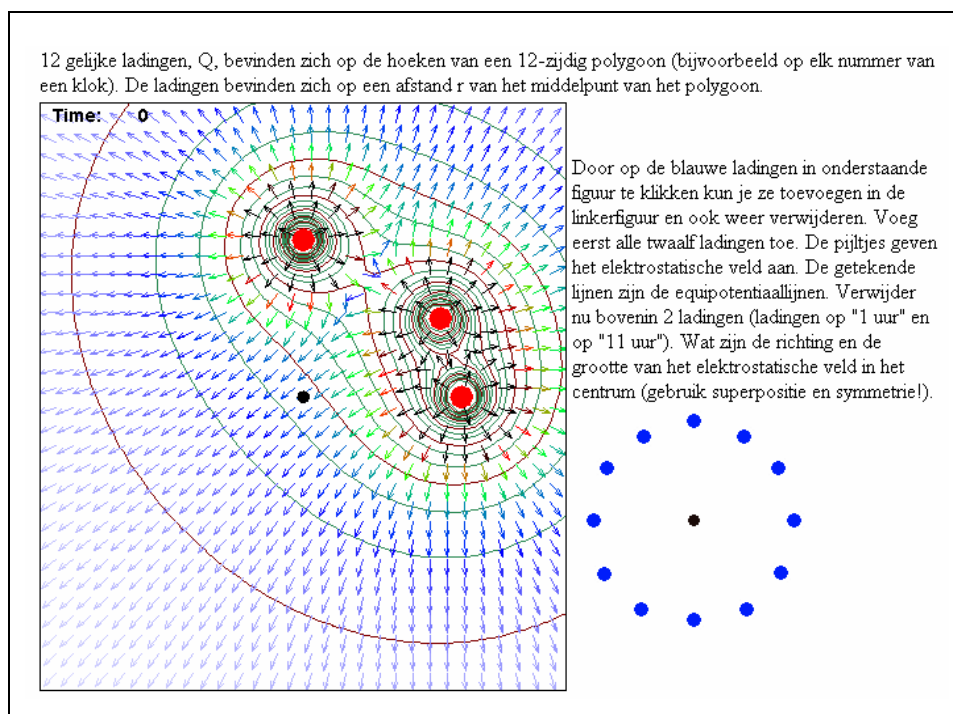
²⁶ Christian, W.; Belloni, M. *Physlet Physics. Interactive Illustrations, Explorations, and Problems for Introductory Physics*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, **2004**.

²⁷ Bonham, S.W.; Risley, J.S.; Christian, W. Using Physlets to teach Electrostatics. *The Physics Teacher* **1999**, 37, 276–280.



Figuur 2.2 Voorbeeld van een physlet die binnen het interactieve college van Mechanica gebruikt werd.

Bij *Elektriciteitsleer* werden de physlets geïntegreerd in een multiplechoice-opgave. Figuur 2.3 geeft een schermafdruck van een physlet die daar werd gebruikt.



Figuur 2.3 Schermafdruck van een physlet bij *Elektriciteitsleer*.

Deze physlet is afkomstig van Physlets resource page door W. Christian²⁸. Het bijzondere van een physlet (in tegenstelling tot een ‘gewoon’ applet) is dat deze met behulp van JavaScript is aan te passen aan de eigen wensen. Zo kan bij de bovenstaande physlet in het script worden ingesteld op welke positie de ladingen moeten verschijnen, of de veldlijnen te zien moeten zijn, of de veldvectoren te zien moeten zijn, etc. Dit geeft de docent de mogelijkheid om de physlet helemaal aan te passen aan de eigen wensen en zo optimaal te laten aansluiten bij de behandelde stof. Bovenstaande applet is hiervan een voorbeeld. In overleg met de docent is een opzet gekozen waarin de studenten zelf een configuratie van ladingen opbouwen en hierbij direct zien wat hiervan de gevolgen voor het elektrisch veld is. Het aanpassen van het script is eenvoudig te doen, maar vereist wel kennis van de scripttaal JavaScript. Vanuit het IBL-project is ondersteuning verleend aan de docenten om de aanpassingen te kunnen bewerkstelligen.

De physlets werden bijvoorbeeld bij *Klassieke natuurkunde IC* ingezet om studenten actief te laten meedenken. Hiervoor werden ze niet in een uitleg voor de hele groep geprojecteerd, maar werd aan de studenten liever een vraag gesteld die ze met behulp van een physlet en het veranderen van de parameters erin zelf op de computer konden oplossen. Vaak gebeurde dit als een eerste kennismaking met de problematiek.

2.5.3 MATLAB

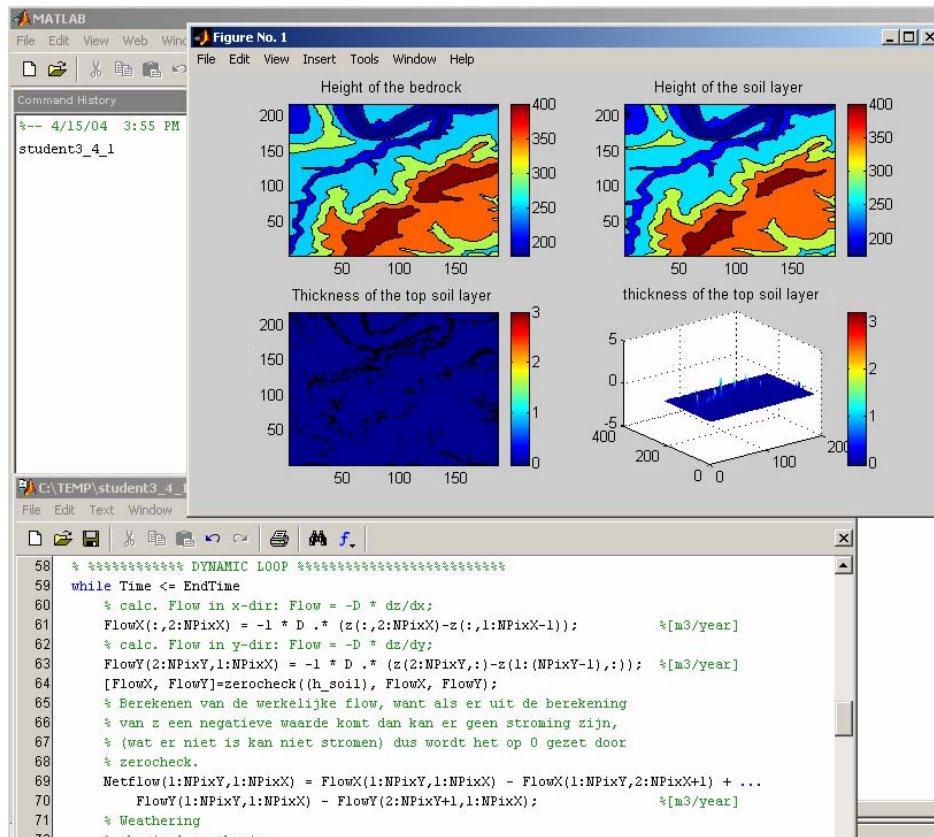
Simulaties zijn bedoeld om de werkelijkheid na te bootsen, om probleemsituaties door te rekenen en om het resultaat van een bepaald proces of een stap daarin te voorspellen. Simulaties kunnen op verschillende wijze in het onderwijs gebruikt worden. Een bestaande simulatie kan aan studenten aangeboden worden om te oefenen wanneer een reële situatie gevaarlijk of duur is. De simulatie dient dan als een leeromgeving.

De studenten kunnen aan de andere kant het inzicht in de processen krijgen door zelf simulaties op te zetten en uit te voeren. Met dit doel voor ogen stond bij de cursus *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* het werken met het numerieke programma MATLAB²⁹ centraal. De inleidingen van de docent en de leesteksten waren vooral bedoeld als introductie, motivatie of uitgangspunt. Hierbij werden vaak recente artikelen uit tijdschriften als *Nature* in de opdrachten gebruikt. Dit werkte voor studenten heel motiverend. De werkstukken die studenten met behulp van MATLAB hebben gemaakt, leverden ze in een digitale vorm in bij de docent, via Blackboard.

Als voorbeeld geven we in figuur 2.4 een schermafbeelding van een MATLAB-sessie waarin een student een model ontwikkeld heeft voor geomorfologische landschapontwikkeling, gebaseerd op het model van Minasny en McBratney uit 2001, voor een studiegebied in Luxemburg.

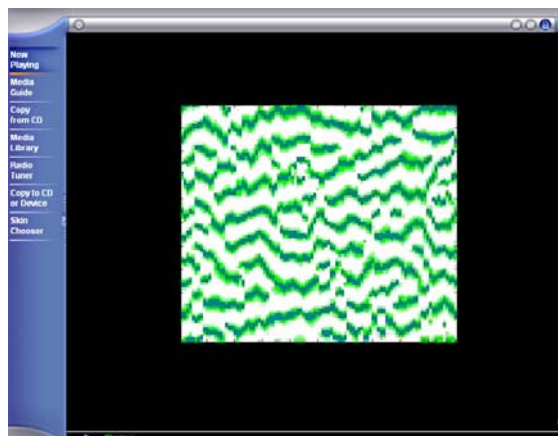
²⁸ W. Christian; Physlets, Davidson College, vanaf 2001, <http://webphysics.davidson.edu/Applets/>, april 2004.

²⁹ MATLAB-homepage: www.mathworks.com, The MathWorks, april 2004.



Figuur 2.4 Schermafdruk van een model voor landschapontwikkeling.

Bij een van de opdrachten maakten de studenten over hun simulatie een kort filmpje dat te bekijken was met Windows Media Player. Figuur 2.5 toont de schermafdruk van het filmpje dat gemaakt is door een van de studenten.



Figuur 2.5 Schermafdruk van een videoclip bij een simulatie-opdracht.

Bij *Simuleren en programmeren* stond niet het simuleren met bestaande simulatieprogramma's centraal, maar het ontwikkelen van basisvaardigheden in het programmeren. Ook hierbij werd MATLAB gebruikt. In de tweede helft van de cursus werden in groepsverband projecten uitgevoerd, hetgeen resulteerde in eenvoudige simulatieprogramma's over diverse onderwerpen, zoals Conway's

2. Didactische kenmerken van de cursussen

Game of Life, het spelletje vier-op-een-rij, eiwitvergelijking en tomografie. In figuur 2.6 staat het elektronische logboek dat een van de studentengroepen bijgehouden heeft over hun studie van Conway's Game of Life.

Groep

Project: Conway's Game of Life

Het doel van het project is het visualiseren van conway's Game of Life, zowel 2 als 3 dimensionaal, met behulp van Matlab.

Interessante onderzoekspunten

3D visualisatie

Beginvoorwaarden-editor

Analyseren van structuren/opsporen oscillators/replicators

Compatible met andere Life programma data files

Regeeditor

Topologie van de wereld

Planning

WanneerWat

Week 1

Planning, 2D prototype, .LIF format uitzoeken, wie doet wat afspreken.

Week 2

Prototype weggooien. Programma ontwerp maken, GUI maken, Formaat regelsbestand, inlezen/wegschrijven .LIF, 2D visualisatie.

Week 3

Regeeditor, beginvoorwaarden-editor

Week 4

3D basis visualisatie, 2D opleuken (hier gaat veel fout en moet veel opnieuw)

Week 5

Topologie, Analyse, Extraatjes

Week 6

Graphics opleuken

Week 7

Presentatie voorbereiden, bugs fixen.

Werkverslagen

Week 1

Week 2

Week 3

Week 4

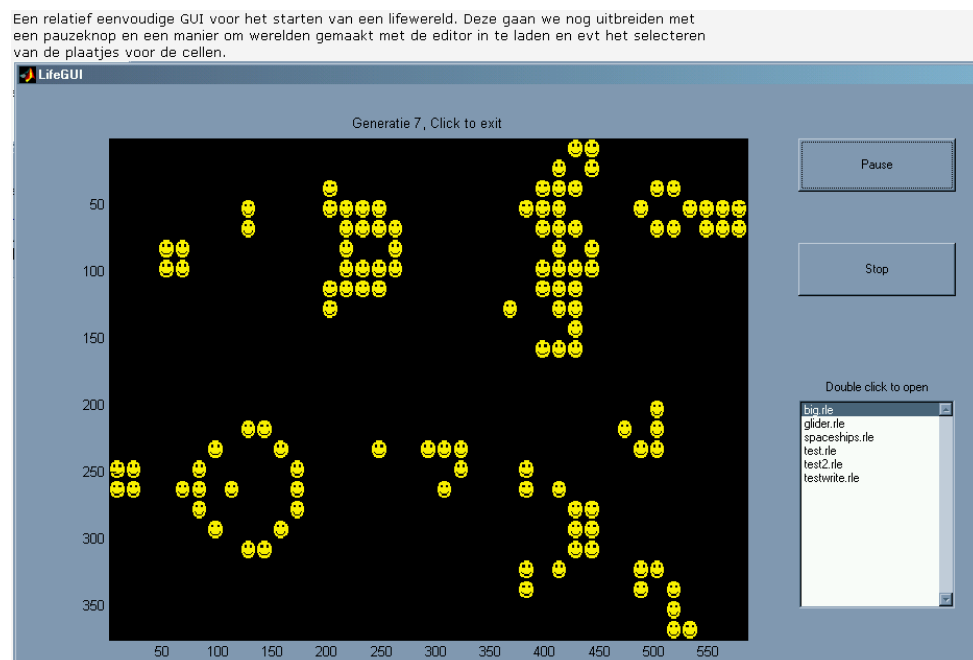
Week 5

Geproduceerde dingen

Kijk voor alle geproduceerde files, .m files zijn voor matlab, .rle zijn life-patronen.

Figuur 2.6 Schermafdruck van het logboek van een studentengroep.

In de onderstaande figuur ziet u het tussenresultaat van deze groep van studenten na drie weken. Het is een in MATLAB geprogrammeerde grafische interface om een wereld te maken en hiermee diverse simulaties uit te voeren.



Figuur 2.7 Schermafdruck van een tussenresultaat van een studentengroep.

2.5.4 Inzet van computers bij presentaties door studenten

Het gebruik van ICT bij een vak voor het presenteren van werkstukken die zijn gemaakt door studenten is al zo gewoon, dat we hier nu weinig aandacht aan besteden. Een bijzonder geval hiervan en dan met name wat betreft de beoordeling van de presentatie deed zich voor bij *Celbiologie 1*, een studieonderdeel in het eerste jaar van verschillende programma's bij Biologie. Studenten maakten in het kader van de projectweek een PowerPoint-presentatie over de opzet, uitvoering en resultaten van hun eigen beperkte literatuuronderzoek. De presentaties van alle studenten werden simultaan gedraaid in een computerruimte. De studenten liepen rond en beoordeelden de uitgevoerde onderzoeksprojecten van elkaar. Iedere student kreeg een aantal punten die verdeeld mochten worden over meer projectpresentaties, maar ze konden ook alle punten aan één project geven.

2.5.5 Diagnostisch toetsen

De docent nam kennis van de resultaten van de diagnostische toetsen en besteedde in het eerstvolgende hoorcollege aandacht aan onderwerpen die opvallende problemen opleverden.

Bij het vak *Fysische chemie: structuur der materie 1* werd het ontbreken van wiskundige en natuurkundige voorkennis van studenten als een probleem ervaren. Daarom werd besloten om studenten in staat te stellen om voor het begin van elk hoofdstuk na te gaan of zij de nodige voorkennis bezaten, door middel van online diagnostische toetsen. De toetsen werden gemaakt met de toetssoftware *QuestionMark Perception*³⁰. Aan de diagnostische toetsen was korte inhaalstof gekoppeld, die in bijlagen bij de syllabus was verzameld. Ook de docent nam kennis van de resultaten van de toetsen en besteedde in het eerstvolgende hoorcollege aandacht aan onderwerpen die opvallende problemen opleverden. Na afloop van elk hoofdstuk werd nog een elektronische toets aangeboden om na te gaan of de studenten de stof hadden begrepen. In elke toets werden verschillende zaken getoetst:

- Kennen studenten de stof? (*weten*)
- Kunnen zij ermee werken? (*kunnen*)
- Kunnen zij hun kennis gebruiken bij een probleem dat nog niet werd behandeld? (*begrijpen*)

Bijvoorbeeld bij de vraag gepresenteerd in kader 2.6 konden studenten tijdens de toets het probleem onderzoeken met *Mathematica*.

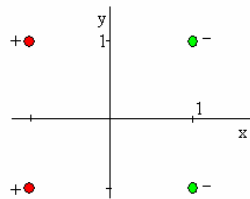
³⁰ QuestionMark Perception-homepage: www.questionmark.com/ned/home.htm, Question Mark © 1995-2003, april 2004.

Kader 2.6

Diagnostisch toetsen

Vraag uit een van de natoetsen bij *Structuur der Materie*

Four charges are held fixed at the edges of a square, two of them positive two of them negative, as shown in the figure below. Their absolute values are equal.



There's an animation that you can use to investigate the above situation. If you have Mathematica on your computer you can [click here](#), or go to the course web site later!

How many points are there on the x-axis, where the electric field is zero? Are they points of stable, or unstable equilibrium for a *positive* test charge? (see definitions below)

Same question for the y-axis:

Voor de toetsen was tijd gereserveerd aan het eind van elk werkcollege, om zeker te stellen dat elke student ze minstens eenmaal deed. De toetsen konden echter willekeurig vaak gedaan worden (waarbij telkens andere vragen verschijnen, getrokken uit een vragenpool) en ze waren via internet, dus ook vanaf thuis bereikbaar. Een belangrijke reden om elektronisch te toetsen was hier om de toetsfrequentie op te voeren zonder de onderwijslast voor de docenten te verhogen. Ook de snelle feedback, zowel voor studenten als voor de docent, was een overweging.

Het voorbereiden van de toetsen en het maken van een vragendatabank vraagt van de docent veel inspanning. Het wordt daarom overwogen of misschien een kant-en-klaar product met toetsen ingezet kan worden. Bij de cursussen *Mechanica*, *Golven en optica* en *Elektriciteitsleer* werden de studenten geacht voor aanvang van ieder college elektronische huiswerkopgaven in te leveren. Doel hiervan was de studenten te motiveren om het interactieve college voor te bereiden en hierbij enige houvast te hebben, en bijkomend voordeel was dat de docent de resultaten van de toetsen kon gebruiken om een indruk te krijgen van de problemen waarmee de studenten problemen hadden.

In het eerste projectjaar werden deze opgaven aangeboden met het toetssysteem *WebAssign*³¹. Besloten was voor *WebAssign* te kiezen, omdat dit systeem al een collectie met vragen bevat die direct aansluiten bij het boek³² dat voor deze vakken gebruikt wordt. Hierdoor kon de docent zich beperken tot het uitzoeken

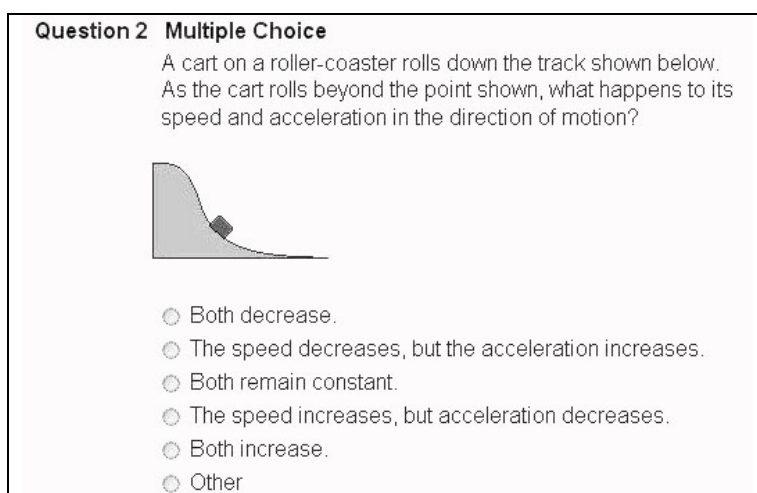
³¹ WebAssign-homepage: www.webassign.net/, North Carolina State University under license to Advanced Instructional Systems, Inc. ©1997-2003, april 2004.

³² Young, H. D.; Freedman, R.A. *University Physics*, 10th Ed., Addison-Wesley, San Francisco, 2000.

van de geschikte opgaven. Een andere reden om voor *WebAssign* te kiezen was dat dit product opgaven met numerieke waarden willekeurig kan variëren, waardoor iedere student een unieke opgave voorgeschoteld krijgt. Evaluaties wezen echter uit dat *WebAssign* toch ook behoorlijk wat nadelen heeft. De belangrijkste reden om naar een ander product uit te zien was dat de meeste opgaven in het systeem rekenopgaven waren waar uiteindelijk een numeriek antwoord gevraagd werd. De student kon de juiste oplosmethode gebruiken en hierbij een rekenfoutje maken om vervolgens nul punten voor de opgave te ontvangen. Dit wekte veel frustratie op bij de studenten. Verder was er een bepaalde syntax vereist bij het doorgeven van de antwoorden (bijvoorbeeld om een macht van tien uit te drukken) die nogal strikt was en daardoor ook voor de nodige problemen zorgde.

In het tweede jaar is daarom besloten te gaan werken met *MasteringPhysics*³³. Dit is een product dat bijgeleverd wordt bij het boek en dus – evenals *WebAssign* – het voordeel had dat er al content in aanwezig was. De aard van de vragen in *MasteringPhysics* is echter meer conceptueel, hetgeen beter aansluit bij de wensen van zowel docenten als studenten. Het biedt de mogelijkheid een formule als eindantwoord te geven en geeft desgewenst hints bij het oplossen van de problemen. Ook *MasteringPhysics* bleek nadelen te hebben, met name aan de administratieve kant, maar deze nadelen waren te overwinnen.

Bij *Mechanica* en ook bij *Golven* en *Optica* werd nog een vorm van elektronisch toetsen ingezet. Het elektronisch toetsysteem van Blackboard werd gebruikt als een soort stemmachine om tijdens het interactieve college een discussie op gang te brengen. Zowel studenten als docenten waardeerden dit element van het interactieve college, aangezien dit het college verlevendigde en tegelijkertijd ook het inhoudelijk niveau verhoogde. De discussievragen behandelden conceptuele problemen en waren grotendeels afkomstig uit Peer Instruction³⁴ van Eric Mazur. Figuur 2.8 laat een voorbeeld zien van een opgave die bij *Mechanica* de discussie moest starten.



Figuur 2.8 Voorbeeld van een discussieopgave zoals gebruikt tijdens het interactieve college van *Mechanica*.

³³ Mastering Physics-homepage: www.masteringphysics.com, Pearson Education, publishing as Addison Wesley, © 2004, april 2000.

³⁴ Mazur, E. *Peer Instruction: A User's manual*, Prentice Hall. Upper Saddle River, 1997.

2.6 Evalueren van een onderwijsvernieuwing

De docenten konden in het tevredenheidsonderzoek vragen stellen over de bijzondere eigenschappen van hun cursus. Zo kon worden nagegaan of de vastgestelde specifieke doelen van de cursus werden bereikt.

Evaluatie van onderwijs blijft vaak beperkt tot een tevredenheidsonderzoek, in combinatie met een meting van de leerresultaten in de vorm van een tentamen. De gebruikelijke evaluatie-enquêtes besteden in het algemeen geen aandacht aan bijzondere onderwijsvormen en kunnen er zelfs strijdig mee zijn. Bijvoorbeeld een vraag over ‘hoe de docent de stof presenteerde’ bij een cursus waar hij/zij de stof alleen samenvat en verder de werkvormen geïntegreerd worden, kan verwarrend zijn en levert niet voldoende informatie over de kwaliteit van het onderwijs. In de standaard-evaluatie-enquêtes wordt meestal niet systematisch aandacht besteed aan de toenemende hoeveelheid ICT-leermiddelen, al dan niet geïntegreerd in een elektronische leeromgeving. Voor het docententeam is het vooral bij de eerste uitvoering van een nieuwe cursus bijzonder belangrijk om zoveel mogelijk relevante evaluatiegegevens te verzamelen teneinde de cursus te kunnen optimaliseren.

In het IBL-project wilden we het evaluatieproces zodanig inrichten dat dit een goed beeld zou geven van het succes van de onderwijsvernieuwing. Om dit te bereiken hebben we het evaluatieproces al in de fase van ontwikkeling van de cursus gestart. Het evaluatieproces hebben we een cyclische structuur gegeven en we hebben dit verdeeld in meerdere stappen. Hiermee konden docententeams genoeg relevante informatie krijgen om de cursus efficiënt te kunnen optimaliseren³⁵.

Bij de cursussen die we in deze publicatie beschrijven, was didactisch verantwoord inzetten van ICT-componenten een zeer belangrijk element. Het is daarom niet vreemd dat we ook extra aandacht wilden besteden aan het evalueren van de ICT-componenten. De belangrijkste hiervan waren *Mathematica*-notebooks, *applets* en *physlets*. Deze leermiddelen werden bij de cursussen ontwikkeld of voor het gebruik bij de cursussen ter beschikking gesteld. Hiervoor werd in het kader van ons project een on line contentdatabase ontwikkeld om de ICT-componenten op een docentvriendelijke manier te bewaren en beschikbaar te stellen³⁶.

We hebben voor het *evalueren* van de onderwijsvernieuwing drie verschillende evaluatieprotocollen ontwikkeld³⁷. We wilden met deze protocollen het volgende evalueren:

- activerend onderwijs volgens het studio-coursemodel;
- ICT-componenten;
- een on line contentdatabase voor ICT-componenten.

³⁵ Van Bommel, H.; Kaper, W.; Brouwer, N.; Engelbarts, M. How to Make the Evaluation of ICT Rich Courses and its Teaching Material Useful for the Lecturer?, EUNIS: Beyond the Network, Amsterdam 2-4 juli 2003, pp. 205-207. Homepage EUNIS: Beyond the Network: <http://www2.ic.uva.nl/eunis2003/index.htm>, EUNIS-homepage: www.eunis.org, april 2004.

³⁶ Content Database-homepage: <http://ibl.phys.uu.nl>, Universiteit Utrecht, april 2004.

³⁷ Het evaluatieprotocol is te vinden op de website: <http://www.surf.nl/IBL>.

Met deze protocollen werden docenten geholpen om na te gaan of de doelen van hun cursus bereikt waren. De docenten konden in het tevredenheidsonderzoek vragen stellen over de bijzondere eigenschappen van hun cursus. Zo kon worden nagegaan of de specifiek vastgestelde doelen van de cursus werden bereikt. De eerste stap in het protocol is het stellen van de doelen van de cursus. Deze stap vindt plaats in de fase van de ontwikkeling van de cursus, ruim voordat de cursus aan studenten wordt gegeven. Dit bleek goed te werken. Met behulp van de resultaten van de evaluaties konden de docenten de cursussen in het volgende jaar al op een optimale wijze geven.

Het doel van de evaluatie van de ICT-componenten was de volgende aspecten van de ICT-componenten te onderzoeken:

- de inhoudelijke kwaliteit van de ICT-componenten;
- de gebruiksvriendelijkheid van de ICT-componenten;
- de mate van gebruik van ICT-componenten.

De contentdatabase als geheel werd beoordeeld op de vakinhoud, de zinvolheid van de variabele parameters en de visualisatie.

Uit de evaluaties van de cursussen blijkt dat studenten de studio-course-aanpak hebben gewaardeerd. In het algemeen vonden ze dat deze cursussen meer activiteit van hen eisten en hebben ze dit als positief ervaren. Ze waren in het algemeen tevreden over het inzetten van ICT bij de cursussen. Ze hebben bijna geen bijeenkomsten gemist. Of studenten bij de studio-course-aanpak beter hebben gepresteerd dan bij een klassikaal opgezette cursus is niet makkelijk te bewijzen. Sommige cursussen waren namelijk nieuw en andere cursussen werden grondig vernieuwd, zodat een vergelijking niet echt makkelijk is. Bovendien waren bij de cursussen die meededen aan deze onderwijsvernieuwing slechte resultaten van studenten niet echt de reden om aan deze vernieuwing te beginnen (zie het eerste hoofdstuk). We zullen hier niet in detail de evaluatiegegevens van de cursussen behandelen. In hoofdstuk 3 beschrijven we de cursussen. Bij de beschrijving van elke cursus is ook een sectie over evaluatie te vinden.

Met een aantal van de docenten die meededen aan deze onderwijsvernieuwing werd aan het eind van het project een interview gehouden over hun ervaringen met dit project. Deze interviews zijn opgenomen in hoofdstuk 4 van deze publicatie. Hier volgen enkele conclusies die we uit deze gesprekken hebben getrokken.

- Docenten vonden dat de ontwikkeling van cursussen met veel activerende werkvormen en veel ICT ook veel werk met zich mee bracht. Ze hebben de ondersteuning door de leden van het IBL-projectteam gewaardeerd. Ze waren blij dat ze praktische hulp konden krijgen bij het ontwikkelen van bijvoorbeeld elektronische toetsen, *Mathematica*-notebooks en physlets. Om deze praktische hulp te realiseren werden ook (student-)assistenten ingezet.
- Docenten ervoeren het als prettig dat de studenten bijna geen bijeenkomsten hebben gemist. Het bijwonen van de bijeenkomsten was niet verplicht in de zin dat er presentielijsten werden bijgehouden of dat afwezigheid consequenties had. Maar de aanwezigheid was toch wel in zekere zin verplicht, omdat bij de bijeenkomsten de activiteiten plaatsvonden die niet thuis of in je eentje gedaan konden worden. Het was voldoende motiverend dat de studenten bijna geen bijeenkomsten hebben gemist. Zo konden de docenten tijdens momenten dat studenten zelfstandig aan opdrachten werkten en bij de discussies die er plaatsvonden meteen iets doen aan de misconcepties en alternatieve concepties bij studenten. Zij hadden het idee dat ze bij deze manier van werken een goed inzicht krijgen in wat de studenten kunnen en wat ze nog niet kunnen.

2. Didactische kenmerken van de cursussen

- Bij de cursus waar diagnostische toetsen regelmatig werden afgenomen, konden de docenten meteen zien waar er problemen waren en konden ze al tijdens de cursus aanpassingen doorvoeren. Dit is zo intensief gebeurd, dat de docent uit het belevingsonderzoek onder studenten na de cursus nauwelijks nieuwe informatie heeft gekregen.
- De uitwisseling van ervaringen onder de docenten van verschillende IBL-cursussen was gering. Uit gesprekken met docenten bleek dat geen van hen dit had gemist. Sterker nog, ze vonden dat dit niet te doen was, door roosterverschillen en door de hieraan gekoppelde tijdsverschillen wanneer aan een cursus intensief gewerkt word. Toch hebben we gemerkt dat er bij een gezamenlijke interesse toch min of meer vanzelf een natuurlijke samenwerking totstandkwam binnen het project. Een voorbeeld hiervan is de uitwisseling van ervaringen met diagnostisch toetsen met Questionmark Perception. Ook zijn enkele docenten uit Amsterdam bij Utrechtse collega's gaan kijken tijdens een geïntegreerd college. Beide partijen hadden hoge waardering voor de concrete ervaringen die daar opgedaan en besproken werden.

3

De cursussen

In dit hoofdstuk worden alle studieonderdelen die deel uitmaakten van het project Interactieve Bèta Leeromgeving en hun didactische opzet beschreven. De studieonderdelen horen bij verschillende bètaopleidingen thuis. Al tijdens het project werden ze in principe elk twee keer uitgevoerd, in de studiejaren 2001-2002 en 2002-2003 of 2002-2003 en 2003-2004. Uitzondering hierop vormt de cursus Simuleren en programmeren; deze nieuwe cursus werd in de projectperiode ontwikkeld en in het voorjaar van 2004 voor het eerst uitgevoerd. De ervaring met deze cursus is wel in deze publicatie opgenomen. De ervaringen met de cursussen kunnen gelezen worden onder de kopjes 'Evaluatie'. Bij het ontwikkelen of vernieuwen was bij alle cursussen een speciaal samengesteld ontwikkelteam betrokken.

Dit hoofdstuk heeft tot doel praktijkvoorbeelden te geven aan docenten die hun eigen cursussen meer activerend willen maken. Voor wiskunde en natuurwetenschappen zijn in dit hoofdstuk een heleboel voorbeelden te vinden. Ze laten zien hoe flexibel het studio-coursemodel toegepast kan worden en hoeveel creativiteit en vrijheid een docent hierbij heeft.

3.1 Klassieke natuurkunde 1

Een meer kwalitatieve discussie die voorafgaat aan de berekeningen kan ervoor zorgen dat studenten de stof beter begrijpen. De opdrachten die als een extraatje worden ervaren, waarderen de studenten niet.

Klassieke natuurkunde 1, een studieonderdeel aan de FNWI aan de UvA was een studieonderdeel in de propedeuse van de Opleiding Natuur- en Sterrenkunde en in de dubbele propedeuses: Natuurkunde en Informatica, Natuurkunde en Wiskunde, Sterrenkunde en Informatica, Sterrenkunde en Wiskunde. Dit studieonderdeel werd in het kader van het IBL vernieuwd.

Het vak was onderverdeeld in twee delen: *Klassieke natuurkunde 1B: trillingen en golven*, en *Klassieke natuurkunde 1C: elektromagnetisme en licht*. Elk deel duurde tien weken. De twee delen werden door verschillende docenten gegeven, waarbij de didactische ondersteuning van het IBL-project door dezelfde persoon werd verzorgd. Aan dit studieonderdeel hebben ongeveer 40 studenten deelgenomen. De evaluatie werd apart voor elk onderdeel uitgevoerd. In de bachelor-masterstructuur, die in 2003 van start ging, werden de twee delen samengevoegd tot één vak: *Klassieke fysica 1*. Dit vak wordt in het bachelorprogramma Natuur-

en Sterrenkunde met de omvang van 6 EC gegeven. Het didactisch ontwerp dat in het IBL-project werd toegepast, het studio-course-model, werd doorgezet naar *Klassieke fysica 1*.

Inhoud *Klassieke natuurkunde 1B* was onderverdeeld in zes thema's:

- vrije trillingen;
- gedwongen trillingen;
- gekoppelde trillingen;
- staande golven in een dimensie;
- lopende golven in een dimensie;
- golven in meer dimensies.

De opbouw is dat eerst systemen met één vrijheidsgraad werden beschreven (met als voorbeeld een massa aan een veer), daarna meerdere vrijheidgraden (bijvoorbeeld een snoer van met veren verbonden massa's) en ten slotte een continuüm (bijvoorbeeld een trillende snaar). De overgang van het discrete naar het continue geval stond daarbij centraal. De complexiteit in de wiskundige beschrijving nam in de loop van de cursus toe: van de bewegingsvergelijking van een puntdeeltje tot de golfvergelijking in meerdere dimensies.

Klassieke natuurkunde 1C was onderverdeeld in vier thema's:

- elektrische velden;
- magnetische velden;
- elektromagnetisme: de wetten van Maxwell in integraalvorm en in differentiële vorm;
- golven als oplossing van de Maxwell-vergelijking, polarisatie, breking op de grens van twee materialen.

Het deel over elektrische velden richtte zich op het berekenen van die velden in gegeven ladingsconfiguraties. Daarbij moesten de studenten integralen over volumes leren beheersen. Vervolgens keken de studenten naar de wet van Gauss. Eerst werd besproken hoe deze uit de wet van Coulomb volgt, vervolgens kwam aan de orde hoe de wet van Gauss kan worden gebruikt om in symmetrische situaties het elektrisch veld te berekenen. Magnetische velden volgen op een soortgelijke manier uit de stroomverdeling. Als velden veranderen in de tijd, komen ook verschijnselen als inductie en zelfinductie aan de orde. Bij het leren beheersen van de wetten van Maxwell, die de afhankelijkheid van de velden van elkaar en van ruimte en tijd beschrijven, moesten de studenten een aantal wiskundige begrippen leren hanteren, waaronder de divergentie, de rotatie en de gradiënt. De hele theorie culmineert in het laten zien dat elektromagnetische golven een oplossing zijn van de Maxwell-vergelijkingen.

Onderwijsvorm De onderwijswerkvormen waren bij dit studieonderdeel geïntegreerd. *Klassieke Natuurkunde 1B* liep tien weken en bestond uit dertig dagdelen, met steeds een korte inleiding: hoorcollege met demonstraties en werkboekopgaven. Bij elk hoofdstuk waren langere opgaven, die veelal met *Mathematica* moesten worden opgelost, en experimenten. Ook was er een eigen onderzoekje over een onderwerp naar keuze, dat werd afgesloten met een korte mondelinge presentatie op een minisymposium.

Bij *Klassieke Natuurkunde 1C*, dat direct na *Klassieke natuurkunde 1B* startte, waren er twintig dagdelen beschikbaar. Drie dagdelen waren bestemd voor langere experimenten. Elke keer werd eerst een inleiding gegeven in een college dat werd

afgewisseld/aangevuld met discussievragen en demonstraties waaruit studenten conclusies moesten trekken. Vervolgens kregen studenten *Mathematica*-opdrachten, opdrachten waarbij op internet informatie moest worden gezocht, en vooral uitgebreidere rekenopgaven.

Na de inleidingen van *Klassieke natuurkunde 1B* die als oriëntatiefase dienden, werd steeds de rest van het dagdeel in koppels gewerkt aan opgaven en experimenten. Dit kan worden beschouwd als geleide verkenning. Er waren grotere experimenten over signaalanalyse en over interferentie van lichtgolven opgenomen. Bij *Klassieke natuurkunde 1C* was het meer zo dat stukjes uitleg en opgaven elkaar bleven afwisselen gedurende het dagdeel.

De vrije verkenning, waarbij studenten vrijer zijn in hun onderwerpskeuze, was het meest herkenbaar bij de projecten aan het eind van *Klassieke natuurkunde 1B*. Door mondelinge presentaties namen alle studenten kennis van de resultaten van de onderzoekjes die de studenten in koppels hadden uitgevoerd.

Bij *Klassieke natuurkunde 1* werd pas in het tweede jaar van het project Blackboard intensief ingezet. Het gebruik van Blackboard werd nu ook doorgezet bij het nieuwe vak *Klassieke fysica 1*.

Beoordeling Studenten werkten aan verschillende soorten opdrachten, die werden beoordeeld. De gewichtverhouding in het eindcijfer tussen het experimentele deel en het theoretische deel van gedeelte 1B was 2:3. Bij het experimentele deel werden verslagen en de presentatie op het minisymposium beoordeeld. De ingeleverde langere opgaven (dus niet de werkboekopgaven) telden tot eenderde mee als dat gunstig was voor de student, anders telde alleen het cijfer van het schriftelijk tentamen.

Bij *Klassieke natuurkunde 1C* was de verhouding tussen het experimentele deel – te beoordelen aan de hand van verslagen – en het theoretische deel 1:4. Voor het theoretische deel telden alle gemaakte opgaven mee, als dat gunstig was voor de student. Anders telde alleen het tentamen.

Voor de cursus *Klassieke natuurkunde 1C* kregen de studenten in het tweede jaar elektronische toetsen aangeboden, die voor een klein deel meetelden. Het toetsen gebeurde met behulp van *QuestionMark Perception*.

Cursus-ontwikkeling Omdat er drukke en minder drukke perioden waren, was het ontwikkelteam niet de hele tijd gelijk actief. Er waren brainstormsessies gehouden en er werd over de doelen gesproken. Vervolgens werd gewerkt aan het ontwikkelen van het lesmateriaal. In de drukke periode kwam het team minstens eens per twee weken bij elkaar voor een overleg over het ontwikkelen van het lesmateriaal. Om de ontwikkelingen goed te laten verlopen, werd in het team ook een (student-)assistent aan het werk gezet, vooral voor het maken van de elektronische toetsen.

De leden van het team die nog niet bekend waren met Blackboard hebben hiermee in de voorbereidingsperiode kennisgemaakt, in een op maat gegeven training.

In de digitale werkruimte van het IBL-project werd een map aangemaakt voor de docenten/ontwikkelaars om de stukken met betrekking tot dit studieonderdeel en de ontwikkeling ervan te kunnen archiveren.

Cursusteam Vijf docenten, een didactisch adviseur, een assistent

Evaluatie In het algemeen waardeerden de studenten bij allebei de cursusdelen dat werkcollege en hoorcollege gecombineerd werden gegeven en waren ze tevreden over de combinatie practicum-theorie.

Klassieke natuurkunde 1B

Naast het belevingsonderzoek was er ook een meer inhoudelijk onderzoek. In de twee jaren van het IBL-project zijn vragenlijsten voorgelegd, voorafgaand aan het deel over golven, en daarna. Dit is ook in twee klassen 5 vwo gebeurd. Hierover werd gerapporteerd op ESERA 2003, een conferentie over didactisch onderzoek op het terrein van onderwijs in de natuurwetenschappen³⁸. De vragenlijsten, die stammen uit een promotieonderzoek aan de Universiteit van Maryland, waren niet specifiek voor dit college ontworpen. Toch zijn we van mening dat er een aanbeveling uit de resultaten kan volgen: zorg dat er een meer kwalitatieve discussie voorafgaat aan de berekeningen.

Als een aanzienlijk deel van de studenten denkt dat een snellere handbeweging aan het uiteinde van een koord leidt tot het sneller bewegen van de ontstane puls, dan ontbreekt er iets wezenlijks aan hun kennis, ook als die studenten wel de bijbehorende differentiaalvergelijking kunnen oplossen. Overigens is het niet verstandig om op grond van alleen dit onderzoekje een zware conclusie te trekken. Het sluit echter wel aan bij bijvoorbeeld uitkomsten van de Hestenes-test, die laat zien dat universitaire studenten kwalitatieve vragen over situaties waarin de wetten van Newton moeten worden toegepast, vaak slechter beantwoorden dan hun docenten verwachten op grond van hun resultaten bij het oplossen van rekenvraagstukken³⁹.

Zowel het eigen project als optische experimenten werden als nuttig en plezierig ervaren. De korte experimenten en de experimenten signaalanalyse werden als nuttig ervaren; grofweg de helft van de studenten vond ze ook leuk. De *Mathematica*-opdrachten werden als nuttig ervaren, alleen vond men ze niet erg leuk om te doen. De studenten vonden dat in deze cursus veel eigen activiteit werd gevraagd, wat werd gewaardeerd.

Klassieke natuurkunde 1C

De evaluatie werd net als bij *Klassieke natuurkunde 1B* ook bij *Klassieke natuurkunde 1C* in allebei de jaren uitgevoerd. De cursus als geheel was beide keren als zeer nuttig beoordeeld.

Studenten waren tevreden over de aansluiting van deze cursus op eerdere stof; het niveau vonden ze in algemeen goed. Het aantal mensen dat Blackboard nuttig vond, was gelijk aan het aantal dat Blackboard niet nuttig vond. In het eerste jaar toen in plaats van Blackboard een website door de docent werd aangeboden, vond een ruime meerderheid van studenten deze website niet nuttig.

Pen-en-papieropgaven vond men heel nuttig, maar niet bijzonder leuk om te doen. De *Mathematica*-opdrachten hadden in het eerste jaar van het IBL-project meer aandacht gekregen dan in het tweede jaar, omdat studenten de opgaven in het eerste jaar niet zo waardeerden. Volgens onze interpretatie kwam dit doordat deze

³⁸ Van Bommel, H. Do students learn wave concepts when a course focuses on wave mathematics? ESERA 2003, Noordwijkerhout 19-23 augustus, **2003**, homepage: www1.phys.uu.nl/esera2003/default.shtml, april 2004.

³⁹ Halloun, I.A.; Hestenes, D.; *J.Am.Phys.* **1985**, *53*, 1043; *ibid.* **1985**, *53*, 1056; *ibid.* **1987**, *55*, 455; Hestenes, D. *J.Am.Phys.* **1987**, *55*, 440.

opgaven als een extraatje werden ervaren, waar men in het volle programma geen behoefte aan had.

De elektronische toetsen (*QuestionMark Perception*) vond men nuttig om te doen.

3.2 Project natuurkundig onderzoek (PNO)

Gezien het wat andere karakter van het natuurkundeonderwijs, is er gezocht naar een meest geschikte variant van projectonderwijs. Zo werd er minder dan in het klassieke projectonderwijs aandacht besteed aan vaardigheden als vergaderen en notuleren.

Dit was een studieonderdeel bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de UU. Allang was er grote twijfel over de vraag of het klassieke natuurkundepracticum in de eerste twee studiejaren een goede voorbereiding was op het doen van zelfstandig fysisch onderzoek in een latere fase van de studie. Er was daarom besloten te proberen het tweedejaarspracticum helemaal of gedeeltelijk te vervangen door een klein onderzoek dat door een groep van vier tot zes studenten werd uitgevoerd. Er werd van zo'n groep studenten verwacht dat ze dit onderzoek projectmatig aanpakken.

In het studiejaar 2002-2003 was een pilotproject uitgevoerd waarin twee groepen van vier en een groep van vijf studenten als vervanging van twee à drie experimenten uit het tweedejaarspracticum een onderzoek hadden gedaan naar een zelfgekozen onderzoeksvraag. De omvang van dit onderzoek was 80 uur. In de praktijk bleek dat alle groepen veel meer tijd aan het onderzoek besteed hadden: circa 120 uur.

Tijdens de voorbereiding van het pilotproject en ook nog tijdens de uitvoering ervan was de inhoud van het tweedejaarsonderwijs ingrijpend gewijzigd vanwege de invoering van de bachelor-masterstructuur. Hierdoor was de ontwikkeling van het PNO in een stroomversnelling geraakt. Inmiddels is het (verplichte) tweedejaars natuurkundepracticum afgeschaft en is er alleen nog een keuzevak PNO met de omvang van 7,5 ECTS, wat overeen komt met circa 200 uur.

In het studiejaar 2003-2004 hebben 17 studenten, verdeeld over vier groepen, zich aangemeld voor het PNO.

Inhoud Een groepje van vier tot zes studenten koos een onderzoeksgebied en binnen dat gebied een onderzoeksvraag. De studenten maakten vervolgens een werkplan om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Dit kon leiden tot een experimenteel onderzoek met bestaande apparatuur, het bouwen van nieuwe apparatuur of tot een simulatie. Vaak kwamen twee of meer van deze aspecten aan bod.

De tot nu toe gekozen onderzoeksgebieden en onderzoeksvragen waren zeer gevarieerd, zoals blijkt uit de volgende lijst:

- chaos in Chua's circuit;
- supergeleiders in een extern magnetisch veld;
- sonoluminescentie;
- vortexbuizen;
- schadelijke trillingen in een gebouw;
- bungee-jumping.

Een aantal van deze onderzoeken blijkt zoveel vragen op te roepen, dat vervolgonderzoeken erg voor de hand liggen. Over het onderwerp sonoluminescentie zijn intussen twee onderzoeken gedaan. De verwachting is dat er in de toekomst meer vervolgonderzoeken zullen komen.

De begeleiding van deze onderzoeken bestond uit een regulier wekelijks overleg van circa één uur met twee stafleden. Daarnaast waren er ook meer informele contacten. Naast het contact met de stafleden was er ook een intensief contact met de technici van het Julius Instituut.

Onderwijsvorm De gekozen onderwijsvorm was projectonderwijs. Dit leek de beste methode om studenten groepsgewijs aan een onderzoek te laten werken. De studenten waren vrij om een onderzoeksveld en daarbinnen een onderzoeksvraag te kiezen. Ze werkten ook zelfstandig aan het beantwoorden van die vraag. Daarbij lag het gevaar op de loer dat het onderzoek ontspoot. Daarom werd een strikte fasering toegepast in de volgende zes fasen:

- oriëntatie en probleemstelling;
- aanscherping probleemstelling en opstellen van een werkplan;
- voorbereiding uitvoering van het werkplan, haalbaarheidsdemonstratie;
- uitvoering werkplan, gegevensverwerking;
- schriftelijke rapportage;
- mondelinge rapportage.

Iedere fase werd formeel afgesloten met het invullen en ondertekenen van een beslisformulier. Pas als alles in orde was, kwam er groen licht voor de volgende fase. Dit was overigens niet alleen een beslissing van de begeleiders, maar ook van de groepsleden. Ook als er geen beslisformulier werd besproken, was er toch iedere week een formele bijeenkomst met de begeleiders. Per onderzoeksgroep waren er twee begeleiders.

Het was uitdrukkelijk de bedoeling dat het onderzoek gesplitst werd in een aantal deelonderzoeken, waaraan door een of twee studenten gewerkt werd. De schriftelijke rapportage bestond uit twee delen: het onderzoeksverslag en het projectverslag. Het onderzoeksverslag was te vergelijken met het klassieke practicumverslag. Het projectverslag bevatte de ervaringen van de groep met het werken in projectvorm, de verantwoording van gemaakte keuzes, bijvoorbeeld de keuze van de deelonderzoeken en verdere reflecties over het onderzoek.

Voor de mondelinge rapportage werd een minisymposium georganiseerd waarop de verschillende projectgroepen het resultaat van hun onderzoek presenteerden aan elkaar, medestudenten, geïnteresseerde stafleden en aan overige belangstellenden.

Er was een algemene Blackboard-site voor het PNO. Hierin stonden alle relevante documenten, zoals de studentenhandleiding, de beslisformulieren en diverse documenten over samenwerken en schriftelijk en mondeling rapporteren. Naast deze algemene Blackboard-site kon voor iedere projectgroep een aparte Blackboard-site aangemaakt worden waarin de projectgroepleden allemaal de rol van docent hebben. Op deze manier was het documentbeheer binnen de groep goed te structureren. Aangezien niet alle groepen van deze mogelijkheid gebruik wilden maken, werd een eigen Blackboard-site pas aangemaakt na een verzoek van een groep.

Beoordeling Studenten werden op een aantal punten beoordeeld:

- onderzoeksmatig werken (30%);
- samenwerken en plannen (25%);
- documentatie en rapportage (25%);
- vakkennis en inzicht (20%).

De genoemde percentages geven aan hoe zwaar het betreffende onderdeel meewoog in het eindcijfer. De beoordeling werd door de begeleiders opgesteld, maar vervolgens uitvoerig met de projectgroep besproken. Aanpassingen van de beoordeling waren dan nog mogelijk.

Cursus-ontwikkeling Het team dat deze cursus ontwikkeld heeft, bestond uit een aantal docenten (aanvankelijk vijf, later twee), een aio en twee medewerkers van het IVLOS (Interfacultair Instituut voor Lerarenopleiding, Onderwijsontwikkeling en Studievaardigheden). Gedurende meer dan een jaar werd er praktisch wekelijks vergaderd. Ook is een werkbezoek gebracht aan de technische Universiteit Eindhoven, waar veel ervaring is met projectonderwijs, met name bij de afdeling elektrotechniek. Gezien het wat andere karakter van het natuurkundeonderwijs aan een algemene universiteit, is er gezocht naar een eigen, meest geschikte variant van projectonderwijs. Zo werd er minder dan in het klassieke projectonderwijs aandacht besteed aan vaardigheden als vergaderen en notuleren.

Cursusteam Vijf docenten, twee didactische adviseurs, een assistent

Evaluatie en conclusies Het nieuwe onderwijs was uitgebreid geëvalueerd, zowel halverwege als na afloop. In het algemeen werd het nieuwe onderwijs door de studenten als zeer positief beoordeeld. Opvallend daarbij was dat de onderlinge samenwerking en de samenwerking met technici erg vaak als positieve punten genoemd zijn. Men gaf aan dat er veel geleerd was over onderzoek doen, het projectonderwerp, samenwerken en plannen, omgaan met tegenslagen en over rapporteren. Het zelfstandig werken en het kunnen kiezen van een eigen onderzoek werden als zeer belangrijk ervaren.

De hoeveelheid tijd die het doen van een onderzoek kostte, viel iedereen tegen, evenals enigszins tegenvallende fysische resultaten.

De practicumstaf was zeer tevreden met de uitkomsten van de pilot en had de indruk dat de voornaamste doelstelling – het beter voorbereiden van studenten op het doen van zelfstandig fysisch onderzoek – gehaald was.

Het ontwikkelteam beschouwde het experiment met PNO als geslaagd. Daarom was dan ook besloten PNO als regulier keuzevak in het tweede jaar aan te bieden. Het feit dat een relatief groot aantal studenten (17) dit vak had gekozen in het studiejaar 2003-2004 wijst ook op het succes van het experiment.

Het definitieve antwoord op de vraag of het PNO daadwerkelijk een betere voorbereiding is op het doen van fysisch experimenteel onderzoek kan pas later gegeven worden. Pas in het studiejaar 2004-2005 zullen de studenten een onderzoek in een van de researchgroepen van de faculteit doen als afsluiting van de bachelorfase. Ook de studenten die het pilotproject hebben gedaan, zijn nog niet begonnen aan een eigen onderzoek.

De begeleiders van de PNO-projecten waren er in ieder geval van overtuigd dat het PNO inderdaad een veel betere introductie op het doen van fysisch onderzoek zou blijken te zijn dan het klassieke natuurkundepracticum.

3.3 Inleiding signaalverwerking (ISV)

Het idee achter het inzetten van Mathematica was dat dit veel tijdswinst oplevert. Zo is er veel meer tijd dan tot nu toe om te werken aan de begripsvorming van de studenten.

De cursus *Inleiding signaalverwerking (ISV)* was bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de UU een niveau 2 keuzevak met een omvang van 7,5 ECTS. De cursus werd gegeven in het tweede semester. ISV behandelde die onderwerpen die meestal in een cursus *Signalen en systemen* of *Signaalverwerking* worden gegeven. Het vak was zo in de plaats gekomen van een hele reeks verplichte en keuzevakken in de jaren 1, 2 en 3 van het curriculum vóór de invoering van het bachelor-master-onderwijs.

Inhoud Het vak behelsde de beschrijving van analoge en digitale signalen in verschillende domeinen (bijv. tijd-, frequentie- en s-domein) en de bewerkingen die in die verschillende domeinen op signalen kunnen worden uitgevoerd. Hoofdonderwerp was *de beschrijving van fysische signalen in een aantal domeinen*. Hiertoe waren wiskundige technieken als Fourier-transformatie, Laplace-transformatie en Wavelet-analyse behandeld.

Al deze technieken kunnen zowel op analoge als op digitale (bemonsterde) signalen worden toegepast. Vandaar de behandeling van de Digitale Fourier Transformatie (DFT), Z-transformatie en de digitale Wavelet-transformatie. Ook werden systemen behandeld die bewerkingen in een van deze domeinen of transformaties van het ene naar het andere domein kunnen uitvoeren. Deze systemen noemt men meestal filters. Zowel de analyse als de synthese van filters kwam aan bod.

Ten slotte werd hardware behandeld, zoals de analoog-digitaalconverter (ADC), digitaal-analoogconverter (DAC) en digitale-signaalprocessor (DSP).

Onderwijsvorm ISV werd in het algemeen door een kleine groep van vier à vijf studenten gevolgd. Er werd gewerkt aan de hand van een leerboek⁴⁰. Ieder hoofdstuk van het boek werd globaal behandeld door de docent. Deze ging daarbij niet in op de mathematische details van de theorie, maar getracht werd uit te leggen wat de grote lijnen in de gedachtegang waren.

De studenten werden geacht zich de details van de theorie zelfstandig eigen te maken. Daartoe maakten ze een grote hoeveelheid opgaven uit het boek, moesten ze groepsopdrachten uitvoeren en moesten ze een aantal experimenten doen, waaronder een groot experiment met een digitale-signaalprocessor. Voor het vele rekenwerk werd praktisch altijd *Mathematica* gebruikt.

⁴⁰ Baher, H. *Analog & Digital Signal Processing*, Second Edition, Wiley, New-York, **2001**.

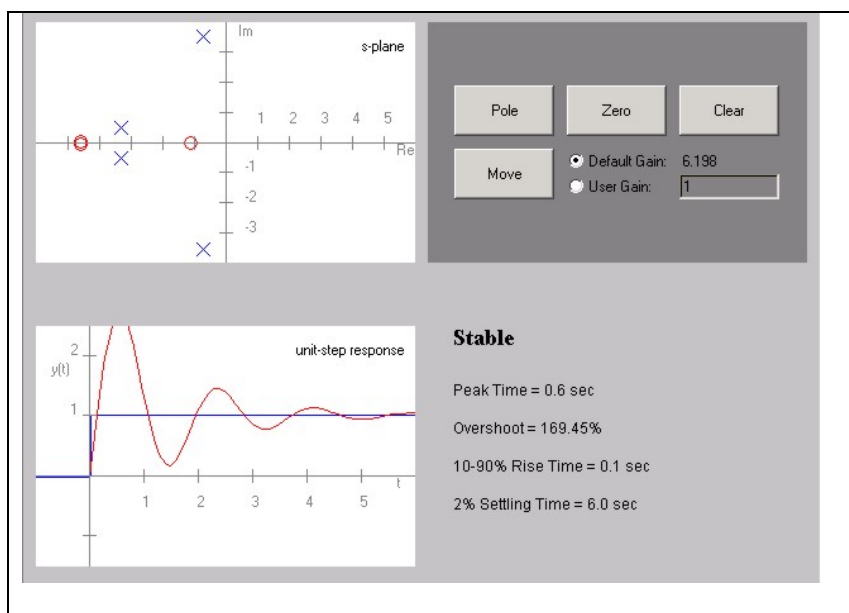
De uitwerking van de opgaven en het experimentele werk werden steeds met de docent besproken. Dit resulteerde in een wekelijkse bijeenkomst van een a twee uur.

Blackboard werd intensief gebruikt. Alle PowerPoint-presentaties van de wekelijkse bijeenkomsten, de te maken opgaven, de practicuminstructies en de standaarduitwerkingen van de opgaven werden via Blackboard ter beschikking gesteld. Dit gold ook voor een grote hoeveelheid *Mathematica*-notebooks en applets. Ten slotte werd Blackboard ook gebruikt om een aantal keren tussentijds te toetsen.

Inzet van computergereedschappen

Zoals al eerder aangegeven, werd *Mathematica* veelvuldig gebruikt. Zowel voor rekenwerk en visualisaties als toetsing. Het idee hierachter was dat dit zoveel tijdswinst oplevert (doordat studenten niet meer 'met de hand' differentiaal-vergelijkingen e.d. hoeven uit te rekenen), bijvoorbeeld om te werken aan de begripsvorming van de studenten.

Om de theorie te verduidelijken werden via Blackboard een aantal applets ter beschikking gesteld (Figuur 3.1). Gelukkig waren over de onderwerpen van de cursus zeer veel applets te vinden. Het stond de studenten vrij hier al dan niet gebruik van te maken.



Figuur 3.1 Schermafdruk bij een simulatieopdracht.

Beoordeling Studenten werden op een aantal punten beoordeeld:

- wekelijks in te leveren opgaven;
- practicumverslagen;
- toetsresultaten.

Voor de toetsen werd niet alleen Blackboard gebruikt, maar ook *Mathematica*. Studenten moesten de betreffende notebooks sturen naar de docent (via Blackboard). Deze retourneerde ze vervolgens compleet met commentaar en een cijfer.

3. De cursussen

Cursus-ontwikkeling Het team dat deze cursus ontwikkeld heeft, bestond uit vier docenten uit het Julius Instituut, en twee medewerkers van het IVLOS (Interfacultair Instituut voor Lerarenopleiding, Onderwijsontwikkeling en Studievaardigheden). Een aantal maanden lang werd er praktisch wekelijks vergaderd om tot de uiteindelijke werkvorm te komen.

Cursusteam Vier docenten, twee didactische adviseurs

Evaluatie De nieuwe opzet van de cursus met een stringente onderverdeling van de leerstof, tussentijdse toetsen, hoorcolleges waarin niet op details werd ingegaan en het gebruik van veel ICT-componenten werd zowel door de studenten als de docent positief gewaardeerd.

De docent meende dat de studenten dankzij deze onderwijsvorm een beduidend hoger eindpeil behaald hadden dan te verwachten was met een traditionele onderwijsvorm. Ook was er nul procent verzuim en hebben alle (drie) studenten de cursus met een uitstekend resultaat afgerond.

Het veelvuldig gebruik van *Mathematica* voor het rekenwerk en ook voor visualisaties, het maken van illustratieve voorbeelden en het afnemen van toetsen werd door studenten en docent als zeer goed gewaardeerd. De studenten waren wel van mening dat dit meer paste bij een praktisch vak als ISV dan bij een theorievak.

Het gebruik van Blackboard als centrum waar alle informatie over de cursus te vinden was – waaronder veel *Mathematica*-notebooks, PowerPoint-presentaties, alle toetsen en literatuurlijsten – werd door iedereen als nuttig en prettig ervaren. De studenten vonden wel dat de noodzaak van een internetaansluiting thuis een nadeel was (ze beschikten daar niet allen over). Voor de docent was dit soms erg arbeidsintensief.

Er is gebruikgemaakt van meerkeuzetoetsen die binnen Blackboard werden afgenomen en van toetsen in de vorm van *Mathematica*-notebooks. De laatste voldeden beter, zowel volgens de studenten als de docent. Volgens een van de studenten was het jammer dat er geen eindtoets was.

De manier van toetsen sloot onderling overleg en erger niet uit. Hoewel de studenten zeiden dat dit weinig was voorgekomen (de docent had die indruk trouwens ook), is het toch nodig een meer betrouwbare vorm van toetsen te vinden, zeker als er grotere aantallen studenten aan de cursus meedoen.

3.4 Biofysica van de mens

Het karakter van deze sommetjes was behoorlijk anders dan in een traditioneel werkcollege, omdat nu veel meer de nadruk kon worden gelegd op de oplossingsmethode in plaats van op het oplossen zelf, en aan het visualiseren van de oplossingen.

Het vak *Biofysica van de mens* werd in het collegejaar 2002-2003 gegeven als keuzevak voor tweedejaarsstudenten Natuurkunde aan de Universiteit Utrecht. De cursus duurde zeven weken en was twee keer per week ingeroosterd. Ongeveer vijftien studenten hebben het vak gevolgd. Door de invoering van de bachelor-masterstructuur is dit vak helaas verdwenen, maar de kennis die is opgedaan bij het ontwikkelen van deze studio-course is wel degelijk toegepast bij het ontwikkelen van de andere studio-courses.

Inhoud Het college behandelde de fysische, fysiologische en psychofysische aspecten van het kleuren zien, inclusief enkele toepassingen. Fysische aspecten betroffen de optica van de oogmedia en de transductie van straling naar elektrochemische verschijnselen in het netvlies. Fysiologische aspecten die besproken werden, waren vooral verschijnselen die samenhangen met signaalverwerking in het netvlies en de hersenen. Van de psychofysische aspecten werd de colorimetrie (een discipline met belangrijke toepassingen) behandeld via modellen. Zulke modellen maakten het mogelijk uitspraken te doen over de mogelijkheden lichtbundels van verschillende spectrale samenstelling te onderscheiden. Menselijke waarnemers verwarren namelijk vaak bundels die fysisch sterk verschillen. De colorimetrie is een toepassing van de lineaire algebra van afbeeldingen van de Hilbert-ruimte van fysische spectra naar de driedimensionale kleurenruimte. Als toepassing werden methoden uit de kleurweergave door druktechnieken, fotografie en beeldschermen besproken.

Onderwijsvorm In het vak *Biofysica van de Mens* (BIOFM) werd het onderwerp Color Space behandeld. De docent was een enthousiast gebruiker van het pakket *Mathematica* en was in staat is om met dit pakket schitterende visualisaties te maken die het begrip kleur – en een stevige wiskundige onderbouwing daarvan – zeker hielpen doorgronden tijdens de hoorcolleges. Voor de studenten die dit vak volgden, was het zien van zulke educatieve graphics tijdens het college zeker interessant en er zou een stimulerende werking vanuit gaan, maar het was uiteindelijk natuurlijk de bedoeling dat ze ook iets van het vak zouden opsteken.

Behalve het bestuderen van het collegedictaat was er bij dit vak traditioneel een werkcollege, waar de studenten eigenlijk alleen maar sommetjes konden maken die gebaseerd waren op een paar eenvoudige, analytisch door te rekenen kleurmodellen. In het kader van het IBL-project werd een aanzet gemaakt met de opzetten van een geïntegreerd werkcollege/computerpracticum, waar – in een werkcollegesetting met *Mathematica* als ondersteunend gereedschap – wederom sommetjes worden gemaakt. Natuurlijk werd het karakter van deze sommetjes behoorlijk anders dan in een traditioneel werkcollege, omdat nu veel meer de nadruk kon worden gelegd op de oplossingsmethode in plaats van op het oplossen zelf, en aan het visualiseren van de oplossingen.

Cursus-ontwikkeling De docent van het college heeft met de IBL-*Mathematica*-deskundige de filosofie achter het college besproken en aangegeven op welke plekken in het college

Mathematica meerwaarde zou bieden. De docent had al globale ideeën hoe het computeralgebra-systeem hierbij ingezet zou kunnen worden en dit is besproken met de *Mathematica*-deskundige, die vervolgens een opzet heeft gemaakt van opgaven die met *Mathematica* uitgevoerd moesten worden. Na redactie door de docent zijn de studenten aan de slag gegaan met deze opgaven. Ook heeft de docent tijdens de colleges regelmatig *Mathematica* gebruikt om de theorie te ondersteunen of visualisaties te doen. Deze notebooks werden door de docent zelf ontwikkeld.

In de notebooks is uitgegaan van een minimale kennis van *Mathematica* zelf, omdat dit gereedschap nog geen prominente plaats had ingenomen in het huidige natuurkunde curriculum. Hierdoor moest het materiaal zorgvuldig worden ontwikkeld, zonder veel nadruk op ‘advanced’ aspecten van *Mathematica*.

Het was onvermijdelijk om toch het een en ander over *Mathematica* zelf – de syntax en de mogelijkheden – uit te leggen tijdens zo’n computerpracticum. Deze tijd ging helaas af van de beschikbare tijd voor het werkcollege.

Cursusteam Vier docenten, inclusief een *Mathematica*-deskundige.

Evaluatie De cursus werd goed door de studenten ontvangen. Unaniem vonden ze het niveau goed en de colleges leuk en inspirerend. De stof sloot aan op hun voorkennis. Het studiemateriaal – zowel schriftelijk als digitaal – was van voldoende kwaliteit. De opdrachten waren duidelijk. Men was tevreden over het gebruik van Blackboard, de *Mathematica*-notebooks scoorden juist voldoende en met name het feit dat de studenten hierop niet beoordeeld werden, bleek niet goed te vallen. Ook vonden de studenten het digitale materiaal (de notebooks) wel nuttig, maar ze dachten niet dat ze daardoor de leerstof beter begrepen. Het niveau van beheersing van *Mathematica* door de studenten liep uiteen van ‘nauwelijks’ tot ‘zeer veel’ moeite. Leuk was dat sommigen ontdekten dat het gebruik van *Mathematica* veel voordelen oplevert en daardoor enthousiast werden. Maar ‘als je niet weet wat een functie is, dan ben je met *Mathematica* bezig en niet met het begrijpen van de leerstof’. De docenten vonden de hulp vanuit het IBL-projectteam – door het schrijven van de notebooks – zeer nuttig en noodzakelijk, omdat zij daar zelf niet aantoe kwamen.

3.5 Mechanica

De huisopgaven hadden als doel te forceren dat studenten zich voorbereiden op de interactieve colleges.

Mechanica was een verplicht vak voor alle eerstejaars in de faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de UU. Dat betekende in de praktijk dat het door zo’n 80 studenten gevolgd werd. In de studio-classroomruimte van de UU konden echter maar ongeveer 40 studenten terecht; daarom was voor de uitvoering van *Mechanica* de groep in tweeën gesplitst en werd de cursus twee keer gegeven. De studio-classroom was zodanig ingericht, dat de studenten in groepjes van drie aan problemen konden werken. Het college bestond niet meer uit een hoorcollege, waarin alleen de docent aan het woord was, met daarbij een apart werkcollege, zoals dat traditioneel gebruikelijk was bij de faculteit N&S van de UU.

Inhoud In de cursus worden basisconcepten behandeld uit de klassieke mechanica. De basis vormen de wetten van Newton en de gevolgen daarvan op de beschrijving van beweging. Behandeld worden impuls, impulsmoment, behoud van mechanische energie, dynamica van roterende lichamen, beweging in een zwaartekrachtsveld en trillingen.

Cursusdoelen waren: na afloop van de cursus heeft de student begrip ontwikkeld van enkele basisconcepten uit de klassieke natuurkunde en kan hij deze toepassen in eenvoudige problemen op het gebied van mechanica. De student heeft zowel analytische als computationele vaardigheid in het oplossen van deze problemen.

- Onderwijsvorm* De cursus bevatte de volgende elementen:
- *Interactief college* (vier uur per week per groep)
Dit bestond uit plenaire sessies, continu afgewisseld met het in groepjes en met de hele zaal discussiëren (bijvoorbeeld aan de hand van multiplechoicevragen, waarbij Blackboard als een soort stemmachine werd gebruikt; dit werden de *quizzes* genoemd); het maken van opdrachten waarin physlets verwerkt waren; enzovoorts.
 - *Huiswerkopgaven*
Hiervoor werd in het eerste jaar *WebAssign*⁴¹ en in tweede projectjaar *MasteringPhysics*⁴² gebruikt. *MasteringPhysics* is een elektronisch toetsysteem waar kant-en-klare opgaven al in zitten, zodat de docent alleen hoeft uit te zoeken welke gemaakt moeten gaan worden. In sectie 2.3.4 is meer te lezen over *WebAssign* en *MasteringPhysics*. De opgaven hadden tot doel te forceren dat studenten zich voorbereiden op de interactieve colleges. Daarnaast konden de vragen gebruikt worden als diagnostische toetsen, zodat de docent inzicht verkrijgt in de problemen die de studenten hebben bij het verwerken der materie. Op deze problemen kan dan direct bij de interactieve sessie worden ingegaan.
 - *Werkcolleges* (vier uur per week per groep)
Deze leken veel op de werkcolleges oude stijl, die al eerder zeer interactief waren. Studenten werkten aan uitgebreide problemen, docenten en assistenten liepen rond om studenten hierbij te helpen. Aan deze oude stijl werd toegevoegd: een van de opgaven moest uitgewerkt worden met *Mathematica*. Hiertoe kregen de studenten een *Mathematica*-notebook tot hun beschikking, waarin zij op weg werden geholpen om het probleem met dit computeralgebra-systeem op te lossen.
 - *Experimenteel project*
Het uitvoeren van het experimentele project vond plaats in groepjes van drie studenten direct bij de onderzoeksinstituten. Het verslag maakten ze bij dit vak.

Beoordeling Uit de ervaringen van de studio-course *Biofysica van de mens* (BIOFM) is duidelijk geworden dat het belangrijk is dat alle in de cursus aan bod komende elementen ook getoetst worden. Daarom werd bij de studio-course Mechanica gestreefd naar een systeem van continue toetsing waarbij alle elementen wel getoetst worden. Belangrijk voordeel hiervan was dat de student op ieder moment in de cursus beter kon weten hoe het ervoor stond. Dit in tegenstelling tot de oude situatie, waarin het echte werken vaak pas vlak voor het tentamen aan het einde

⁴¹ WebAssign-homepage: <http://www.webassign.net/>, North Carolina State University under license to Advanced Instructional Systems, Inc. © 1997-2003, april 2004.

⁴² MasteringPhysics-homepage: <http://www.masteringphysics.com/>, Pearson Education, publishing as Addison Wesley, © 2004, april 2000.

3. De cursussen

gebeurde. De toetsing is als volgt verlopen:

- *Mathematica*-opgave uitwerken en vervolgens samen met de student-assistent doorlopen. Al deze opgaven moesten ‘afgetekend’ worden;
- de resultaten van de huiswerkopgaven;
- een uitgewerkt artikel of experiment;
- een tussentoets;
- een tentamen.

De eindbeoordeling van de individuele student was gebaseerd op al deze verschillende activiteiten.

Cursusteam Twee docenten, twee didactische adviseurs, een ICT-ondersteuner.

Evaluatie De cursus was geëvalueerd door middel van gesprekken met studenten, het docententeam en een enquête. Door de studenten hebben als zeer positief gewaardeerd:

- de experimenten bij de onderzoeksgroepen;
- het gebruik van physlets;
- het gebruik van de quizzes.

De belangrijkste punten van kritiek waren gericht op de problemen die te maken hadden met:

- tempoverschillen in de groep: het probleem daarbij was hoe je voor een redelijk grote groep studenten (40-50 studenten per middag) een individueel aansprekend en motiverend programma aan kunt bieden. Vergeleken met een traditioneel (hoor)college was het tempo lager en voor een deel van de studenten soms ook te laag. Als zij een opdracht veel sneller maakten en vervolgens op overige studenten moesten wachten, trad verveling en demotivatatie op;
- problemen bij het gebruik van de onderwijsruimte. Deze problemen waren opgelost voor aanvang van het tweede projectjaar;
- studenten zagen graag dat een docent direct een afleiding op het bord maakte (het tempo was dan zodanig dat zij de afleiding konden bijhouden) en niet via een PowerPoint-presentatie de afleiding liet zien: als equivalent voor het bord en krijtje is een tablet aangeschaft waarmee de docent zijn schrijfwerk direct kan projecteren;
- studenten waren snel afgeleid en gingen e-mailen en chatten (niet met elkaar): er werd software aangeschaft waarmee de computers tegelijk kunnen worden geblokkeerd voor dit initiatief;
- de ruimte was te klein. Voor volgend jaar zou gestreefd worden naar een kleinere groepsgrootte.

Ervaringen met WebAssign

WebAssign is een onderhoudsvriendelijk/efficiënt toetssysteem voor docent. De opgaven uit een regulier tekstboek⁴³ maken het mogelijk dat maar een beperkte voorbereiding voor docenten nodig is en geen nakijkwerk.

WebAssign kan een ondersteuning voor de student zijn bij de voorbereiding op het college. Doordat het maken van de opgaven verplicht werd gesteld, moesten studenten zich alvast voorbereiden op de stof van het komend college.

⁴³ Young, H. D.; Freedman, R.A. *University Physics*, 10th Ed., Addison-Wesley, San Francisco, 2000.

Er werden ook problemen gesignaleerd. De problemen hingen samen met de context waarin *WebAssign* werd gebruikt. Ze stoelden niet direct op fouten in het product, maar op de verschillende zienswijzen over het gebruik van de opgaven:

- a) numerieke problemen doordat de evaluatie van het antwoord op een vraag geschiedt door numerieke evaluatie;
- b) afrondingsproblemen. Dit is een fenomeen dat inherent is aan rekenen met computers, maar ook een probleem op zich, d.w.z. dat als een student ‘fout’ afrondt in een tussenresultaat, of zonder meer afrondt, hij/zij de beoordeling ‘fout’ kan krijgen, ook al is er op zijn/haar aanpak niets aan te merken;
- c) een rekenfout zal altijd een negatief resultaat opleveren voor de student. Dit is vaak niet acceptabel, omdat op zijn/haar aanpak niets is aan te merken;
- d) punt als decimaal scheidingsteken (Amerikaans product);
- e) inhoud: het was de bedoeling dat de huiswerkopgaven (*WebAssign*) dienen als voorbereiding op de te behandelen stof. Dat impliceert dat de student de stof nog niet heeft gehad, met als consequentie dat de opgave niet of niet goed begrepen werd;
- f) nakijkproblemen. Niet alle antwoorden waren goed (afgezien van het hiervoor vermelde numerieke probleem).

Bij de volgende vragen zou hiermee rekening worden gehouden.

Evaluatie van de cursus door de collegeresponsgroep

De aanleiding tot deze evaluatie was het resultaat van de eerste tussentoets. Dit resultaat was niet bemoedigend. Het bleek dat amper 50% van de deelnemers een voldoende had gescoord. Dit cijfer is vergelijkbaar met de resultaten voor mechanica in het verleden. De eerste conclusie was dan ook dat er geen duidelijke verbetering als gevolg van het interactieve college is waar te nemen. Het leek docenten en studenten nodig om eens van gedachten te wisselen over het nut van de nieuwe aanpak (geïntegreerde werkvormen en interactiviteit). Opvallend bij de evaluatie was bijvoorbeeld dat de toets – waarvan de achtergronden het meest uitvoerig in het interactieve college aan bod waren gekomen – het allerslechtst was gemaakt. Verder viel bij het nakijken van de toets op dat 90% van de studenten bij moeilijke problemen terugvalt op de middelbare-schoolkennis.

Toen de cursus in het tweede cursusjaar werd gegeven, werd al direct duidelijk dat alles veel beter liep. Dit weerspiegelde zich in zeer tevreden studenten en ook in betere eindcijfers. Deze verbetering is een gevolg van een aantal factoren: een aantal praktische, zoals kleinere groepen, stillere computers, software om de aandacht van de studenten vast te houden, *MasteringPhysics* in plaats van *WebAssign*. Bovendien waren de bij de cursus betrokken medewerkers in het tweede jaar beter op elkaar ingespeeld. De belangrijkste reden is waarschijnlijk toch het kunnen gebruiken van de ervaring die de docenten in de eerste ronde hadden opgedaan.

Als sterke punten van de cursus werden genoemd de interactieve colleges, de begeleiding en de docent, *MasteringPhysics*, en veel tijd voor oefening. *MasteringPhysics* werd door andere studenten echter ook als het zwakke punt van de cursus genoemd. Dit was in gesprekken met de studenten ook al duidelijk geworden. Een aantal studenten had moeite met het verplichte karakter en vond het veel werk om dit iedere week te moeten inleveren; anderen waardeerden juist de ‘stok achter de deur’. Ook zei een student: ‘*MasteringPhysics* is best handig en ook wel leuk om te doen, maar het kost ontzettend veel tijd, terwijl het relatief

weinig oplevert qua kennis'. Op de vraag of de studenten deze geïntegreerde vorm van onderwijs prefereerden boven de conventionele manier (ze hadden voor *Mechanica* een conventioneel gegeven cursus *Relativiteitstheorie* gehad), antwoordde een groot deel van de studenten dat zij de cursus *Mechanica* prefereerden.

3.6 Golven en optica (G&O)

Bij G&O was ervoor gekozen dat na de meeste interactieve colleges iemand uit een van de onderzoeksgroepen kwam vertellen over zijn onderzoek. Uiteraard had dit verhaal te maken met de stof die op die dag behandeld was.

Golven en optica was een verplicht eerstejaarsvak bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de UU, met een omvang van 3,75 ECTS. Het vak werd op dezelfde manier gegeven als *Mechanica*. In het studiejaar 2002-2003 vormden beide vakken samen het studieonderdeel *Mechanica, golven en optica*, met een omvang van 9 ECTS.

Inhoud In de cursus werden golfverschijnselen behandeld, met als bekende voorbeelden geluid en elektromagnetische golven: licht. Aan de orde kwamen de golfvergelijking, longitudinale en transversale golven, energietransport door golven, diffractie en interferentie.

Onderwijsvorm De gekozen werkvorm voor G&O was een interactief college met een bijbehorend werkcollege. Dit was dezelfde werkvorm die gehanteerd werd bij het college *Mechanica*. Voor een uitgebreidere beschrijving van het interactieve college, zie aldaar.

Een verschil met *Mechanica* was dat dit afgesloten werd met korte projecten in een van de onderzoeksgroepen van de faculteit. Bij G&O was ervoor gekozen dat na de meeste interactieve colleges iemand uit een van de onderzoeksgroepen kwam vertellen over zijn onderzoek. Dit verhaal had dan wel een verband met de stof die op die dag behandeld was. Aan het einde van G&O moesten de studenten een korte verhandeling schrijven over een van deze verhalen.

Beoordeling De beoordelingsprocedure was dezelfde als bij *Mechanica*.

Cursusteam Twee docenten, twee werkcollegeleiders en twee didactische adviseurs.

Evaluatie Bij de opzet van G&O kon direct gebruikgemaakt worden van de ervaringen opgedaan bij het college *Mechanica*.

Bij *Mechanica* was duidelijk geworden dat de opgaven en antwoorden van WebAssign af en toe fouten bevatten. Daarom werden de bij golven en optica aan de studenten gegeven WebAssign-opgaven iedere week door een docent van tevoren gecontroleerd op juistheid. Toch bleef er bij een groep studenten wel weerstand tegen het gebruik van WebAssign bestaan. Zowel bij *Mechanica* als bij *Golven en optica* bleek dat bij gebruik van PowerPoint het belangrijk is dat het afleiden van formules stapsgewijs gebeurt. Evenals bij *Mechanica* werden bij *Golven en optica* de demonstraties en de discussievragen zeer gewaardeerd. Tijdens de cursus bleek dat het inlassen van twee pauzes – in plaats van één – en

het beperken van de beschikbare tijd voor opdrachten goed werkt om verveling/demotivatie bij de snellere studenten te voorkomen, zonder de andere studenten tekort te doen.

Uit de enquête na afloop bleek dat veel van de studenten vonden dat de docent hen tijdens het hoorcollege activeerde om mee te denken. Wel vonden veel studenten het tempo te was. Over de algemene kwaliteit en de opzet van het college waren de studenten neutraal positief.

3.7 Elektriciteitsleer

Naast het conventionele hoor- en werkcollege werden multiplechoicevragen aangeboden. In deze vragen werden physlets verwerkt om de kloof tussen hoor- en werkcollege te verkleinen en de onderwerpen te visualiseren.

De cursus *Elektriciteitsleer 1* was een verplicht vak voor eerstejaarsstudenten bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde aan de UU en werd gevolgd door zo'n 80 studenten. Het totale vak behelsde vier studiepunten en werd gegeven in de perioden 3 en 4 (januari-april).

Inhoud Deze cursus behandelt de basisprincipes en -wetten van de elektriciteitsleer, zoals de eigenschappen van elektrische ladingen, elektrische en magnetische velden, en de wetten van Coulomb, Gauss en Ampère.

Onderwijsvorm Omdat de cursus door een groot aantal studenten gevolgd werd en er nog ervaring opgedaan moest worden met geïntegreerd onderwijs aan grotere groepen studenten – en ook omdat de cursus direct bij de start van de projectperiode ging lopen – was gekozen voor de conventionele onderwijsvorm. Dit betekent een hoor- en een werkcollege. Wel is hierbij geprobeerd ervaring op te doen met de inzet van ICT (hieronder beschreven bij ICT-componenten). Getest was of dit activerend werkt voor grote groepen studenten. Volgens het plan zou ook in volgende projectperioden gewerkt worden aan geïntegreerd onderwijs (in de zin van het studio-courseconcept) aan grotere groepen studenten (*Mechanica*: periode okt., nov., dec. 2002, en weer *Elektriciteitsleer*: periode april-mei 2003).

Naast het conventionele hoor- en werkcollege werden multiplechoicevragen aangeboden. In deze vragen werden physlets verwerkt. Deze hadden de bedoeling de kloof tussen hoor- en werkcollege te verkleinen en de onderwerpen uit de elektriciteitsleer – waarover in de werkcolleges opgaven moesten worden gemaakt – te visualiseren. Nadat de inlevertermijn voor de antwoorden op de multiple-choicevragen verstreken was, kregen de studenten gerichte feedback op hun antwoorden. De docent had de beschikking over de (kwalitatieve) verdeling van deze antwoorden en kreeg zo een idee van waar nog misconcepties bestonden.

In het tweede projectjaar dat de cursus werd gegeven, was ook weer gebruikgemaakt van physlets die betrekking hebben op het onderwerp. In het laatste jaar van het IBL-project waren deze verwerkt in WebAssign-opgaven die de studenten voor aanvang van ieder college moesten inleveren. Deze werkwijze was ook al bij de studio-courses *Mechanica* en *Golven en optica* toegepast. Echter

bij *Elektriciteitsleer* is geprobeerd om in deze huiswerkopgaven meer conceptuele problemen aan de orde te stellen dan invul-reken-opgaven (zoals die bij *Mechanica* en *Golven en optica* aangeboden werden). Hiervoor was het nodig om zelf nieuwe opgaven in WebAssign te maken. Deze aanpassing is zowel docenten als studenten zeer goed bevallen. Lieten de studenten bij de vorige twee studio-courses vaak bezwaren horen over het gebruik van WebAssign, nu waren ze hier bij *Elektriciteitsleer* veel beter over te spreken.

Het stellen van deze conceptuele vragen had voor de docent het voordeel dat hij zich vooraf – dus voor aanvang van het college – aan de hand van de antwoorden op de opgaven een beeld kon vormen van begripsproblemen in de te behandelen stof van die week. Hij kon hieraan tijdens het college extra aandacht besteden.

In deze cursus was ook zeer regelmatig gebruikgemaakt van *Mathematica*. Bij ieder college werd door de docent een *Mathematica*-notebook op Blackboard gezet, zodat de studenten de afleidingen en visualisaties die tijdens het college aan bod waren gekomen zelf konden bestuderen.

Cursusteam Twee docenten, een ICT-ondersteuner.

3.8 Computerpracticum (*Mathematica*-cursus)

Mathematica was echter hét gereedschap dat de studenten in deze cursus hebben geleerd, en het gebruik hiervan was een absolute noodzaak om de verworven kennis en vaardigheden te kunnen toetsen.

Het studieonderdeel *Computerpracticum* was al jaren een verplicht onderdeel van het eerstejaarsprogramma van studenten aan de faculteit Natuur- en Sterrenkunde, en werd gevolgd door 70 à 80 studenten. In de loop der tijd was de inhoud echter aanzienlijk gewijzigd. De rol van *Mathematica* in deze cursus is steeds groter geworden. Andere basisvaardigheden – zoals het algemene gebruik van een pc, gebruik van Mail, Osiris, de digitale portfolio e.d. – zijn de laatste twee jaren min of meer verdwenen uit deze cursus.

Door wijzigingen in het curriculum is de tweedejaars *Verdiepingscursus Mathematica* naarvoren geschoven in het curriculum, en in 2003 toegevoegd aan de eerstejaarscursus. Hierdoor is de cursusduur toegenomen van twaalf naar achttien dagdelen. Naast *Mathematica* vormde het gebruik van Blackboard een belangrijke component bij dit vak.

Inhoud De cursus *Mathematica* in de eerste helft van het eerste jaar duurt achttien dagdelen. De eerste twaalf lessen zijn in september en oktober. Na de kerstvakantie volgen dan de laatste zes lessen. De studenten verkeren dan in een stadium dat ze *Mathematica* ook al eens zijn tegengekomen bij andere vakken.

De onderwerpen die besproken werden, vormden de basiskennis die een natuurkundestudent nodig heeft om soepel met *Mathematica* te kunnen werken. Onderstaande opsomming is niet volledig, maar geeft een beeld van onderwerpen die zoal aan bod komen:

- grafische commando's;
- gebruik van lijsten;

- oplossen van vergelijkingen;
- differentiëren en integreren;
- differentiaalvergelijkingen (inleiding en toegepast op een driedeeltesysteem);
- elementaire structuur van de *Mathematica*-expressies;
- lezen en schrijven van diverse soorten bestanden;
- gebruiken en ontwikkelen van modules en pakketten voor specifieke functionaliteit;
- gebruik van traditionele programmaconstructies als Do en For;
- gebruik van functionele programmaconstructies als Map en Apply;
- gebruik van opties en attributen;
- typesetting van *Mathematica*-expressies.

Bij elk onderwerp hoorden diverse voorbeelden en een aantal opgaven waarbij het gebruik van de nieuwe stof centraal stond. Vooral in het begin was het moeilijk om materiaal zodanig te ordenen dat de student – met alleen de tot dan toe behandelde onderwerpen – ook alle opdrachten kon maken.

Onderwijsvorm De studenten werkten tijdens de contact-uren in koppels in eigen tempo aan de gegeven opdrachten. Tijdens de middag konden de studenten bij problemen een beroep doen op assistenten, die aanwezig waren in de ruimte.

Doordat al het materiaal via Blackboard beschikbaar was, kon elke student ook altijd en overal aan het practicum werken. De enige voorwaarde was dat *Mathematica* geïnstalleerd was, maar met de facultaire licentie mochten de studenten (gratis) *Mathematica* installeren op een thuiscomputer.

Het werken in koppels bevorderde de onderlinge communicatie en het werken in dezelfde practicumzaal maakte het mogelijk dat de koppels ook met elkaar konden communiceren zonder gebruik te moeten maken van elektronische hulpmiddelen. De assistenten zagen erop toe dat het werktempo en het niveau van de gemaakte opdrachten in orde waren. Het nadeel van het werken in koppels was dat specifieke computervaardigheden alleen maar getraind werden door daadwerkelijk actief te zijn met toetsenbord en/of muis, en niet door ernaar te kijken. De logistiek stond een dergelijke werkvorm helaas niet toe.

Elke practicumssessie bevatte een stukje theorie waarin een aantal nieuwe begrippen en commando's worden besproken. Tevens bevatte elk document een aantal uitgewerkte voorbeelden. Deze activiteiten kunnen als oriëntatie en geleide verkenning beschouwd worden. Hoewel het de bedoeling was dat studenten eerst de theorie doornamen, daarna de oefeningen deden en tot slot de bijbehorende opdrachten uitwerkten, gebeurde in de praktijk vaak het tegenovergestelde. Tijdens het practicum werd begonnen met de opdrachten, en als de student vastliep, zocht hij/zij in de uitwerking van de oefeningen of in het lesmateriaal naar een geschikte methode of strategie. Vaak was dit eenvoudig de naam van een nieuw commando, en de wijze waarop dit gebruikt kon worden.

Bij dit practicum was nauwelijks ruimte voor vrije verkenning. De opzet van de latere opdrachten liet enige ruimte voor verdere verdieping. Het uiteindelijke doel van het practicum was het opdoen van de benodigde basiskennis van *Mathematica*, en deze kennis ook na de cursus kunnen gebruiken bij andere vakken. In de periode na de cursus komt het steeds vaker voor dat studenten

3. De cursussen

Mathematica spontaan gaan gebruiken bij het studeren voor vakken waarbij *Mathematica* in het geheel niet gebruikt wordt.

Beoordeling De toetsen werden – natuurlijk op de computer – afgenomen in een hybride Blackboard- plus *Mathematica*-omgeving. Bij het practicum hoorden twee toetsen: een halverwege en een aan het eind. Elke toets duurde 1,5 uur en woog voor 40% mee in de eindbeoordeling. Daarnaast kreeg elke student twee punten (20% van de maximumbeoordeling) door alle practicumopdrachten gemaakt te hebben.

De toetsen bestonden deels uit multiplechoicevragen, waarvan het juiste antwoord in de regel verkregen kon worden door *Mathematica* te gebruiken. Soms kon het juiste antwoord gevonden worden door de aanwezige on line documentatie te raadplegen; dit was toegestaan tijdens de toets. Voorts bevatte elke toets enkele opdrachten die equivalent waren met de practicumopdrachten. Deze moest elke student binnen de daarvoor gestelde tijd individueel oplossen.

Het antwoord was altijd in de vorm van een *Mathematica*-notebook: code inclusief begeleidende tekst. Hierdoor was de (handmatige) beoordeling redelijk snel te doen door student-assistenten, zodat elke student het toetsresultaat vaak nog dezelfde dag kon bekijken in Blackboard. De automatische beoordeling van de multiplechoicevragen was direct na inleveren van de toets beschikbaar. Blackboard bleek handig te zijn in verband met de administratie. *Mathematica* was echter hét gereedschap dat de studenten in deze cursus hebben geleerd, en het gebruik hiervan was een absolute noodzaak om de verworven kennis en vaardigheden te kunnen toetsen. Voor het inleveren van de notebooks is het gebruik van de Digital DropBox uit Blackboard dan weer wel heel handig.

Cursus-ontwikkeling Het meeste materiaal voor deze cursus was al in de een of andere vorm onderdeel van het curriculum voordat het IBL-project van start ging. Er was echter nauwelijks on line materiaal beschikbaar en ervaring met het gebruik van Blackboard als digitale leeromgeving ontbrak.

In de twee jaar van het IBL-project werd de cursus omgevormd tot een interactieve cursus. Al het materiaal kwam dankzij dit project on line beschikbaar als ‘actieve’ lesstof. Dit betekent dat de volledige syllabus in de vorm van een aantal *Mathematica*-notebooks (één per hoofdstuk) moest worden omgeschreven en vaak moest worden aangepast, om gebruik te kunnen maken van het feit dat elke definitie, formule of voorbeeld van de grammatica ook echt een actief element van het notebook vormt.

Naast de ontwikkeling van het lesmateriaal zijn er ook diverse toetsen ontwikkeld. Het toetsen van de verworven kennis (vaardigheden) binnen deze cursus was voor de start van het IBL-project niet gebruikelijk. Het was voldoende om de opdrachten ‘gedaan’ te hebben.

Cursusteam Een docent, een didactische medewerker (evaluatie).

Evaluatie De belangrijkste conclusies die volgden uit de evaluatie van de cursus:

- het gebruik van Blackboard werd als plezierig ervaren;
- studenten dachten niet dat *Mathematica* ze hielp om de fysica van diverse problemen beter te begrijpen;
- het beschikbaar zijn van uitgewerkte oefeningen werd als een waardevol en dus positief punt ervaren.

Tijdens de duur van het IBL-project was er duidelijk een verhoging opgetreden in het werktempo van studenten. Door in de stof wat extra aandacht te besteden aan die punten waar veel studenten tijdens vorige edities van het practicum vastliepen, was er in laatste versie van het practicum duidelijk minder irritatie over het fenomeen dat 'Mathematica niet doet wat ik wil'. Of hierdoor ook het uiteindelijk door de studenten bereikte niveau omhoog is gegaan, was door de veranderingen in het curriculum helaas moeilijk vast te stellen.

3.9 Methoden en technieken

Diversiteit en integratie van werkvormen staan centraal. Van studenten werd in de middagdelen van de cursus actief leergedrag gevraagd en gebruik van ICT.

De cursus *Methoden en technieken* was een studieonderdeel in de eerste cursusperiode van het bèta-gammaprogramma. Het was een bestaande cursus die in het kader van het IBL-project werd vernieuwd, zowel qua inhoud als onderwijsvorm.

De cursus was een keer per week ingeroosterd met zes uren. In twaalf (2002-2003) respectievelijk vijftien weken (2003-2004) bood deze cursus de belangrijkste wiskundige kennis en vaardigheden die nodig zijn bij de andere vakken in de bèta-gammastudie. Bovendien bood het een idee van wat wiskunde inhoudt en wat er bij een studie wiskunde aan de orde komt. Het was uitdrukkelijk niet bedoeld als een cursus 'basiswiskunde'. Leidraad was dat de bèta-gammapropedeuse haar studenten liet kennismaken met verschillende vakgebieden en hen inzicht geeft in de samenhang en de verschillende werkwijzen binnen de wetenschapsgebieden. Tijdens het IBL-project werd deze cursus twee keer gegeven, elke keer voor 50 à 60 studenten. In 2002-2003 gold een trimestersysteem. In 2003-2004 was de cursus onderdeel van het bachelorprogramma geworden en werd een semestersysteem gehanteerd.

Inhoud Het onderwijs in de eerste cursusperiode van de bèta-gammastudie was tijdens het IBL-project gegroepeerd rondom een centraal thema, nl. 'evolutie en innovatie'. Het thema voor *Methoden en technieken* was hierop afgestemd: 'wiskundige aanpak van veranderingsprocessen'. Er was voor gekozen om qua wiskunde uit te komen bij niet-lineaire differentiaalvergelijkingen als instrument voor bestudering van meer complexe veranderingsprocessen. Er werd voor computeropdrachten gebruikgemaakt van het computeralgebra-systeem *Mathematica* en van bestaande wiskunde-applets.

De volgende onderwerpen werden behandeld (zowel in de bestaande als vernieuwde cursus).

- Matrix algebra:
 - matrices en vectoren;
 - lineaire afbeeldingen en matrices;
 - meetkunde en matrices;
 - lineaire stelsels en matrices;
 - eigenwaarden en eigenvectoren.
- Statistiek:
 - regressie;

3. De cursussen

- kleinste-kwadratenmethode.
- o Calculus:
 - complexe getallen;
 - lineaire differentiaalvergelijkingen;
 - stelsels van differentiaalvergelijkingen;
 - iteratieve processen:
 - fixed-point-iteratie;
 - Newton-iteratie;
 - periodiciteit en chaos;
 - niet-lineaire differentiaalvergelijkingen.

Onderwijsvorm In de bestaande opzet van de cursus *Methoden en technieken* waren er drie gescheiden cursusonderdelen: college, werkcollege en computerpracticum in Unix-zaal met behulp van het computeralgebra-systeem *Mathematica*.

Dit had de volgende nadelen:

- o de deelname aan college en het enthousiasme van studenten nam gaandeweg af;
- o bij het computerpracticum lag de aandacht meer op *Mathematica* dan op wiskunde;
- o het verband tussen lesonderdelen kwam niet altijd goed over op studenten, mede doordat verschillende personen hierbij betrokken waren;
- o soms kwam een onderwerp in het computerpracticum eerder aan bod dan in het college;
- o computerzalen waren ongeschikt voor centrale uitleg (geen beamer aanwezig en soms ontbrak zelfs een schrijfbord);
- o discussie over computeralgebra-gebruik en studentenwerk was maar beperkt mogelijk in het practicum.

In de bestaande cursus waren *Mathematica*-notebooks ingericht op de scheiding van theorie en computerpracticum. Ze hadden een vaste structuur die terug te vinden was in de sectie-indeling. Bij elke sectie waren er knelpunten gesignaleerd (aangegeven tussen haakjes):

- (i) theorie (waar hoort het bij?);
- (ii) introductie *Mathematica* (wat moet je over het computeralgebra-systeem weten?);
- (iii) uitgewerkte voorbeelden (hoe doe je wiskunde met het computeralgebra-systeem?);
- (iv) opdrachten (kun je het zelf in praktijk brengen?).

In de nieuwe cursusopzet werd geprobeerd om de genoemde knelpunten weg te werken en bestond een lesdag uit maar twee delen:

- 1) ochtendprogramma van 3,5 uur, waarin gebruikgemaakt werd van
 - a. het ' hoor- en werkcollege'-concept;
 - b. het studio-classroomconcept.In dit docentgeleide dagdeel maakten studenten actief kennis met de leerstof en maakten ze onder begeleiding diverse opdrachten;
- 2) middagprogramma bestaande uit een computerpracticum waarin studenten zelfstandig werkten aan uitgebreidere computeropdrachten, bijgestaan en beoordeeld door student-assistenten.

Hieronder lichten we de twee programmaonderdelen toe.

Ad 1)

In grote lijnen waren de eerste drie onderdelen van de oorspronkelijke *Mathematica*-notebooks – bestaande uit de theoretische achtergrond, de *Mathematica*-introductie en uitgewerkte voorbeelden – verhuisd naar het ochtendprogramma. Voordeel was dat de docent nu inhoudelijke en technische zaken kon toelichten en het computeralgebra-gebruik met studenten kon bespreken. Om praktische redenen werd ervoor gekozen om het ochtendprogramma in twee onderwijsvormen te doen. Sommige wiskundige onderwerpen leenden zich uit ervaring van het ontwikkelteam beter voor een ‘hoor- en werkcollege’-onderwijsvorm dan voor het studio-coursemodel, waarin diverse werkvormen geïntegreerd worden. Maar een belangrijk obstakel om niet compleet over te stappen op een studio-classroomconcept was het niet beschikbaar hebben van een studio-classroom van voldoende grote capaciteit. Een opsplitsing van de groep studenten in tweeën was geen bruikbaar alternatief.

Ad 2)

Speciale aandacht werd besteed aan het voorkomen dat een onderwerp in computerpracticum eerder aan bod komt dan in het college. Er werd voor een strakke, maar studeerbare opzet gekozen en enkele momenten werden ingeroosterd voor het continueren en afmaken van eerder werk. Doordat studenten een thuislicentie van de software gratis op hun privé-computer konden gebruiken, waren ze niet met handen en voeten gebonden aan de ingeroosterde practicum-uren en practicumzaal. Ook waren pc-zalen aan de faculteit tijdens kantooruren te gebruiken, voorzover ze al niet geboekt waren voor onderwijsdoeleinden.

Diversiteit en integratie van werkvormen stonden centraal. Elk dagdeel vroeg van studenten actief leergedrag en gebruik van ICT. Er was naast een computerpracticum in de middag ook een docentgeleid deel in de ochtend, waarin pen-en-papier-sommen en computerwerk ook een duidelijke functie hadden – bijvoorbeeld oriënterend, explorerend, kennisverankerend, enzovoorts – en niet uitsluitend ter verdieping van verworven kennis dienden. In het laatste geval waren ze eerder in het computerpracticum in het middagdeel opgenomen. Door het samenvoegen van hoor- en werkcollege kon de docent bovendien flexibeler omgaan met de beschikbare tijd en zodoende meer aandacht dan gewoonlijk besteden aan het actief betrekken van studenten bij de les.

De integratie van verschillende werkvormen in het docentgeleide cursusdeel gebeurde op inhoudelijke gronden. Er was geen keurslijf van activiteiten, niet elke les kende een vast patroon. Per onderdeel heeft het ontwikkelteam bekeken hoe – naar hun inschatting – studenten de wiskundige kennis en vaardigheden het best konden verwerven. Getracht werd om recht te doen aan verschillende individuele leerstijlen, studenten actiever bij de les te betrekken en de samenhang van onderwerpen beter bij studenten tot zijn recht te laten komen. Tijdens het ochtendprogramma besteedde de docent speciale aandacht aan de overstap van schoolwiskunde naar de wiskunde die wetenschappers hanteren en de stijl die ze hierbij gebruiken. Door het bij de les betrekken van studenten probeerde de docent ook hiaten in de wiskundekennis van studenten te signaleren en te remediëren. Voor het ophalen en bijspijkeren van voorkennis werd gebruikgemaakt van het onderdeel *De basis* uit de cursus *Calculus 1*, die alle eerstejaarsstudenten wiskunde, natuurkunde, sterrenkunde en scheikunde in dat studiejaar volgden.

3. De cursussen

In het cursusjaar 2002-2003 werden twee cursusmiddagen gebruikt om onder leiding van een gastdocent met studenten te discussiëren over twee belangrijke lesonderwerpen uit de cursus:

- *Complexe getallen*
Aan de hand van concrete voorbeelden werd geprobeerd om antwoord te vinden op vragen over de zin en onzin van complexe getallen (Zijn ze in het leven geroepen als puzzel, als mathematisch speeltje, als gereedschap of zijn ze helemaal niet in het leven geroepen, maar bestonden ze altijd al? Zijn ze bedacht of ontdekt? Concreet of hersenspinsel?). De antwoorden riepen weer nieuwe vragen op, zodat er inderdaad sprake was van een discussiecollege ter verdieping van kennis over de wiskunde en haar toepassing.
- *Chaos*
In dit discussiecollege stonden dynamische systemen en chaos centraal. Tijdens de bestudering van iteratieve processen hadden studenten hiermee al kennisgemaakt, maar in deze middag werd hun blikveld verruimd.

Beoordeling Het eindcijfer voor dit vak bestond uit een gewogen gemiddelde van het afsluitende tentamen (60% van het eindcijfer) en het totaalcijfer van de *Mathematica*-opdrachten (40% van eindcijfer). Voor het *Mathematica*-eindcijfer gold het gemiddelde resultaat van de practicumopgaven; daarbij werden de resultaten van de twee slechtst gemaakte opgaven buiten beschouwing gelaten.

Cursus-ontwikkeling Vóór de officiële start van het IBL-project hadden de docent en de IBL-projectmedewerker in oktober en november 2001 een proefles volgens het studio-classroommodel met geïntegreerde werkvormen ontwikkeld en uitgevoerd over interactieve processen. Doel was om praktische ervaring met dit onderwijsmodel op te doen en deze kennis en ervaring te gebruiken bij de verdere cursusontwikkeling. Om de cursus vervolgens efficiënt te kunnen vernieuwen en enkele onderdelen ook nieuw te ontwikkelen, werd een ontwikkelteam opgericht. Hierbij moet vooral gedacht worden aan het:

- bedenken, uitwerken en implementeren van:
 - student-activerende, geïntegreerde, al dan niet ICT-rijke werkvormen;
 - ideeën over een studio-coursemodel voor wiskundige activiteiten, in het bijzonder de cursus *Methoden en technieken*.
- aanpassen van bestaand lesmateriaal en vertalen van bestaande *Mathematica*-notebooks in het Nederlands (een van de knelpunten in eerdere notebooks was dat studenten de Engelse taal als extra hindernis ervoeren, doordat ze vragen of uitleg soms niet of verkeerd begrepen);
- verzamelen van geschikte Java-applets voor de wiskundelessen.

Extra aandacht werd besteed aan de ondersteuning van studenten bij het gebruik van *Mathematica*. Dit betrof vooral:

- de beschikbaarstelling van lesmateriaal en cursusinformatie via internet;
- het zorgen voor quick-reference-cards;
- implementatie van een on line inlever- en nakijkmodule.

Tijdens de cursusontwikkeling werd gebruikgemaakt van de digitale werkruimte van het IBL-project (gerealiseerd met BSCW en later met Blackboard), waarin docenten/ontwikkelaars lesmateriaal in ontwikkeling, begeleidend materiaal, stukken in verband met dit studieonderdeel uitwisselden.

Cursusteam Een docent, drie co-docenten, een didactisch adviseur, een assistent.

- Evaluatie* In 2002-2003 werd de cursus geëvalueerd volgens het protocol dat ontwikkeld was in het IBL-project. De belangrijkste conclusies zijn dat de meeste studenten:
- het gebruik door de docent van *Mathematica*-notebooks tijdens het college als nuttig en verhelderend beoordeelden;
 - tevreden waren met het inlever- en nakijksysteem;
 - meenden dat de website van dit vak de organisatie en communicatie verbeterde;
 - ontevreden waren over de computerfaciliteiten ('studio-classroom was te ver weg') en vonden dat ze te veel tijd in computerwerk moesten stoppen;
 - vonden dat bij deze cursus om meer eigen activiteit gevraagd werd dan bij de meeste andere cursussen;
 - de *Mathematica*-notebooks en applets weliswaar van voldoende kwaliteit achtten, maar ook vonden dat die niet echt helpen bij het verwerken van de leerstof. Vermoedelijk kwam dit omdat de meeste studenten hun kennis van *Mathematica* onvoldoende vonden.

Uit de evaluatie en het tentamenresultaat bleek dat de studenten die met de pc hadden gewerkt, gemiddeld driekwart punt beter hadden gescoord op het computerpracticum dan de Unix-gebruikers, en dat ze op het tentamen vergelijkbaar scoorden. Het verschil in het behaalde practicumcijfer kon niet verklaard worden door de wijze van nakijken (alle assistenten hebben willekeurig werk nagekeken).

Het is merkwaardig dat er qua beleving van de cursus weinig verschillen tussen pc-gebruikers en Unix-gebruikers te zien waren. Pc-gebruikers waren het wel meer eens met de uitspraak dat de stof meer aansloot op de stof die ze eerder gehad hadden (misschien bedoelden ze daar het gebruik van de pc mee) en ze waren het minder eens met de uitspraak dat meer eigen activiteit gevraagd wordt dan bij andere cursussen (pc-gebruik werd wellicht als normaal beschouwd). Bij pc-gebruikers was er ook minder uitval bij practica dan bij Unix-gebruikers.

3.10 Fysische chemie

Elke voortoets bevatte twee soorten opgaven: opgaven die een concept toetsten (begrijpt de student wat een integraal is en waarvoor je die gebruikt?) en opgaven die een rekenvaardigheid toetsten (kan de student een integraal uitrekenen?).

Het gaat hier eigenlijk over twee vakken. Het eerste is *Structuur der materie 1*, een studieonderdeel in de propedeuse Scheikunde. Dit vak wordt nu in de bachelor-masterstructuur voortgezet en wordt zowel in het eerste jaar bachelor Scheikunde gegeven als bij een nieuwe bachelor aan de FNWI, Bio-exact. De cursus duurde in de IBL-projectperiode tien weken, waarvan er één aan het practicum besteed werd. Het tweede vak is *Fysische chemie practicumprojecten*, dat in het tweede studiejaar werd gegeven. Fysische chemie practicumprojecten bestond uit drie practicumprojecten van elk negen dagen. De projecten werden uitgevoerd in de onderzoeksgroep die het project organiseerde. De omvang van *Structuur der materie 1* is momenteel 6 EC en van *Fysische chemie practicumprojecten* 8,6 EC.

Allebei de delen bestonden al eerder en werden in het kader van dit project vernieuwd. Bij allebei de studieonderdelen werd Blackboard gebruikt. Bij de *Structuur der materie 1* werd voor het diagnostisch toetsen QuestionMark Perception ingezet, een toetssysteem dat vergeleken met de toetsmogelijkheden die in Blackboard worden aangeboden veel meer mogelijkheden geeft voor de analyse van de antwoorden van studenten en het geven van feedback.

Inhoud *Structuur der materie 1* was eigenlijk klassieke natuurkunde, geleerd in de context van moleculen en hun interacties, speciaal ontworpen voor chemici. Het vak was onderverdeeld in drie thema's:

- klassieke mechanica;
- elektrostatica;
- golven, interactie van licht met complexe materialen.

Fysische chemie practicumprojecten bestond uit de volgende projecten:

- Scanning Tunneling Microscopie (STM);
- Kristallografie;
- Milieuchemie.

Onderwijsvorm **Structuur der materie 1**

Structuur der materie 1 bestond uit hoorcolleges, werkcolleges in een computerzaal, en een practicum optica/vloeibare kristallen in een daarvoor ingerichte ruimte. Vernieuwend was de opzet, waar het leren van natuurkunde (mechanica, elektrostatica, licht) consequent gebeurde aan de hand van scheikundige voorbeelden. De verschillende fasen van het studio-coursemodel werden zoals hieronder beschreven ingevuld.

Bij dit vak werd wiskundige en natuurkundige voorkennis van studenten als een probleem ervaren. Er werd daarom besloten om studenten in staat te stellen om voor het begin van elk hoofdstuk na te gaan of zij de nodige voorkennis hadden, door middel van on line diagnostische toetsen. Daaraan gekoppeld was korte inhalstof, die in bijlagen bij de syllabus was verzameld. Ook de docent nam kennis van de resultaten van de toetsen en besteedde in het eerstvolgende hoorcollege aandacht aan onderwerpen die opvallende problemen opleverden. Het elkaar wederzijds informeren over nodige en aanwezige voorkennis werd als een belangrijk aspect van de oriëntatiefase gezien.

Het motiverende aspect van de oriëntatiefase werd bij deze cursus gerealiseerd door bij elk nieuw natuurkundig onderwerp direct chemische voorbeelden en terminologie te betrekken. Dit gebeurde in klassieke hoorcollegestijl en in het collegedictaat. De leestekst van de syllabus werd telkens onderbroken door vragen die bedoeld waren om studenten te laten nadenken over de zojuist gelezen stof. Een deel van deze vragen was conceptueel. Een ander deel van deze vragen had als doel het lezen 'met pen en papier bij de hand' te stimuleren, om bijvoorbeeld ontbrekende stappen in een bewijs aan te vullen, of om na te denken over de voorwaarden waaronder het bewijs geldig is. Het ging in beide gevallen om kritisch lezen van de voorafgaande alinea of het voorafgaande bewijs.

Verder was de geleide verkenning ingevuld met de klassieke voorbeelden in de tekst, met bijbehorende oefeningen aan het eind van het hoofdstuk. Deze oefeningen gingen geleidelijk over in de meer pittige opgaven, waarvan de uitwerking niet was voorgedaan en die we dus tot de vrije verkenning rekenden.

Elk hoofdstuk eindigde met vraagstukken waar het probleemoplossen werd geoefend.

Bij een deel van de opdrachten werden animaties gemaakt. Nadat de student door algebra en rekenen een probleem had opgelost, kon hij zijn oplossing vergelijken met de animatie. Elk van deze animaties had instelbare parameters, waardoor de student zijn begrip van de door rekenen verkregen oplossing kon uitbreiden door diverse varianten van het probleem te bekijken. Bij deze animaties werden vragen gesteld die tot redeneren aanzetten. Een deel van deze animaties kwam terug in de diagnostische natoets bij het hoofdstuk.

Het practicum aan het eind van de cursus had de vorm van een onderzoeksproject, waarbij theorie uit de cursus nodig was. Gezien vanuit de theoriecursus was dit een vrije verkenning: er werd van studenten verwacht dat zij kunnen kiezen welke theorie te gebruiken, en hoe.

De natoets hoorde bij een reflectiefase, die hier beperkt bleef tot vaststellen of men de stof beheerste (reflectie op het eigen kunnen in engere zin). Vragen specifiek gericht op het krijgen van overzicht over de stof als geheel waren nog niet opgenomen.

Diagnostische toetsing

De belangrijkste vernieuwing in het kader van IBL bestond uit de diagnostische toetsen. De andere bovengenoemde werkvormen waren namelijk al eerder ontwikkeld. Bij elk hoofdstuk werd een voor- en een natoets gemaakt. De voortoets bij het eerste hoofdstuk was het meest uitgebreid, omdat een groot deel van de wiskundevoorkennis voor deze cursus al meteen aan het begin nodig was. Elke voortoets bevatte twee soorten opgaven: opgaven die een concept toetsten (begrijpt de student wat een integraal is en waarvoor je die gebruikt?) en opgaven die een rekenvaardigheid toetsten (kan de student een integraal uitrekenen?).

In de natoets bij elk hoofdstuk was nog een derde soort vragen opgenomen, om te toetsen of het hoofdstuk was gelezen en onthouden. Dit werd gezien als een voorwaarde voor het begrijpen van de stof of het kunnen uitvoeren van berekeningen.

Alle toetsen werden in de ontwikkelteam van het studieonderdeel *Structuur der materie 1* op maat ontworpen en voordat deze aan de studenten werden voorgelegd nog eerst uitgetest door vijf aio's, die daarna gedetailleerde kritiek gaven op de opgaven: ze drukten screenshots af en schreven hun commentaar daarbij.

De voortoets voor een hoofdstuk was voor de studenten tegelijk met de natoets van het vorige hoofdstuk beschikbaar tot enkele uren voordat het hoorcollege over het nieuwe hoofdstuk begon. Deze uren werden in het eerste jaar van het project gebruikt om de toetsresultaten te analyseren en met de docent te bespreken. Deze was dan nog juist voor het begin van het hoorcollege geïnformeerd. In het tweede jaar was de behoefte aan deze informatie minder groot, omdat de resultaten minder verrassingen bevatten.

Onderwijsvorm Fysische chemie practicumprojecten

Elk van de drie practicumprojecten ging over een ander fysisch-chemisch onderwerp. Bij elk van deze onderwerpen speelde theorie een belangrijke rol. De

bedoeling was dat studenten deze theorie begeleid-zelfstandig bestudeerden. Er werd verwacht dat studenten dit lastig zouden vinden. In fysisch-chemische literatuur speelt namelijk wiskunde (algebra, differentiaalrekening) een grote rol en is dit vaak een belangrijk onderdeel van het betoog. Scheikundestudenten houden niet per se van wiskunde en zij zijn er ook niet per se goed in; hierin verschillen zij van de meeste natuurkundestudenten. Er werd daarom besloten om bij het lezen van de nodige literatuur hulp aan te bieden in de vorm van leesopdrachten. Doel was om studenten fysisch-chemische teksten kritisch te leren lezen op research-niveau, zodanig dat zij die kennis actief konden gebruiken in het verslag van hun experiment.

In de practicumhandleiding stonden naast aanwijzingen voor de uitvoering van de proef ook aanwijzingen voor de verwerking van de resultaten. Deze waren zodanig gekozen, dat de studenten hierbij de bestudeerde theorie nodig zouden hebben. Ze waren bovendien zo open geformuleerd, dat er gelegenheid was voor eigen initiatief bij het verwerken en interpreteren van de resultaten. Anderzijds moesten die aanwijzingen genoeg structuur geven om te zorgen dat er iets geleerd werd.

Bij alle proeven werden digitale hulpmiddelen gebruikt, onder andere databases die via internet toegankelijk waren (eco-toxicologie, kristalstructuren) en Excel-worksheets. Deze hulpmiddelen werden geïntegreerd aangeboden in de digitale leeromgeving (gerealiseerd met Blackboard).

Fasen in het onderwijsontwerp

De diverse fasen van het studio-coursemodel waren in deze opzet als volgt te herkennen. Bij elk practicumproject was er een onderzoeksvraag die in een halve bladzijde werd toegelicht. Het project begon met een korte bespreking naar aanleiding van deze vraag: de oriëntatiefase. De leesopdrachten bij de literatuur konden gezien worden als geleide verkenning van lastige teksten. De verwerking van deze literatuur in het experimentele verslag was de bijbehorende vrije verkenning.

*Cursus-
ontwikkeling
en
cursusteam*

Structuur der materie 1

In een eerste brainstormsessie werden bij het ontwikkelen van *Structuur der materie 1* de doelen voor de on-linetoetsen vastgesteld en voorbeelden van mogelijke vragen voor de eerste toetsen bedacht. Na de productie van de eerste toets volgde een demonstratie en werden de drie vraagtypen vastgelegd, en de inbedding van de toetsen in de cursus. Hierna heeft het productieteam een tijd lang getweeën gewerkt, met medewerking van veel aio's, die als proefkonijnen de toetsen beantwoordden en becommentarieerden.

Cursusteam Structuur der materie 1

Twee docenten, een didactisch adviseur, een assistent.

Fysische chemie practicumprojecten

Nadat het idee van begeleide zelfstudie in het ontwikkelteam van *Fysische chemie practicumprojecten* was besproken, werd in kleinere groepen gewerkt om de teksten te schrijven. De didactisch adviseur schreef opdrachten voor twee van de drie projecten, verder deed hij de technische eindredactie (lay-out) van de bundel.

Cursusteam fysische chemie practicumprojecten

Vier docenten, een didactisch adviseur.

Evaluatie Beide jaren werd de cursus *Structuur der materie 1* geëvalueerd via het vragenformulier van het IBL-evaluatieprotocol. Daarnaast werden in het eerste jaar van het project interviews gehouden met studenten, over de invloed van de diagnostische toetsen op hun studeergedrag.

Een meerderheid – negen van de twaalf in 2003 – van de studenten vond dat de elektronische toetsen hielpen om tekorten in de eigen voorkennis op tijd te ontdekken. De meesten (acht) vonden bovendien dat de toetsen hielpen om bij te blijven. Dit ‘helpen om’ betekende echter niet dat studenten daadwerkelijk bijbleven tijdens de cursus. Het vak *Structuur der materie 1* werd zowel inspirerend (acht op twaalf), nuttig (tien) als zwaar gevonden: zes van de tien ontkenden dat het vak te doen was in de tijd die ervoor stond. Dit werd bevestigd door de tentamencijfers: drie voldoende op twaalf deelnemers in 2003, van wie er acht een cijfer kregen.

De docenten concludeerden dat sommige doelen bereikt waren: het nut van klassieke natuurkunde was duidelijk; iets wat in 't verleden wel een probleem was geweest. De aanpak om natuurkunde te leren aan de hand van chemische terminologie en toepassingen werkte. Ook was het gelukt studenten te informeren over hun voortgang. Dat bleek niet genoeg te zijn om hen ‘bij de les’ te houden.

Volgend jaar zullen de toetsen een andere functie krijgen binnen de cursus. Aan het begin – in plaats van aan het eind – van de werkcolleges wordt tijd gemaakt voor een toets. Deze dient om na te gaan of studenten het werkcollege hebben voorbereid. Op zijn minst moeten zij tonen het hoofdstuk gelezen te hebben. Het doel is de werkcollegetijd efficiënter te kunnen besteden. Daarnaast blijven de tot nu toe ontwikkelde toetsen beschikbaar voor studenten, om voorkennis en beheersing van het hoofdstuk te toetsen, en als oefenstof.

Om de relevantie van de pretests na te gaan, werd gekeken of uitslagen van studenten correleerden met de bijbehorende eindtest. Er waren tachtig paren voortoets-natoets-uitslagen, 27 in 2002 en 53 in 2003. We vonden correlaties van respectievelijk 0,44 en 0,22, significant op het 1%- respectievelijk 5%-niveau. We concludeerden dat de geteste voorkennis inderdaad merkbaar relevant was voor de stof van dit vak.

Fysische chemie practicumprojecten werd in het tweede jaar (2003) alleen geëvalueerd via een evaluatiegesprek, georganiseerd ten behoeve van de onderwijscommissie. Het eerste jaar (2002) werd bovendien de enquête gehouden volgens het formulier van het evaluatieprotocol. Dit werd door acht van de 24 deelnemers aan de cursus ingevuld.

Deze cursus werd vaker negatief beoordeeld. Zo vond de helft van de respondenten in 2002 deze cursus *niet* leuk en inspirerend en werd de opgedane kennis niet als nuttig beoordeeld. Het is aannemelijk dat de kwaliteit van de begeleiding bij een van de projecten (als gevolg van een taalbarrière) de oorzaak van deze beoordeling was. Dit punt kwam beide jaren consequent terug. Integratie van praktijk en theorie werd door drie van de zeven studenten als niet goed beoordeeld. De leesopdrachten werden wel nuttig gevonden, en ook vond men dat deze theorie nodig was bij deze experimenten. De meeste studenten (vijf van de zeven) vonden wel dat zij de leerdoelen bij deze cursus hadden gehaald.

3.11 Celbiologie 1

Tijdens de eerste bijeenkomst stelden de studenten een begrippennetwerk op. Hierbij reflecteerden de studenten op de kennis die ze in de eerste vijf weken van de cursus opgedaan hadden.

Celbiologie 1 was een eerstejaarscursus van de opleidingen Biologie, Biomedische wetenschappen en Psychobiologie aan de UvA. De cursus werd vanaf eind oktober tot begin december gegeven en omvatte 10 EC. Het onderwijs was op klassieke wijze ingedeeld in hoorcollege, werkcollege, practicum en werd afgesloten met een projectweek. De afsluitende projectweek was een verzameling van open projecten waarin studenten zelf een vraagstelling formuleerden en beantwoordden. In dit gedeelte werden elementen van het studio-coursemodel toegepast. Het eerste jaar deden circa 120 studenten mee aan deze cursus.

Kader 3.1

Voorbeeld van een thema bij Celbiologie 1

De eeuwige jeugd

Mensen worden steeds ouder en doen steeds meer moeite om jonger te lijken en zich jonger te voelen. Het is daarom niet verwonderlijk dat er veel geld zit in onderzoek naar de oorzaken van ouderdom. Er lopen veel mensen rond op deze wereld die geld over hebben om hun leven wat langer te laten duren.

Een onderzoeker wil zich gaan bezighouden met het tegengaan van verouderen. Hij weet dat cellen niet oneindig delen. Na een aantal delingen stoppen de cellen en na verloop van tijd sterven ze. Als hij echter het proces van de celdeling bestudeert ziet hij niet direct in waarom cellen niet oneindig zouden kunnen blijven delen. Bovendien bedenkt hij dat kankercellen en kankercellijnen wel ongeremd kunnen delen. In de literatuur vindt hij vervolgens dat in kankercellen een hoge activiteit van het enzym telomerase voorkomt.

Dit lijkt een belangrijk aanknopingspunt. Telomerase kan wel eens de sleutel zijn om veroudering tegen te gaan. De onderzoeker besluit om telomerase als uitgangspunt van zijn onderzoek te nemen. Heeft telomerase iets te maken met ouderdom?

Startliteratuur:

<http://www.infoaging.org/b-tel-home.html>

Informatie over telomerase en ouderdom. In het Engels.

<http://www.accessexcellence.org/LC/ST/st10bg.html>

Artikel over een wetenschapper, dr. Jerry W. Shay die onderzoek doet naar telomerase en de ouderdom van cellen

Inhoud Tijdens de projectweek formuleerden de studenten zelf een vraag over een specifiek celbiologisch onderwerp. De studenten konden kiezen uit vijf thema's (zie kader 3.1):

- de eeuwige jeugd;
- Taxol: zeldzaam wondermiddel;
- gekke koeien, bange mensen en prionen;
- hoog cholesterol op jonge leeftijd;

- zonnestralen, UV-straling en kanker.

Onderwijsvorm De projectweek was gebaseerd op de leerprincipes van probleemgestuurd onderwijs (PGO). Er was bewust voor het PGO-model gekozen omdat dit goed aansloot bij de aard van de projectweek: een compleet open project waarbij studenten zelf een vraagstelling formuleerden en beantwoordden. Probleemgestuurd wil zeggen dat de studieactiviteiten van studenten werden gestuurd door een realistisch probleem uit het dagelijks leven. Deze integratie van theorie en praktijk was ook een van de doelen van het studio-coursemodel. Bovendien is PGO gebaseerd op zelfwerkzaamheid en een actieve studiehouding van studenten, wat ook belangrijke uitgangspunten van het studio-coursemodel zijn.

De projectweek was opgezet volgens de *Zevensprong*-methode, zeven stappen waarbij de principes van PGO werden toegepast (zie kader 3.2). De rol van de docent veranderde bij deze vorm van onderwijs. In plaats van te doceren, trad de docent veel meer op als begeleider van een groep. De docent stelde vragen, stimuleerde en motiveerde studenten om zelf op zoek te gaan naar antwoorden. De docent bleef altijd het contact waarop de studenten met vragen en andere problemen konden terugvallen.

Kader 3.2

De zevensprong van de projectweek

	Zeven stappen	Projectweek
Stap 1	Begrijpen onbekende begrippen	De docent licht de achtergrond van de inleidende tekst toe en beantwoordt eventuele vragen.
Stap 2	Analyseren probleemstelling	Bij elke tekst wordt een algemeen probleem gegeven. Voordat aan de brainstorm begonnen wordt, zal met de groep het probleem geanalyseerd moeten worden. Er wordt een begrippennetwerk gemaakt (zie voorbeeld).
Stap 3/4	Brainstormen en deelvragen verzinnen	Met de groep wordt over het probleem gebrainstormd. Er worden aan de hand van het probleem verschillende vragen over het onderwerp verzonden. De docent houdt de structuur in de gaten.
Stap 5	Deelvragen formuleren	Per groepje van vier studenten wordt er één deelvraag geformuleerd.
Stap 6	Zelfstudie	Studenten proberen in tweetallen een antwoord te vinden op hun deelvraag.
Stap 7	Rapportage, beoordeling en afsluiting	Halverwege de projectweek geven de studenten een korte mondelinge presentatie over hun resultaten. Aan het einde maken de studenten een PowerPoint presentatie over hun deelvraag. De presentaties worden beoordeeld door zowel de studenten als de docenten. In een afsluitende bijeenkomst toont een docent de beste PowerPoint presentaties aan alle eerstejaars.

In de projectweek heeft ook ICT een bepaalde rol gekregen, vooral in de reflectiestappen.

Tijdens de projectweek werkten de studenten in groepjes aan een vakoverstijgend onderwerp rondom celbiologie. De studenten formuleerden aan het begin van de week zelf drie deelvragen binnen hun onderwerp, die ze vervolgens in tweetallen probeerden te beantwoorden. Ieder tweetal nam één deelvraag voor zijn rekening

en elke deelvraag werd dus door twee koppels beantwoord. Dit resulteerde in een korte mondelinge presentatie halverwege de week (woensdag) en een PowerPoint- en posterpresentatie aan het eind van de week (vrijdag). Elk onderwerp was gekoppeld aan een docent. Er werd gewerkt in twaalf groepen van tien à twaalf studenten.

In grote lijnen zag de projectweek er als volgt uit:

- op maandagochtend was er een inleidende bijeenkomst voor iedere groep met hun docent. Aan de hand van de Zevensprong bedacht de groep deelvragen binnen het thema (zie kader 3.2);
- op maandagmiddag en dinsdag werkten de studenten in tweetallen aan hun eigen deelvraag. De docent was per mail bereikbaar voor inhoudelijke vragen. Op dinsdag of woensdag kreeg iedere student ook een training in het gebruik van PowerPoint;
- op woensdagochtend moest ieder studentenkoppel binnen zijn groep een korte presentatie van vijf minuten houden over de resultaten die zij gevonden hadden. Vervolgens werd er gediscussieerd over de informatie die iedereen gevonden had;
- woensdagmiddag werd het werken aan de deelvragen afgerond. Ieder koppel voegde zijn resultaten samen met de resultaten van het andere tweetal dat aan dezelfde deelvraag gewerkt had;
- op donderdag maakte iedere groep een overzichtsposter en drie PowerPoint-presentaties (over elke deelvraag een presentatie);
- op vrijdagochtend werden de posters en PowerPoint-presentaties aan iedereen gepresenteerd. Iedere student beoordeelde vier andere PowerPoint-presentaties en maakt een ranglijst van de posters;
- de projectweek werd aan het einde van de laatste ochtend plenair afgesloten in de collegezaal met de uitslag van de beoordeling van de PowerPoint-presentaties en de posters.

In de projectweek waren de volgende fasen van het studio-course-model te onderscheiden.

Bij de start van de projectweek was de fase van geleide verkenning grotendeels al achter de rug. Tijdens de eerste vijf weken van de cursus waren belangrijke begrippen en processen binnen de celbiologie behandeld. Er vond nog een klein stukje geleide verkenning plaats tijdens de eerste bijeenkomst als de docent het thema toelichtte (stap 1 van de Zevensprong, kader 3.2).

Tijdens de eerste bijeenkomst werd de probleemstelling geanalyseerd en werden deelvragen geformuleerd (stap 2, 3, 4 en 5 van de Zevensprong). Dit was de oriëntatiefase van de projectweek: studenten bedachten wat ze zouden gaan doen en welke kennis ze daarvoor nodig zouden hebben. Deze vorm van de oriëntatiefase was specifiek aangepast aan een open project als de projectweek.

De rest van de projectweek was vrijwel helemaal vrije verkenning. Met behulp van de reeds verworven vakkennis gingen de studenten in tweetallen zelfstandig op zoek naar informatie om hun eigen deelvraag te beantwoorden (stap 6 van de Zevensprong). Aan het eind van de week resulteerde dit in een PowerPoint-presentatie over de deelvraag en een poster over het hele thema, inclusief de verschillende deelvragen (stap 7 van de Zevensprong). De presentaties dwongen de studenten om de informatie geordend aan te bieden en hoofdlijnen te onderscheiden van bijzaken.

In de projectweek zaten drie afzonderlijke reflectiemomenten:

1. tijdens de eerste bijeenkomst stelden de studenten een begrippennetwerk op. Hierbij reflecteerden de studenten op de kennis die ze in de eerste vijf weken van de cursus opgedaan hadden;
2. tijdens de tweede bijeenkomst gaven de studenten een korte mondelinge presentatie over de eigen resultaten. Hierbij gaven de studenten een overzicht van wat ze wilden (deelvraag), wat ze gevonden hadden (informatie) en wat ze nog moesten doen;
3. tijdens de derde bijeenkomst beoordeelden de studenten elkaars presentaties. De studenten stelden een ranglijst van de posters op. De PowerPoint-presentaties werden beoordeeld aan de hand van een aantal van tevoren vastgestelde criteria. Iedere student bekeek vier PowerPoint-presentaties en kreeg een beperkt aantal stickertjes ('punten') om over deze presentaties te verdelen. Hierdoor werden de studenten gedwongen om presentaties op een aantal punten kritisch te bekijken en onderling te vergelijken.

Cursus-ontwikkeling Er werd een ontwikkelteam opgericht om de opzet van de projectweek uit te werken en de handleidingen te schrijven. Het ontwikkelteam was vooral in de periode voorafgaand aan de projectweek actief (begin mei tot eind oktober). Tijdens deze periode werd het rooster voor de projectweek gemaakt en werd een docentenhandleiding (voor de docenten die de projectweek begeleidde) en een studentenhandleiding ontwikkeld.

In de digitale leeromgeving van het IBL-project (gerealiseerd met Blackboard) was een cursusmap voor de docenten en ontwikkelaars aangemaakt, waarin al het ontwikkelde materiaal en de begeleidende stukken gearchiveerd werden.

Cursusteam Zes docenten, waarvan vier begeleidende docenten, een didactische adviseur, een assistent.

Evaluatie De projectweek werd geëvalueerd volgens het evaluatieprotocol dat in het kader van het IBL-project ontwikkeld was. De studenten hebben aan het eind van de afsluitende bijeenkomst een vragenlijst ingevuld. Hiervoor werd het belevingsonderzoeksformulier gebruikt. Daarnaast werd de projectweek ook door alle betrokken docenten geëvalueerd tijdens een bijeenkomst na afloop van de projectweek.

De meningen van de studenten over de projectweek waren verdeeld: ongeveer de helft van de studenten vond de projectweek inspirerend en vond het leuk om andermans presentaties te beoordelen. De docenten hadden over het algemeen de indruk dat de studenten redelijk enthousiast waren.

Een grote meerderheid van de studenten vond dat er tijdens de projectweek meer eigen activiteit gevraagd werd dan tijdens de rest van de module. Tegelijkertijd vonden ze dat alle opdrachten goed in een week te doen waren. De meesten hadden er 16 tot 24 uur aan besteed. Niet alle studenten vonden de projectweek nuttig: een aantal studenten gaf aan dat ze liever voor het tentamen geleerd hadden. Bij de voorbereiding van de tweede projectweek werd geprobeerd om dit gevoel te ondervangen door twee dagdelen in te roosteren als tentamenvoorbereiding. Studenten hoefden geen 40 uur aan de projectweek te besteden en op deze manier maakte je duidelijk dat ze ook al iets voor het tentamen konden doen.

De studenten waren vrijwel allemaal tevreden over de handleiding en ze wisten wat er van ze verwacht werd. Veel studenten vonden de beoordeling van de projectweek wel onduidelijk. Na de eerste projectweek waren er duidelijkere beoordelingscriteria geformuleerd en zowel in de studenten als docenten-handleiding opgenomen.

De docenten vonden het leuk om de projectweek te begeleiden, ook al was de begeleiding intensief en vermoeiend. Het verschil tussen de groepen was soms opmerkelijk: een paar enthousiaste studenten konden de rest meetrokken. Andersom gebeurde ook.

Over het algemeen vonden de docenten dat de projectweek moet blijven. In de projectweek werd celbiologie geïllustreerd aan de hand van voorbeelden en de week werkte enthousiasmerend. Dat de studenten leren presenteren, werd gezien als een meerwaarde. De studenten waren duidelijk al erg behendig in het zoeken van informatie. Dat was kennelijk niet nieuw voor ze. De docenten vonden het goed dat dit in het eerste jaar zit. De docenten vonden het maken van een poster minder interessant dan het maken van een PowerPoint-presentatie. Tijdens de voorbereiding van de tweede projectweek was daarom het maken van een poster geschrapt en maakten alle studenten in tweetallen een PowerPoint-presentatie.

Helaas ging de projectweek in het tweede jaar niet door. Oorzaak hiervan was een plotselinge stijging van het aantal eerstejaarsstudenten, van 120 tot 170. Dit veroorzaakte grote logistieke problemen binnen de cursus, met name omtrent het practicum. Vanwege de beperkte capaciteit van de practicumzaal en het tekort aan apparaten moest het practicum nu drie keer gegeven worden in plaats van twee keer. Hierdoor zouden de projectweek en het practicum parallel moeten lopen en dat was logistiek onmogelijk. Beide onderdelen maakten gebruik van dezelfde zalen en dezelfde docenten. Op het moment dat duidelijk werd dat de projectweek niet door zou gaan, lagen de verbeterde roosters, studenten en docentenhandleiding al klaar. De verantwoordelijke docenten betreurden het zeer dat de projectweek kwam te vervallen en zullen de projectweek het volgende jaar weer invoeren, afhankelijk van het aantal studenten.

3.12 Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen

Voor elke thema van de vijf was er een week gereserveerd. Binnen een week was het studieonderdeel op twee dagen ingeroosterd. Op de laatste dag van de week werkten studenten zelfstandig aan de opdrachten, waarvoor een computerzaal ter beschikking werd gesteld.

Het studieonderdeel *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* was een nieuw studieonderdeel ontwikkeld in het kader van het project Interactieve Bèta Leeromgeving. Dit studieonderdeel was bestemd voor de derdejaarsstudenten Aardwetenschappen. De cursus had 5 EC punten, duurde zes weken en was ingeroosterd op drie dagen per week. De laatste dag in de week was gereserveerd voor zelfstandig werken. In de loop van het project werd deze cursus twee keer gegeven. In het tweede jaar werd op basis van

de evaluatie de cursus geoptimaliseerd. Elk jaar deden circa 20 studenten mee aan deze cursus.

- Inhoud* Inhoudelijk was de cursus verdeeld in vijf thema's:
- introductie MATLAB;
 - warmtestroming in de bodem en regeninterceptie (PDV's);
 - diffusie (grondwaterstroming en erosie in een landschap);
 - cellulaire automaten (lawines, tigerbush, bosbrand);
 - neurale netwerken (Daisy world, transpiratie van een vegetatie).

In het kader van elk thema maakten studenten kennis met een simulatietechniek. De volgende modelleertechnieken kwamen aan bod: deterministische modellen, ruimtelijke dynamische modellen, cellulaire automaten en artificiële neurale netwerken. Er werd aandacht besteed aan de complexiteit van modellen, data-behoefte en parameteridentificatie.

De student bouwde kennis van verschillende modelleertechnieken op. Hij/zij leerde wat de mogelijkheden en beperkingen van deze technieken zijn. Bij een gegeven probleemstelling kon een student op basis van zijn kennis de juiste simulatietechniek kiezen en deze toepassen in de gegeven situatie (ecosysteem). De student bouwde een basisvaardigheid in de computertaal MATLAB op. In het eerste jaar dat deze cursus werd gegeven, werd er ook met Delphi gewerkt, omdat de studenten hiermee al in het tweede jaar hebben kennism gemaakt. Uit evaluatie-onderzoek bleek echter dat het gebruik van twee computertalen problemen gaf met het vak en werd vervolgens besloten om bij dit vak alleen nog maar met MATLAB te werken. Deze software wordt ook verder in de opleiding steeds gebruikt. Inmiddels wordt in de studieprogramma's van de Aardwetenschappen aan de UvA geen Delphi meer gebruikt.

- Onderwijsvorm* MATLAB had een belangrijke rol bij dit vak. Eén dag (de eerste) werd besteed aan het leren werken met MATLAB. In de rest van de tijd werden de onderwijsvormen geïntegreerd en werd van studenten veel zelfstandige inspanning verwacht. Bij dit studieonderdeel werd Blackboard gebruikt om er lesmateriaal in MATLAB ter beschikking te stellen, de mededelingen te verstrekken, en om de uitgewerkte opdrachten in te leveren.

De eerste bijeenkomst bij het begin van een nieuw thema was bedoeld als introductie en motivatie. De docent gaf bij het begin van drie thema's een college (van ongeveer één uur). De rest van de thema's (ook drie) begon hij met een activiteit die behalve een introductiefunctie ook een sterk motiverende functie had, namelijk een experiment. Zo werden zandorganisatie, een spelletje als zelf een waterkraan besturen en een voorbeeld-computermodel als Daisyworld als experimenten gebruikt. De rest van de eerste dag van een thema (de middag) waren studenten opdrachtgericht bezig – ze werkten allemaal aan dezelfde opdracht(en).

- Op dezelfde dag kregen studenten nog twee teksten mee om te lezen:
- *introductietekst*: de tekst van het introductiecollege of een tekst die andere activiteiten ondersteunt (als naslagwerk);
 - *voorbereidingstekst*: met een meer open opdracht voor de tweede ingeroosterde dag die was gereserveerd voor hetzelfde thema.

Op de tweede dag van een thema kreeg eerst een gastspreker de gelegenheid om te vertellen hoe een modelleeractiviteit als onderdeel van het onderzoek kan functioneren.

3. De cursussen

De rest van de tweede dag van een thema werkten studenten aan de tekstopdracht en aan het open probleem. Elke student kreeg de gelegenheid om zelfstandig achter een computer te werken. Werken in koppels werd toegestaan. De studenten werkten allemaal in een computerzaal. Studenten werden gestimuleerd om bij een probleem een collega te benaderen die aan een dergelijke opdracht werkt en daarmee het probleem te bespreken.

De studenten werd gevraagd om zelf tentamenvragen te ontwikkelen. De allerbeste vragen werden benut voor het tentamen. Op alle vragen werd door de docent centraal feedback gegeven. Hiermee werd een reflectie gedaan op de opgedane kennis en de studenten kregen beter inzicht in de structuur van het vak. De studenten hebben deze activiteit hoog gewaardeerd.

Beoordeling Aan het eind van de cursus was er een tentamen met theorievragen en een programmeeropdracht die op de computer werd uitgevoerd, een slotopdracht. Hierin werden verschillende simulatietechnieken gecombineerd. Het inleveren van de tijdens de cursus gemaakte opdrachten werd meegenomen in de eindbeoordeling.

Cursus-ontwikkeling Om het studieonderdeel efficiënt te kunnen ontwikkelen, werd een ontwikkelteam opgericht. Omdat er drukke en minder drukke perioden plaatsvonden, was het team niet de hele tijd gelijk actief. In de drukke periode – voor het begin van het studieonderdeel – kwam het team minstens eens in de twee weken bij elkaar voor overleg. Er werden brainstormsessies gehouden en er werd over de doelen gesproken. Vervolgens werd gewerkt aan het ontwikkelen van het lesmateriaal. Om de ontwikkelingen goed te laten verlopen, werd in het team ook een student-assistent aan het werk gezet.

In de voorbereidingsperiode hebben de nog niet met Blackboard bekende teamleden kennisgemaakt met deze tool, in een op maat gegeven training.

In de digitale werkruimte van het IBL-project (gerealiseerd met Blackboard) werd een cursusmap aangemaakt voor de docenten/ontwikkelaars, om het begeleidend materiaal en de stukken in verband met dit studieonderdeel en zijn ontwikkeling te kunnen archiveren.

Cursusteam Een docent, een gastdocent, een didactisch adviseur, zes assistenten.

Evaluatie Het studieonderdeel werd geëvalueerd volgens het evaluatieprotocol dat was ontwikkeld in het kader van IBL-project. Bij de laatste bijeenkomst voor het tentamen hebben de studenten het studieonderdeel geëvalueerd. Hiervoor werd het belevingsonderzoeksformulier gebruikt dat deel uitmaakte van het evaluatieprotocol dat ontwikkeld was in het kader van het IBL-project. De studenten hebben deze cursus positief ervaren. Zelfstandigheid en zelf actief zijn bij deze cursus hebben ze zeer hoog gewaardeerd. De ervaring dat ze zelf tentamenvragen ontwerpen (de reflectiefase) werd door de studenten goed gewaardeerd. De werkzaamheid van studenten was zeer hoog: bijna alle studenten hebben alle opdrachten ingeleverd en geen lessen gemist.

De verantwoordelijke docent was zelf na het eerste jaar niet helemaal tevreden met het lesmateriaal en heeft dit in het tweede jaar op een aantal punten verbeterd.

Bij deze cursus werd uitvoerig gebruikgemaakt van Blackboard. Alle opdrachten,

de meeste in MATLAB, werden op de Blackboard-site beschikbaar gesteld, de studenten hebben hun werkstukken ingeleverd via DropBox, een functionaliteit van Blackboard. Uit de bezoekersstatistieken bleek dat het bezoek van de site heel hoog was, in totaal 6187 hits. Opvallend was dat de studenten de site bijna alleen tijdens de contact-uren op maandag, woensdag en vrijdag bezochten. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de studenten thuis geen beschikking hadden over MATLAB.

De ervaring van de docent was dat het discussieforum of de chatsessie die opgezet werd in Blackboard weinig opleverde als studenten samen in een zaal zaten. Deze functionaliteit werd niet gebruikt door de studenten. Veel betere resultaten met samen leren, van elkaar leren en met de uitwisseling van meningen onder studenten werden geboekt als studenten door de docent werden aangemoedigd om bij een probleem af te stappen op een collega die zich met een dergelijke opdracht bezig hield.

3.13 Simuleren en programmeren

In een studio-course kun je als docent eenvoudig een rondje lopen en een indruk krijgen van wie de zwakkeren en de sterkeren zijn, zonder dat je hoeft te wachten op een tentamen dat dergelijke gegevens ook genereert, maar dan helaas te laat.

Het ontwikkelen van het vak *Simuleren en programmeren* was oorspronkelijk niet opgenomen in het projectplan van het IBL-project. Dit was een nieuw bachelorvak en kon volgens het rooster pas na afloop van het IBL-project worden uitgevoerd. Het was een verplicht vak voor wiskunde- en bio-exact-studenten. Daarnaast stond het open voor keuzevakkers natuur-, schei- en sterrenkunde. In het voorjaar 2004 waren ook twee psychologiestudenten aanwezig, die een minor wiskunde volgden, en werd het vak (meestal on line) bekeken door twee aio's psychologie. Het maximale aantal aanwezige studenten was 27 in een studio-classroom met ruimte voor 32 personen en zestien laptops. Nadat in de eerste drie weken een aio psychologie en twee studenten de cursus hadden verlaten – geen tijd, of toch niet wat men zich ervan had voorgesteld – bleef een groep van 24 over. Eén hiervan moest halverwege de cursus wegens zwaar onvoldoende tussenresultaten de toegang tot het projectwerk worden ontzegd. De overige 23 studenten slaagden allemaal voor het vak, met bovengemiddeld hoge cijfers.

- Inhoud* In het eerste deel van de cursus maakten studenten achtereenvolgens kennis met:
- het besturingssysteem Unix;
 - het computerprogramma MATLAB;
 - de scriptingtaal Perl.

Unix is een in de academische wereld veelgebruikt besturingssysteem waarvan Linux een bekende kloon is. In twee weken boden we de studenten een korte praktische introductie in het gebruik van Unix aan, onder het motto 'snel aan de slag en al doende leert men'. De belangrijkste doelstellingen waren om de studenten vertrouwd te maken met de belangrijkste Unix-commando's en met het beheer van bestanden en processen.

3. De cursussen

De introductie tot MATLAB was iets uitgebreider en besloeg drie weken. Dit cursusonderdeel was enerzijds bedoeld als inleiding in het gestructureerd en efficiënt programmeren en fungeerde anderzijds als etalageplatform voor enkele aansprekende voorbeelden (priemgetallen, kettingbreuken, Collatz-vermoeden). Aan bod kwamen veelgebruikte programmaconstructies als herhaling, conditie, recursie en vectorisatie, alsmede onderwerpen als complexiteit (toegelicht aan de hand van sorteringsalgoritmen), ontwerp en documentatie van een programma.

Vervolgens werd in twee weken kennism gemaakt met Perl. Deze scriptingtaal werd met name belicht vanuit het gezichtspunt van computationele chemie en de bio-informatica (in het bijzonder aan de hand van DNA-sequencing). De twee aangeboden projecten waarin Perl daadwerkelijk door studenten gebruikt kon worden, kwamen ook uit deze hoek: simulatie van het gedrag van het element argon en de vergelijking van eiwitstructuren door hun opeenvolgingen van aminozuren te bestuderen.

Het tweede deel van de cursus bestond uit groepsprojecten waarin de geleerde vaardigheden werden toegepast op het simuleren van complexere processen van wis-, natuur- en scheikundige dan wel biologische aard. Elk projectteam bestond uit drie à vier personen waarvan de samenstelling en projectkeuze in overleg met de docent totstandkwamen. Sommige projecten gingen over moderne numerieke oplosmethoden voor steeds weer terugkerende problemen binnen de ‘computational sciences’. Weer andere projecten hadden een bio-exact-achtergrond waarin algoritmes werden geïmplementeerd die belangrijke parameters in een levende cel beschrijven. In 2004 werden de volgende projectonderwerpen aangeboden (tussen haakjes geven we aan hoeveel teams hierop hun keuze hebben laten vallen):

- tomografie in Flatland (1);
- Sturm-Liouville-problemen (0);
- Conway’s Game of Life (2);
- het vier-op-een-rijspel (2);
- Similarity in Proteins (1);
- Simulating Argon (0).

Opvallend was dat met name de natuurkundestudenten meer op hadden met het vier-op-een-rijspel en Conway’s Game of Life.

Onderwijsvorm Het bachelorvak besloeg in totaal zestien weken: zeven weken onderwijs, een toetsweek, zeven weken onderwijs, een toetsweek.

In de eerste zeven weken was er eenmaal per week op dinsdagmiddag viermaal 45 minuten contactonderwijs in een studio-classroom, met drie pauzes van een kwartier. In deze werkruimte konden studenten zowel uitleg door de docent volgen – via twee beamers en het elektronische schoolbord – en ook zelf paarsgewijs op aanwezige laptops dingen uitproberen en onderzoeken. Ieder paar kon in het eigen tempo opgaven maken, met aan het eind van iedere 45 minuten een synchronisatie door de docent.

Expliciet huiswerk werd niet gegeven, wel werden studenten geacht om thuis minimaal twee uur met de stof bezig te zijn. Studenten die onvoldoende scoorden op de drie gegeven toetsen aan het eind van sommige middagen, kregen extra oefenmateriaal en moesten de daaropvolgende week direct herkansen.

In de tweede periode van zeven weken vond eenmaal per week op dinsdagmiddag viermaal 45 minuten met drie pauzes van een kwartier groepsprojectwerk plaats in

een studio-classroom, waarbij de gevorderde studenten nauwelijks gestuurd hoefden te worden. De zwakkere studenten, die bij elkaar in de groep zaten, konden zo de volledige aandacht van de docent en student-assistent krijgen. Net als in de eerste helft van de cursus werd minimaal twee uur per week thuiswerkzaamheid verwacht. In de laatste week werden de groepsprojecten door de groepen zelf in PowerPoint via de beamer gepresenteerd, met live demonstraties van hun MATLAB- en Perl-programma's.

De website van het vak werd intensief gebruikt. Hierop waren van elk cursusonderdeel de opzet (tijdschema, leerdoelen, wijze van toetsing) en de lesmaterialen (dictaat, transparanten, voorbeeldprogramma's, opdrachten, extra's) te vinden. Ook hield de docent hier een wekelijks logboek bij, waarin hij een schematische samenvatting van de lesmiddag maakte en aangaf wat een student er in ieder geval van moest hebben opgestoken, met daarnaast wat opmerkingen over onverwachte dingen die tijdens de sessie pas aan het licht kwamen. Ook werden in het logboek de gemaakte toetsen kort besproken (zie kader 3.3).

Kader 3.3

Logboek van de docent

Fragment van een webpagina van *Simuleren en programmeren*

Logboek voor 10 februari

Op deze bladzijde vat ik schematisch samen wat we gedaan hebben in de vier uur die ons ter beschikking stond. Vervolgens geef ik aan wat je er in ieder geval van moet hebben opgestoken. Maar eerst:

UNIX test

De **UNIX test** aan het eind van de middag is inmiddels nagekeken. Er waren **24 deelnemers** waarvan er **4 een onvoldoende** scoorden.

De **gemiddelde score** was **7.7**

Een onvoldoende heb ik gedefinieerd als een **puntentotaal van 5 of minder**.

- Zie [hier](#) de UNIX test.
- Correcte antwoorden: **Y N Y N N N Y N Y N**
- Wil je je **cijfer** voor je UNIX test al weten? Stuur me een mailtje!

Voor mensen met een onvoldoende komt er dinsdag 17 februari een herkansing. Voor deze herkansing is het volgende **extra oefenmateriaal** over **dezelfde stof** beschikbaar

- in **ps** en **pdf**

Deze aanvulling kan je natuurlijk **ook** maken als je een **krappe voldoende** had en nog wat meer wilt oefenen met de stof!

13.30 - 14.15

- Samenvatting UNIX Section 1 en 2 ([pdf-file](#))
- UNIX Section 3: permissies

14.30 - 15.15

- UNIX Section 3: permissies
- UNIX Section 3: wildcards
- UNIX Section 3: over sftp (probeer vanuit huis!)

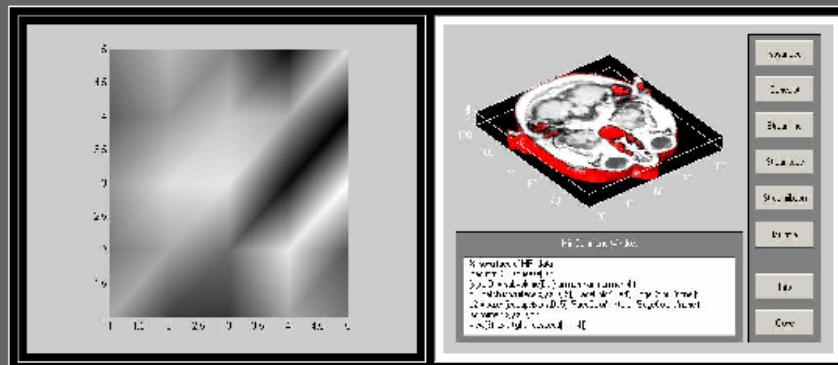
Op de website stonden ook de logboeken van de studenten tijdens hun projectwerk in het tweede deel van de cursus. Een voorbeeld hiervan is in kader 3.4 te zien. Soms volstond een hyperlink naar hun eigen projectwebsite, zoals in figuur 2.6 te zien is.

Kader 3.4

Logboek van een projectteam

Fragment van een logboekpagina van *Simuleren en programmeren* van studenten die bezig waren met het project 'Tomografie in Flatland'

We hebben de commando's bekeken die er voor zorgen dat een matrix gevisualiseerd wordt in Matlab. Met deze commando's hebben we het programma `picture.m` geschreven die bij een gegeven matrix een grafische voorstelling maakt. Zie plaatje links hieronder:



Verder hebben we het programma `simulate.m` ontvangen via de mail van Justin. Deze is de verbeterde versie van ons oude programma `integrate.m`. We hebben de grafische mogelijkheden van Matlab verkend. De demo's bekeken die aanwezig waren in het programma zelf. Zie rechtsboven: Dit is onze final destination. ;)

Beoordeling Elk onderdeel in de eerste helft van de cursus werd met een korte toets getest. Bij Unix was dit een lijst van tien uitspraken waarvan de student moest aangeven of deze goed of fout waren en waarmee zo de parate Unix-kennis getest werd. Bij Perl betrof het een multiplechoicetest plus een opdracht om een klein Perl-script te schrijven. Bij MATLAB betrof het een combinatie van multiple-choicevragen, een sessie waarin de resultaten van simpele MATLAB commando's voorspeld moesten worden, een opdracht om zelf een recursieve MATLAB-procedure te schrijven en een opdracht om de uitkomsten van de toepassing van een gegeven MATLAB-procedure te voorspellen.

Om deel te mogen nemen aan een groepsproject, moesten twee van de drie onderdelen – Unix, MATLAB en Perl – voldoende zijn. Zo kon het projectwerk in ieder geval in een van de twee programmeertalen gedaan worden. Slechts één deelnemer kwalificeerde zich hier niet voor.

Cursus-ontwikkeling Met de ontwikkeling van het vak *Simuleren en programmeren* is ruim een jaar voor aanvang begonnen. Op dat moment was zelfs nog onduidelijk welke studenten in de exacte wetenschappen precies het vak zouden gaan volgen en welke voorkennis zij mee zouden brengen (op welke voorkennis over matrices gerekend kon worden, was volstrekt onduidelijk). Toch heeft het team in dit vroege

stadium al de contouren van het vak onderling besproken en vastgelegd. Vanaf april 2003 tot juli 2003 werden in wekelijkse bijeenkomsten van één uur de doelstellingen, vorm en inhoud van de cursus uitgebreid bediscussieerd en werd het door de teamleden gemaakte lesmateriaal voor de eerste helft van de cursus doorgenomen. Ook brainstorming over mogelijk projectwerk bestemd voor de tweede helft van de cursus vond plaats in deze periode. Deze projecten werden in het najaar van 2003 door teamleden daadwerkelijk zelf uitgetest, om ze goed op werkbaarheid te kunnen inschatten en te ondervinden tegen welke problemen studenten wellicht zouden aanlopen. De verantwoordelijke docent heeft het als prettig ervaren dat de cursusontwikkeling in het kader van het IBL-project plaatsvond, omdat dit een extra stimulans gaf voor het vroegtijdig beginnen met de cursusontwikkeling. Achteraf gezien is dit ook een wijze strategie gebleken, omdat er anders toch wel een tijdnood ontstaan zou zijn.

Cursusteam Twee docenten, een didactisch adviseur.

Evaluatie Het studieonderdeel werd geëvalueerd volgens het evaluatieprotocol dat was ontwikkeld in het kader van IBL-project. Bij de laatste bijeenkomst voor de eindpresentaties hebben de studenten het studieonderdeel geëvalueerd. Hiervoor werd het belevingsonderzoeksformulier gebruikt dat deel uitmaakte van het evaluatieprotocol dat ontwikkeld was in het kader van het IBL-project.

De studenten waren zeer positief over het vak. Op één student na vond iedereen:

- de cursus leuk en inspirerend;
- het cursusniveau en het studiemateriaal goed;
- de aan hen gestelde verwachtingen en de wijze van beoordeling duidelijk;
- de afsluiting van elk onderdeel met een eigen toets prettig;
- de website⁴⁴ zeer goed;
- het projectwerk leuk en inspirerend;
- de samenwerking in projectwerk met andere studenten fijn, inclusief het ruimere contact met collega-studenten;
- de keuze uit mogelijke projecten voldoende;
- één groot project (zoals nu) beter dan twee kortere projecten;
- de uitleg en demonstraties via de beamer door de docent zeer duidelijk en verhelderend;
- de kennismaking met een tweede wiskundig computerprogramma na het leren werken met *Mathematica* in het eerste semester goed.

De enige smet op de cursus was dat de helft van de studenten wat minder te spreken was over de computerfaciliteiten: de laptops waren storingsgevoelig, en vooral het ontbreken van een muis werd vrij sterk bekritiseerd, omdat de studenten het werken met een trackpoint op een laptop onhandig vinden.

Een ander punt – dat weliswaar niet uit de enquête bleek, maar wel via gesprekken tussen de docent en zijn studenten – was dat vooral de zwakkere studenten de grote niveauverschillen tussen de studenten nadelig vonden, hoewel ook de zwakkeren het vak hebben gehaald. Het lijkt echter moeilijk om hier meer aan te doen dan in de cursus werd gedaan (bij het projectwerk werd ingedeeld op niveau): het zal altijd zo blijven dat sommige studenten al voor hun komst naar de universiteit veel vaardiger omgaan met de computer en programmeren dan anderen. In de cursus van 2005 zullen deze aspecten uiteraard de aandacht krijgen.

⁴⁴ URL van de website: www.science.uva.nl/~brandts/SIMPROG/

3. De cursussen

Al met al is door iedereen gedurende de hele cursus aandachtig en enthousiast gewerkt. De opkomst lag gemiddeld op 94 procent, en zelfs hoger gedurende het projectwerk. Vaak bleven studenten zitten en doorwerken na afloop van de 4 x 45 contactminuten en moesten ze soms gewoon naar huis worden gestuurd.

De cursus is ook tussentijds geëvalueerd door collegeresponsgroepen. Uit deze evaluaties, georganiseerd door bio-exact en natuurkunde, bleek dat de studenten zeer tevreden waren over de voortgang van de cursus.

Ook de docent kijkt met tevredenheid terug op de cursus. In eerste instantie was hij terughoudend over de rol die het IBL-project zou kunnen spelen binnen het vak *Simuleren en programmeren*. Een eerdere cursus met een dergelijke inhoud die hij in 1996 in Finland gaf, kon prima worden gegeven zonder studio-classroom en zonder de interactieve aspecten waar IBL voor staat. Daarbij moet wel vermeld worden dat de ICT-ondersteuning in Finland ver voor liep op de ondersteuning in Nederland – wellicht nog steeds – en dat het ging om kleine groepen master-studenten, tegen de 23 eerstejaars die de docent nu bij *Simuleren en programmeren* had. Maar dit beeld veranderde zodra de cursus ook echt begon. Hij verwoordt het als volgt:

‘Pas toen ik, na de voorbereidende fase van het ontwikkelen van het vak – met André Heck en Gooitzen Zwanenburg – in de zaal stond en college gaf, waarbij de studenten meteen aan de slag konden op de laptop, waarop ze ook via de website materiaal konden bekijken, begon ik de voordelen te zien. Een foutje op een webblad zijde kon ik meteen verbeteren voordat de rest van de groep het doorhad. Zodra ik via de beamer had uitgelegd wat kettingbreuken zijn, konden de studenten in MATLAB een programma schrijven dat die kettingbreuken???* illustreert. Daarnaast kun je als docent eenvoudig een rondje lopen en een indruk krijgen van wie de zwakkeren en de sterkeren zijn, zonder dat je hoeft te wachten op een tentamen dat dergelijke gegevens weliswaar genereert, maar dan meestal te laat.

Komend semester zal ik zowel een tweedejaarsvak wiskunde (numerieke wiskunde aan de UvA) als een vak dat in de Nationale Master gegeven zal worden (Numerieke Lineaire Algebra, aan de UU), inrichten volgens dezelfde principes. Ook dat zijn vakken waarbij directe ICT-ondersteuning waardevol kan zijn.

Het grootste voordeel van de cursus vond ik de betrokkenheid van de studenten bij het vak, alhoewel het niet na te gaan is of deze misschien wel even groot zou zijn geweest bij een standaardcursus. Er is veel meer contact tussen student en docent, en ook tussen studenten onderling. Het geven van kleine tests meteen in de eerste weken van de cursus geeft veel informatie, en daarnaast is het een extra motivatie voor de studenten om niet af te haken: er is immers iets concreets bereikt als iemand slaagt voor een test. Het grootste nadeel van de cursus is de enorme investering die je moet doen om geschikte stof te ontwikkelen, en om de website goed bij te houden. Dit laatste werd overigens erg gewaardeerd, omdat het veel duidelijkheid verschaft over wat, hoe en wanneer. Bij een tweede keer zal deze investering zich uiteraard uitbetalen, en blijft de voorbereiding hopelijk veel beperkter.

Het grootste compliment van de studenten na afloop van de cursus was misschien wel dat ze zonder ook maar één uitzondering mee zijn geweest naar een nabijgelegen kroeg, alwaar we al gauw twee uur in de zon hebben genoten van een welverdiend biertje.’

4

Ervaringen van de bètadocenten

Aan het eind van het project, in november 2003, wilden we op het project terugkijken en de meningen van docenten die meededen aan het project verzamelen. Dit deden we via een kort gesprek (circa een half uur), gebruikmakend van een vragenlijst, met de bedoeling om de goede en slechte ervaringen aan het eind van het project op een rijtje te zetten en deze met andere docenten te delen. Hieronder zijn de vragen beantwoord door vijf bètadocenten, die elk in een andere bètadiscipline onderwijs geven: wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie en aardwetenschappen.

In dit hoofdstuk hebben we de interviews zo puur mogelijk opgeschreven, zonder commentaar of discussie. Volgens ons komt op deze manier de docent zo naturel mogelijk aan het woord. Bij elke vraag hebben we één uitspraak van één docent eruit getrokken. Dit zijn de uitspraken die als ‘lessons learned’ of aanbevelingen ter harte genomen kunnen worden.

4.1 Verwachtingen en resultaten

‘Welke verwachtingen over de ondersteuning binnen een onderwijs-vernieuwingsproject had u bij aanvang van het IBL-project? Wat is hiervan volgens u terechtgekomen?’

Ik verwachtte ondersteuning te krijgen bij de ontwikkeling en nieuwe invulling van de cursus Celbiologie 1. Ik ging ervan uit dat de verschillende leden van het ontwikkelteam hierbij relatief zelfstandig te werk zouden gaan en regelmatig bijeen zouden komen om te overleggen. Dat is ook gebeurd.

D.Gadella

*Fons van Hees
(Natuurkunde)*

‘In het begin van het project had ik het idee om voor deze cursus een vorm te vinden waardoor het in de cursus aangeboden materiaal sneller en makkelijker beheerst kan worden.

Een computerpracticum met een gedrukte syllabus waarin opdrachten stonden, alsmede een aantal pc’s waarop *Mathematica* draaide, voldeed duidelijk niet meer aan dat doel. Dit was min of meer de situatie bij de aanvang van het IBL-project. De rol die de student-assistenten speelden bij de begeleiding van het practicum was cruciaal.

Tijdens het project is veel aandacht besteed aan de ontwikkeling van het interactieve karakter van de cursus, waartoe *Mathematica* zich bij uitstek leent.

4. Ervaringen van de bètadocenten

Dat hield in dat (vrijwel) al het materiaal dat tijdens de vernieuwde cursus beschikbaar werd gesteld, bestond uit *Mathematica*-documenten (notebooks). Op deze wijze is getracht om de zelfwerkzaamheid van de studenten te stimuleren, waardoor het voor hen vanzelfsprekend wordt om stukjes voorbeeldcode eens uit te proberen of te wijzigen, en waardoor ook het gebruik van achtergrondinformatie – bijvoorbeeld omtrent de syntax van een bepaald commando – normaal werd.

Dat de cursus mede beoogt om de student de basisvaardigheden bij te brengen omtrent ‘computerapplicaties’ in het algemeen, wordt wel eens vergeten. Ik ben van mening dat het bijbrengen van deze vaardigheden niet goed lukt door in een koppel van twee studenten samen te werken achter één beeldscherm. Dit blijkt onder meer uit de toetsresultaten, waarbij sommige studenten – die weliswaar *Mathematica* redelijk beheersen (of snappen) – toch niet goed scoren doordat ze weinig basisvaardigheden hebben ontwikkeld, door hun lage affiniteit met computers.

Door de vernieuwd opzet van de cursus is de taak van de student-assistent wel wat veranderd. Waar deze vroeger alleen bezig was met het verlenen van ondersteuning bij het maken van de opdrachten, is nu meer tijd beschikbaar om ondersteuning te geven bij specifieke problemen of bij achterstand van een individuele student.’

Berend Smit (Scheikunde) ‘De verwachtingen waren heel concreet. Door het introduceren van digitale toetsen wilden we bij de cursus *Structuur der materie* inzicht krijgen in deficiënties van studenten, waarbij ook de studenten zelf op tijd inzicht daarin zouden krijgen. Met de toetsing wilden we studenten stimuleren dat ze 'bijblijven' tijdens de cursus.

Het is gelukt om inzicht te krijgen in deficiënties. Het is tijdens de cursus enkele malen voorgekomen dat op het hoorcollege extra aandacht werd besteed aan een deficiëntie die uit de voortoets naarvoren was gekomen. Studenten gaven ook aan dat de diagnostische toetsen hielpen om tekorten in hun eigen voorkennis op tijd te ontdekken. Dit bleek echter niet ertoe te leiden dat zij ook actie ondernamen om het tekort op tijd aan te vullen. Sommige tekorten waren structureel, en dit is met het instromen van vwo’ers nieuwe stijl (studiehuis) erger geworden. Zo zijn bijvoorbeeld vectoren niet meer bekend. Komend jaar wordt daaraan in de eerste paar hoorcolleges apart aandacht besteed.

Het doel dat studenten 'bijblijven' tijdens de cursus, was niet naar verwachting gehaald. De deelname aan de toetsen nam gedurende de cursus af. Toetsen op vrijwillige basis alleen was niet genoeg om te zorgen dat studenten bijblijven. Het plan voor volgend jaar is nu:

- we stellen de voortoets verplicht en laten 20% van het eindcijfer hierdoor te laten bepalen;
- de voortoets krijgt ook een ander karakter, namelijk: testen of studenten voorbereid naar het werkcollege komen en of zij het hoofdstuk gelezen hebben;
- er worden begripsvragen opgenomen (analoog aan de Questions uit de syllabus), om te stimuleren dat studenten deze Questions gebruiken bij de studie. Uit de interviews met studenten bleek dat zij het nut van deze vragen binnen de cursus niet zagen. Het kan zijn dat zij het vak teveel alleen als rekenvak hebben gezien.

De opgebouwde vragenbank zal een rol kunnen spelen. Door wijziging in de werkcollegezaal (geen computers beschikbaar) zal de voortoets dit jaar helaas niet digitaal zijn. Digitale toetsen blijven wel als oefening (thuis te doen) beschikbaar. De beschikbaarheid van een student-assistent was zeker essentieel voor de productie van de grote hoeveelheid vragen.

Bij de cursus werd een evaluatie uitgevoerd volgens het IBL-evaluatieprotocol. Maar tijdens de cursus zaten we zo dicht op het gebeuren, dat de uitslag van de evaluatie (enquête onder studenten) geen echt nieuwe informatie meer opleverde. Het bevestigde alleen wat we toch al wisten. Evaluaties zijn vooral nuttig naar buiten toe, om te laten zien wat je doet. Het was nuttig een eigen aangepaste vragenlijst te hebben, waar specifiek naar onder andere de digitale toetsen werd gevraagd. Deze aangepaste vragenlijst draaide verder gewoon mee in de normale evaluaties van het onderwijsbureau.

In het eerste jaar van het project zijn behalve de enquête ook interviews gehouden door onze student-assistent. Hieruit kwam wel nieuwe informatie naar voren, bijvoorbeeld dat studenten de Questions uit de syllabus niet gebruikten.

Beide jaren waren heel verschillend qua studentgroep. De groep van het eerste jaar had in meerderheid nog niet echt voor scheikunde gekozen. Dat bleek uit alles.'

Walter Hoffmann
(Wiskunde)

'Ik ben over de cursus *Methoden en technieken* gematigd positief. Ik had vooraf geen overspannen verwachtingen, maar wilde zoals altijd gewoon kennis nemen van nieuwe ontwikkelingen in het onderwijs. Je moet een soort open oog hebben voor wat de mogelijkheden zijn: wat kan er bijvoorbeeld met het studio-course-model en wat voegt het toe aan het onderwijs. Maar ervaring ook op andere universiteiten leert dat verwachtingen van ICT-inzet in wiskundeonderwijs vooraf vaak hooggespannen zijn en achteraf tegen blijken te vallen. Daarom kan er beter gesproken worden van gematigd optimisme en niet te hooggespannen verwachtingen, in het bijzonder daar waar het wiskundendidactiek betreft.

Wat de ondersteuning betreft, had ik vooraf al een realistisch beeld van de ondersteuning. De verwachtingen zijn ook zo uitgekomen, de ondersteuning is goed bevallen. Dit komt ook omdat het een bestaande cursus betreft, waarin al enkele jaren samengewerkt wordt met de wiskundigen Leendert van Gastel en André Heck, en omdat de IBL-student-assistent Matthijs Brouwer al eerder als student-assistent de practica bij de cursus oude stijl begeleid had. Alle betrokkenen werken al een paar jaar met elkaar samen, weten wat ze aan elkaar hebben en van elkaar mogen verwachten. In het tweede jaar was er wat minder ondersteuning, maar toen was het ook minder nodig.

Het werken met een ontwikkelteam is prima bevallen. Wat zeker goed gewerkt heeft in de ondersteuning is de ontwikkeling van hulppakketten binnen *Mathematica*, zodat studenten bij diverse onderdelen gemakkelijker met de software konden werken en hun aandacht bij de wiskunde konden houden. Als voorbeeld kan genoemd worden het pakket om iteratieve processen gemakkelijk te kunnen bestuderen. Ook het uitzoeken en inventariseren van nuttige extern ontwikkelde pakketten en Java-applets is op prijs gesteld. Dit heeft goed gefunctioneerd.

Ik zie de voordelen van het IBL-projectondersteuning vooral in de ontwikkeling van technologie die bij het onderwijs gebruikt wordt. Een bijdrage aan de didactiek van de cursus vind ik minder belangrijk. Dit komt doordat de studio-

course-aanpak wat betreft het actief betrekken van studenten bij de lessen die ik geef, altijd al in mijn cursussen gehanteerd werd en wordt: ik onderbreek hoorcolleges regelmatig om studenten vragen te stellen, te polsen wat ze van een en ander vinden, door stemming studenten te dwingen tot een wiskundige uitspraak, en met hen wiskundige zaken te bespreken. In dit opzicht is er niet echt een grote verandering geweest, eerder een bevestiging van de doceerstijl.

Dat geldt ook voor het expliciteren van de onderwijsdoelen en de evaluatie. Ik stel me steeds vragen als: wat wil ik bereiken met de studenten, hoe wil ik dat bewerkstelligen en lukt het met deze groep van studenten? Ik monitor mijn onderwijs steeds door me tijdens de cursusperiode af te vragen hoe het gaat, of ik nog op het goede spoor zit of dingen moet aanpassen. Gaande de cursus is er dus steeds een terugkoppeling en een eventuele aanpassing. Het IBL-project heeft deze werkstijl niet veranderd, maar wel verstevigd.

Bij de twee keer dat de cursus gegeven wordt zie ik vooral verschil in de inbedding van de cursus in het bèta-gamma-programma: de eerste keer tijdens de IBL-projectperiode (2001-2002) was de laatste keer dat de cursus in de oude propedeusestructuur gegeven werd, dus in een trimester. In 2002-2003 werd de cursus gegeven in het kader van de bachelor-masterstructuur en was er meer tijd ingeroosterd (veertien i.p.v. tien weken). Er is indertijd voor gekozen om de hoeveelheid leerstof niet te veranderen, maar gebruik te maken van de extra tijd om nu wel in meer rust alle cursusonderdelen goed door te nemen met de studenten. De doelstellingen van de cursus bleken in de oude opzet van tien weken moeilijk te realiseren. Een laatste cursusonderdeel als 'niet-lineaire differentiaalvergelijkingen' viel dan tussen de wal en het schip. In de nieuwe opzet zouden de doelstellingen beter te realiseren zijn, maar dreigt toch nog het gevaar dat teveel rust in het onderwijs aan de studenten leidt tot tijdnood aan het einde van de cursus.

Er zijn in de nieuwe opzet ook twee discussiemiddagen onder auspiciën van een co-docent geïntroduceerd, om over wiskunde-onderwerpen dieper van gedachten te wisselen. De onderwerpen hiervoor waren complexe getallen en iteratieve processen en chaos. Dit was een goede zet, want vergeleken met voorafgaande jaren merk ik dat studenten nu met een andere achtergrond bij de universiteit binnenkomen. Studenten vormen nu een minder homogene groep: in het studiehuis zijn ze wel meer gewend om dingen zelf op en uit te zoeken, maar hun parate kennis op wiskundig terrein is verminderd; bovendien verschillen studenten ook meer in wiskundige voorkennis. Dit maakt een flexibele doceerstijl noodzakelijk, waarbij tijdens een hoor- of werkcollege programmawijzigingen doorgevoerd worden, om bijvoorbeeld extra sommen te oefenen en te bespreken. Je moet de studenten nu anders benaderen. Ik krijg veel meer vragen over dingen die niet direct gerelateerd zijn aan de inhoud van de lesstof, maar meer te maken hebben met het uitwerken van een voorbeeldje. Dan blijkt dat studenten een wiskundige standaardtechniek (bijvoorbeeld 'termen onder één noemer brengen') missen. Een vooraf als simpel beoordeelde uitwerking van een voorbeeld wordt zo een extra lesje over een basistechniek. Ondanks alle leservaring verkrijg ik me wel eens op de wiskundige vaardigheden van de studenten; of anders gezegd: ik word wel eens verrast door hiaten in kennis en vaardigheden van studenten.

Een interessant onderwerp voor een nieuw project zou de aansluiting van het vwo op de universiteit zijn wat betreft wiskundige basiskennis en basisvaardigheden. Overigens blijken studenten in de exacte vakken en vooral wiskunde hun hiaten

vaak na een half jaar te hebben weggewerkt. Maar dat duurt ook wel eens een half jaar.

Voor bèta-gamma-studenten gaat dit echter niet op. De cursus *Methoden en technieken* is toch de voornaamste kennismaking met wiskunde op een hoger niveau. De lesinhoud wordt in deze cursus gepresenteerd en verder niet meer geoefend. Minder duidelijk dan bij wiskundestudenten, blijf je niet steeds met de wiskunde bezig. Het is dan de vraag hoe snel en in hoeverre het verschil in verwachte en aanwezige wiskundige kennis en vaardigheden bij deze groep studenten zal opgeheven zijn. Ik probeerde tijdens hoorcollege wel aan te geven hoe een stukje lesstof past binnen het werkkader, door een voorbeeldje uit te werken en te laten zien hoe een techniek in de praktijk gehanteerd wordt. Maar dan moest ik wel zeer opletten dat ik studenten tijdens de uitleg niet verloor omdat ze een techniek van het uitwerken nog niet goed beheersten. Overigens maakt het gebruik van het computeralgebrapakket tijdens het hoorcollege het wel mogelijk om eerst de grote lijn in een probleemaanpak zonder alle technische details te bespreken met studenten en het rekenwerk of de techniek uit te besteden aan *Mathematica* alvorens dieper in te gaan op de onderliggende wiskunde. Voor studenten die meer over de details willen weten of die een basisbegrip niet helemaal paraat hebben, kan dat op een beter moment plaatsvinden, bijvoorbeeld tijdens een pauze, een apart lesfragment of tijdens het maken van sommen.'

*Dorus Gadella
(Biologie)*

'Ik verwachtte ondersteuning te krijgen bij de ontwikkeling en nieuwe invulling van de cursus *Celbiologie 1*. Ik ging ervan uit dat de verschillende leden van het ontwikkelteam hierbij relatief zelfstandig te werk zouden gaan en regelmatig bijeen zouden komen om te overleggen. Dat is ook gebeurd.

Ik ben tevreden over het evaluatieprotocol van het IBL-project. De projectweek kwam er redelijk positief uit, al had het positiever gekund. Het is in ieder geval niet slecht beoordeeld; als dat wel zo zou zijn, dan was dat er met de vragenlijst zeker uitgekomen. Ik vind het jammer dat de projectweek geen tweede keer heeft kunnen draaien: door de aangebrachte verbeteringen was de uitkomst dan vast nog positiever geweest. Het opstellen van de leerdoelen is erg belangrijk. Op grond daarvan kun je de cursus vormgeven en de inhoud vaststellen. Het is wel jammer dat je vervolgens een aantal van de leerdoelen moet loslaten vanwege logistieke beperkingen. De groep is bijvoorbeeld te groot om alle studenten individueel een mondelinge presentatie te laten geven, in plaats van in tweetallen. Ook het aantal PowerPoint-presentaties dat je kan laten maken is beperkt, door het aantal beschikbare computers voor de presentatie.'

*Willem Bouten
(Aard-
wetenschappen)*

'Ik had geen grote verwachtingen. Met het ontwikkelen van mijn cursus *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* ben ik eigenlijk al voor de start van het project begonnen. Assistentie van het IBL-project was soepel en verliep goed. Een student-assistent was niet alleen welkom, maar ook noodzakelijk; anders zou ik de ontwikkeling niet goed kunnen doen. Het was prettig om het evaluatieprotocol van het IBL te gebruiken, omdat ik zo de vragen kon stellen over specifieke elementen van mijn studieonderdeel en de cursus afstemmen. Het formuleren van de doelen is belangrijk. Er werd veel over nagedacht. In de ontwikkelfase zijn binnen het ontwikkelteam brainstormsessies gehouden om de doelen van deze cursus nog beter/preciezer te kunnen vastleggen.

Bij het ontwikkelen van een nieuwe cursus is niet alleen samenwerking nodig, maar ook een klankbord. Het werken in teamverband is noodzakelijk. Toch gaat

het bij het ontwikkelen van één studieonderdeel over een klein project dat nauwelijks een project genoemd kan worden, want dit kan helaas nooit veel aandacht krijgen. Het teamwerk verloopt daarom ook niet zo goed als bij een groot project. Dit komt doordat onderwijs te weinig prioriteit op de universiteit heeft. Onderwijsvernieuwing/-ontwikkeling kost heel veel tijd, maar daar krijgt men niet zoveel van. De middelen zijn duidelijk niet in overeenstemming met de ambities. Een assistent kunnen inzetten helpt hier wel, maar het kan dit probleem niet echt oplossen.

Het ging om een volledig nieuwe cursus. De ontwikkeling kostte het eerste jaar heel veel tijd. De tweede keer was de cursus alleen nog opgepoetst. En aanpassing van de cursus is vervolgens elk jaar nodig. Deze moet blijven veranderen om actueel te kunnen blijven.

Ik zou het prettig vinden als er aan het begin een startbijeenkomst plaats zou vinden, waar iedereen elkaar leert kennen en uitwisseling van ideeën plaatsvindt. Bij het IBL-project was dit minder belangrijk, omdat de voorbereidingen/ontwikkelingen eigenlijk al voor het begin van het project waren gestart en de ideeën bij de echte start eigenlijk al waren gevormd.'

4.2 Uitwisseling van informatie tussen docententeams

'In het project heeft de uitwisseling van informatie tussen de docenten van verschillende IBL-cursussen beperkt plaatsgevonden. Vindt u dit jammer? Stel dat er in een nieuw project voor meer informatie-uitwisseling gekozen zou worden, wat is voor u dan de prettigste en de meest efficiënte manier om dit te doen?'

Ik had vooral behoefte om meer met het eigen team samen te doen dan tussen de teams. Dit heeft te maken met de prioriteiten die een docent moet stellen. Het is soms stil en soms heel intensief. Het is bijna onmogelijk dat deze perioden bij verschillende cursussen in dezelfde fase verlopen. Als dit uit fase loopt, is communicatie helaas niet mogelijk. Binnen een team kun je dit wel sturen, tussen de teams kan dit niet.
W. Bouten

Fons van Hees (Natuurkunde) 'Uitwisseling van informatie kun je niet afdwingen. Als docenten echt belangstelling hebben voor de methodes van andere docenten, dan weten ze die wel te bereiken.

Indien binnen een onderwijsvernieuwingproject informatie moet worden uitgewisseld, dan is een bezoek op de werkvloer het meest informatief. Gewoon kijken hoe een ander het doet!

Dergelijke bezoeken geven voldoende gespreksstof en een eventuele uitwisseling van informatie komt daardoor op een 'natuurlijke' wijze op gang.'

Berend Smit (Scheikunde) 'Niet echt jammer. We waren vooral geïnteresseerd in de vernieuwing door de digitale toetsen. Resultaten van de andere deelprojecten zouden via de IBL-projectmedewerker wel in het docententeam doordruppelen. Overigens is er nu een

plan om voor docenten didactische scholing verplicht te stellen. Dit wordt gekoppeld aan semestervergaderingen, waar alle docenten uit een semester bijeenkomen om hun cursussen onderling af te stemmen. Hier worden onder andere praktische zaken als roostering en tentamens besproken. Diezelfde bijeenkomst is voor de helft te vullen door een workshop over een didactisch thema, bijvoorbeeld portfolio of toetsing. Docenten krijgen 'studiepunten' voor deelname.

Dus de opleiding Scheikunde heeft wel belangstelling voor scholing. Voor drukbezette docenten kan dit beter gekoppeld worden aan een vergadering waar ze toch al naartoe moeten.⁴⁵

Walter Hoffmann (Wiskunde) 'Contact met anderen en andere ontwikkelteams heb ik niet gemist en dat betreurt ik ook niet echt. Ik vind het al voldoende als er eens een gemeenschappelijke workshop is. Per slot van rekening is er geen nauwe samenwerking tussen teams, werken ze in verschillende situaties, en is de problematiek bij verschillende cursussen niet vergelijkbaar, laat staan gelijk.'

Neem bijvoorbeeld de gebrekkige wiskundige basiskennis van studenten. Die wordt voor studenten binnen de wiskunde als onbelangrijk ervaren, omdat dit zich in de loop van de tijd min of meer vanzelf oplost. Zoiets wordt ook bij natuurkunde verondersteld: als je als natuurkundestudent hiaten in natuurkundige kennis en vaardigheden hebt, dan wordt dit mettertijd aangevuld door het vele bezig zijn met het vak. De bèta-gammastudie is in dit opzicht een andere studie met een eigen problematiek en probleemaanpak en een unieke inhoud van het onderwijs. Wellicht hoeven nauwere contacten tussen ontwikkelteams alleen maar aanwezig te zijn bij de personen die de IBL-ondersteuning voor hun rekening hebben. Docenten kunnen op deze manier toch geïnformeerd worden over verschillende zaken en in een workshop kan een gevonden gemeenschappelijk thema toch in grotere kring besproken worden. Een workshop op facultair niveau en niet tussen participerende universiteiten is ook nog mogelijk.'

Dorus Gadella (Biologie) 'Ik heb dit niet gemist. Ik was niet op de hoogte van wat er in de andere projecten gebeurde. Het IBL-projectteam moet volgens mij zelf inschatten in hoeverre die uitwisseling van informatie wel nuttig zou zijn. Als er gekozen wordt voor meer informatie-uitwisseling, dan lijkt het mij nuttig om voor alle docenten een bijeenkomst te organiseren waarin geïnventariseerd wordt wie wat doet en welke aspecten daarvan interessant zouden zijn voor de andere docenten.'

Willem Bouten (Aardwetenschappen) 'Dit heb ik niet gemist. Ik had meer behoefte om meer met het eigen team samen te doen dan tussen de teams. Dit heeft te maken met de prioriteiten die een docent moet stellen. Het is soms stil en soms heel intensief. Het is bijna onmogelijk dat deze perioden bij verschillende cursussen in dezelfde fase verlopen. Als dit uit fase loopt is communicatie helaas niet mogelijk. Binnen een team kun je dit wel sturen, tussen de teams kan dit niet.'

In een nieuw project zou ik eigenlijk niets anders willen. E-mail werkt in dit geval niet als communicatiemiddel, juist omdat iedereen zich in een andere fase bevindt. Ook de Blackboard-werkomgeving werd door mij niet gebruikt om informatie op te zoeken en met elkaar uit te wisselen. Ik heb deelgenomen aan het

⁴⁵ Opmerking auteurs: Berend Smit is de opleidingsdirecteur bij Scheikunde aan de FNWI.

rondetafelgesprek en dit vond ik best aardig, maar zelf was ik niet bijzonder betrokken bij de discussie.⁴⁶

Ik zou het leuk vinden als een project met een workshop of een seminar zou beginnen om elkaar te leren kennen. Dat verbetert de communicatie. In een startbijeenkomst kan men parallellen oppikken. Maar dit is vooral belangrijk als je zelf nog niet aan de ontwikkeling bent begonnen.’

4.3 Gebruik van de digitale leeromgeving

‘Bij welke lesactiviteiten vindt u gebruik van de digitale leeromgeving (Blackboard) nuttig?’

De digitale leeromgeving is gebruikt voor het plaatsonafhankelijk beschikbaar maken van de digitale toetsen, en voor het publiceren van lesmateriaal: onder andere animaties, maar ook antwoorden op opgaven.

Bij sommige van de digitale eindtoetsen waren animaties geïntegreerd. Andere toepassingen zijn in de toekomst niet uitgesloten, maar dit leek ons nu nuttig.

B. Smit

*Fons van Hees
(Natuurkunde)*

‘Het gebruik van Blackboard als kapstok om het lesmateriaal te organiseren en te presenteren is als plezierig ervaren. Het is niet nodig om een eigen website bij het vak op te zetten, en dat scheelt werk. Voor de studenten is het alleen maar plezierig als de diverse gevolgde vakken allemaal op dezelfde manier ‘aangesproken’ kunnen worden. Zelfs vakken met alleen maar een hoorcollege (en tentamen) zouden van zo’n omgeving kunnen profiteren, al is het maar om aankondigingen te verspreiden.’

*Berend Smit
(Scheikunde)*

‘De digitale leeromgeving is gebruikt voor het plaatsonafhankelijk beschikbaar maken van de digitale toetsen, en voor het publiceren van lesmateriaal: onder andere animaties, maar ook antwoorden op opgaven.
Bij sommige van de digitale eindtoetsen waren animaties geïntegreerd. Andere toepassingen zijn in de toekomst niet uitgesloten, maar dit leek ons nu nuttig.’

*Walter Hoffmann
(Wiskunde)*

‘Ik heb voor de cursus een eigen webpagina gemaakt waar lesmateriaal voor studenten staat. Met de digitale inlever- en nakijkmodule werd tot tevredenheid gewerkt. Studenten kunnen het in te leveren werk meestal tijdens het computerpracticum maken.’

‘Dit moet ook wel, wegens hun drukke weekschema. Ze leveren hun *Mathematica*-notebooks in en student-assistenten kijken het zelfstandig na. Het feit dat ik tijdens het college al *Mathematica* gebruik en er dingen over uitleg, zorgt er vermoedelijk voor dat studenten ook snel aan de slag kunnen tijdens het practicum en zo hun werk op tijd af kunnen hebben. Ze hebben voorbeelden met *Mathematica* eerder gezien, weten waar ze over gaan, kunnen deze opnieuw opzoeken en beter bekijken, om ten slotte hun opdracht goed te kunnen volbrengen. Dit maakt hun leerproces sneller dan in de oude situatie, waarin in een

⁴⁶ Hij heeft daar een presentatie over zijn vak gegeven.

langer durend computerpracticum wel eerst de *Mathematica*-voorbeelden bestudeerd moesten worden. De huidige opzet, waarin *Mathematica* al tijdens het hoorcollege ingezet wordt, werkt tot tevredenheid. Dit gaat ook technisch gezien altijd goed. Het is ook een kwestie van gewenning en van simpelweg doen om tijdens hoorcolleges ook een computerprogramma te gebruiken, zeker als je nog wat vertrouwd moet raken met de computeromgeving. Ook een grotere ervaring met *Mathematica* speelt een rol. Je moet toch ook een zekere 'overpower' hebben om tijdens een hoorcollege een stukje software gemakkelijk en efficiënt te kunnen doen (het gaat namelijk ten koste van je overzicht, maar dat compenseer je doordat je meer ervaring opdoet).'

'Ik gebruik ook bij andere lessen de computer en *Mathematica* of vergelijkbare software, zoals MATLAB. Ook worden lesfragmenten hergebruikt bij andere colleges. Het feit dat ze dan niet binnen een bestaande Blackboard-cursus staan, maar op mijn homepage, zorgt voor een meer directe toegang tot mijn geestelijke eigendom, los van de inbedding in een groter cursusgeheel, zonder niet ter zake doende cursusmededelingen. In een Blackboard-cursus is het volgens mij wat lastiger om een fragment los te zien van de rest van de cursus. Daar komt bij dat ik ook niet zo te spreken was over de (lokale) editfaciliteiten van Blackboard, versie 5. Uploaden en downloaden van bestanden vind ik een moeizame bewerking binnen Blackboard. Ook vanaf huis werk ik liever direct in de directory van de webserver. Aan faciliteiten als discussion board heb ik geen behoefte. Dus daarvoor hoeft Blackboard niet ingezet te worden (wat je anders wel zou doen).'

- Dorus Gadella* (Biologie) 'Blackboard is erg nuttig voor:
- het uitsparen van een hele papierwinkel, zoals roosters, groepsindelingen (handig en milieuvriendelijk);
 - mededelingen (je bereikt alle studenten);
 - het aanbieden van extra informatie en studiemateriaal, bijv. alle PowerPoint-presentaties die tijdens college gebruikt zijn.

Maar Blackboard is niet geschikt om er interactief onderwijs mee te geven. Ik ben niet enthousiast over interactief ICT-onderwijs. Bij *Celbiologie* moeten de studenten zelf aan de slag en praktisch werk doen. Ze moeten door een microscoop kijken en een pipet vasthouden. Dat soort onderwijs kan je niet vervangen door simulaties. De computer is een hulpmiddel en geen primair leermiddel of leerdoel. De inzet van ICT heeft op dit moment een te hoge status: de tendens is dat goed onderwijs via de computer gegeven moet worden. Daar ben ik het niet mee eens.'

- Willem Bouten* (Aardwetenschappen) 'Blackboard is handig om het lesmateriaal op te zetten. Alles is daar te vinden, ook voor volgend jaar. Je verandert wat moet veranderen en de rest mag blijven staan. De mededelingen die een docent plaatst zijn erg handig, maar alleen als studenten regelmatig inloggen. Bij mijn vak gebeurde dit wel. Ze werkten steeds met de computers en het eerste wat ze deden, was inloggen in Blackboard om opdrachten op te halen. Toen zagen ze ook meteen de mededelingen. Voor het inleveren van werkstukken werd de DropBox gebruikt, een zeer slechte tool. Bij DropBox ben je veel tijd kwijt wanneer je werkstukken van studenten stuk voor stuk wilt downloaden op je eigen computer, om deze te lezen/beoordelen en te archiveren. Het beste zou zijn om een gezamenlijk harde schijf te hebben waar iedereen zijn werkstukken kon opzetten.'

4.4 Balans tussen het leren omgaan met ICT en het verwerven van vakinhoudelijke kennis

‘Het kost tijd en moeite om ICT-gereedschap (bijvoorbeeld Mathematica) daadwerkelijk tot een nuttig instrument in onderwijs en praktijk te laten uitgroeien. Welke balans in het leren omgaan met ICT en het verwerven van vakinhoudelijke kennis was er in uw cursus? Bent u hier achteraf tevreden over en wat zou u eventueel veranderen?’

Bij het studieonderdeel Methoden en technieken wordt met Mathematica gewerkt, niet als een tool dat zo ingewisseld kan worden door een ander, maar als een computeromgeving die noodzakelijk is om de cursusdoelen te bereiken.
W. Hoffmann

Fons van Hees (Natuurkunde) ‘Dat dit tijd en moeite kost, heb ik in het antwoord op de eerste vraag al gemeld. Het vertrouwd raken met *Mathematica* als instrument kost gewoon tijd! Het is daarom van belang dat een student na de eerste kennismaking regelmatig en in diverse omgevingen te maken krijgt met dit instrument. In de huidige opzet van het eerstejaarscurriculum bij Natuur- en Sterrenkunde in Utrecht, wordt aan die voorwaarde redelijk voldaan. Na de initiële *Mathematica*-cursus komt dit instrument zowel terug in de hoofdstroomwiskundevakken als in de hoofdstroomnatuurkundevakken.’

‘Wat betreft de Computer Practicum (CP)-cursus is het ook een positieve ontwikkeling dat er in het cursusjaar 2003-2004 een splitsing is gemaakt: in het eerste deel (september en oktober) maken de studenten kennis met *Mathematica*, terwijl in het tweede deel (januari) een verschuiving optreedt naar toepassing in vakinhoudelijke problemen.’

Berend Smit (Scheikunde) ‘De ICT-tool die wij nieuw introduceerden (QuestionMark Perception voor de toetsen) is snel te gebruiken door studenten. Ze konden er binnen vijf minuten mee omgaan.’

‘Blackboard en *Mathematica* (gebruikt voor de animaties) zijn eerder in het curriculum bij andere vakken geïntroduceerd. Het gebruik levert geen problemen meer op. Het gebruik van *Mathematica* bij de animaties is niet veeleisend en is facultatief.’

Walter Hoffmann (Wiskunde) ‘Ik meen ook dat het tijd en moeite kost om ICT-gereedschap tot een nuttig instrument te maken. Bij het studieonderdeel *Methoden en technieken* wordt met *Mathematica* gewerkt, niet als een tool dat zo ingewisseld kan worden voor een ander, maar als een computeromgeving die noodzakelijk is om de cursusdoelen te bereiken (Maple is een van de weinige eerder gebruikte alternatieven).’

‘Gebruik van een computeralgebrasysteem is een integraal deel van het vak, waarin veel gebeurt. Van veel in het eerste jaar van het IBL-project ontwikkelde werk heb ik nu nog profijt. Het materiaal wordt nog wel een beetje gepolijst en onderwerpen kunnen in een andere volgorde aan bod komen, maar het materiaal blijkt elk jaar weer opnieuw goed te gebruiken, ook bij andere cursussen. Dat moet ook wel, want bij een cursusontwikkeling moet er wel sprake zijn van een goede

houdbaarheidsdatum van gemaakt materiaal. Anders zijn de inspanningen en investeringskosten te groot voor het geleverde rendement. Bij de cursus Methoden en technieken – met een historie van zes jaar – is dit goed gelukt. Wel had ik halverwege het IBL-project enige twijfel, omdat het nog onduidelijk was of er een bachelor bèta-gamma zou komen, of het vak Methoden en technieken hierin zou komen en zo ja, in welke vorm. Dat is pas aan het begin van het kalenderjaar duidelijk geworden. Toen pas bleek ook dat de IBL-investering renderend zou zijn voor de directe toekomst van deze cursus. Na jaren van inspanningen om deze cursus te optimaliseren, hebben we nu een cursus waarover ik helemaal tevreden ben en die voorlopig alleen nog maar marginale veranderingen hoeft te ondergaan.’

Dorus Gadella (Biologie) ‘Tijdens de projectweek kregen de studenten een korte training van een uur in het gebruik van PowerPoint. Het eerste deel van de week waren de studenten bezig met het verwerven en ordenen van vakinhoudelijke kennis. De tweede helft maakten de studenten zelf een PowerPoint-presentatie. Mijn ervaring is dat de huidige studenten zelf erg goed kunnen leren omgaan met een nieuw programma als PowerPoint. Een korte introductie is nuttig, maar daarna kunnen ze er prima zelfstandig mee aan de slag. Het enige wat de studenten dan nog nodig hebben, is een aanspreekpunt voor eventuele problemen. Bij het maken van de PowerPoint-presentatie waren de studenten niet alleen inhoudelijk, maar ook communicatief bezig. Hoe zet je een presentatie logisch op? Wat vertel je wel en wat niet? Ik ben tevreden over de balans die er was tussen de vakinhoudelijke kennis, ICT-vaardigheden en andere vaardigheden.’

Willem Bouten (Aardwetenschappen) ‘Bij het studieonderdeel *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen* wordt met MATLAB gewerkt. MATLAB is een integraal deel van het vak en dit kan niet een tool genoemd worden. Alles gebeurt in MATLAB. Blackboard kan je wel een tool noemen. Eén dag wordt besteed om aan MATLAB te wennen en dan begint het programmeren. Blackboard is wel een tool, maar een balans is daar makkelijk te bereiken, omdat Blackboard gebruikersvriendelijk is en weinig tijd vraagt om mee te kunnen werken. MATLAB is iets anders dan een ICT-tool. Een computergereedschap is ook geen goede term. Als er een computermodel wordt gemaakt, dan is het doel om te leren hoe je omgaat met het computerprogramma. Hier kan over een perfecte balans gesproken worden, want de integratie met de inhoud is volledig.’

4.5 Inrichting van nieuwe cursussen

‘De cursus die u gaf was ingericht volgens uitgangspunten als ‘integratie van werkvormen’, ‘gebruik van ICT’, ‘bevorderen van discussie tussen studenten’. Als u nu zelf een nieuwe cursus over een ander onderwerp zou moeten inrichten, welke elementen zou u dan zeker behouden en welke zou u anders willen aanpakken?’

In een cursus over een ander onderwerp zou ik wederom gebruikmaken van Blackboard. De reden is eenvoudig: het is tamelijk gemakkelijk en het resulteert altijd in een overzichtelijke cursus.

Zelf zou ik in elke cursus altijd gebruikmaken van Mathematica, omdat het een perfect gereedschap is voor de modelvorming.

F. van Hees

Fons van Hees (Natuurkunde) ‘In een cursus over een ander onderwerp zou ik wederom gebruikmaken van Blackboard. De reden is eenvoudig: het is tamelijk gemakkelijk en het resulteert altijd in een overzichtelijke cursus.’

‘Het bevorderen van discussies tussen studenten – hoewel daar binnen Blackboard voldoende mogelijkheid toe bestaat (Discussion Boards) – verloopt in de regel maar moeizaam. Ik vind dit binnen de Natuurkunde-opleiding ook niet vreselijk belangrijk.’

‘Zelf zou ik in elke cursus altijd gebruikmaken van *Mathematica*, omdat het een perfect gereedschap is voor de modelvorming. In vrijwel elke natuurkunde- (of wiskunde)cursus speelt de modelvorming een belangrijke rol.’

Berend Smit (Scheikunde) ‘Integratie van theorie en praktijk is vooral nagestreefd in het practicum, aan het eind van de cursus. Praktisch bezig zijn, berekeningen maken en nadenken over de theorie gaan hier hand in hand. De rest van de cursus is qua werkvormen klassiek: apart hoorcollege en werkcollege. Gebruik ICT voor digitale toetsen, voor animaties en verder is er de digitale leeromgeving als kapstok waar alles aan hangt. Bevorderen van discussie is geen doel geweest van deze cursus. Wel het activeren van studenten in de hoop dat zij beter bij zullen blijven. Een van de voorwaarden hiervoor is dat studenten kunnen nagaan of zij bij zijn of niet. De ontwikkelde toetsen maken dit mogelijk.’

Walter Hoffmann (Wiskunde) ‘Van de genoemde punten zou ik veel overnemen, want ze vormden al een deel van mijn aanpak van onderwijs. Bijvoorbeeld het activeren van studenten was en is altijd al een aandachtspunt. Deze punten zijn niet nieuw. Bij andere cursussen gebruik ik nu ook de computer tijdens hoorcollege, waar dat nuttig is, bijvoorbeeld bij enkele numerieke wiskundevakken. Dit wordt gemakkelijker gemaakt doordat de meeste zalen een beamer hebben en het Korteweg-de Vries-instituut een laptop heeft die gebruikt kan worden. Via de IBL-cursus ben ik vrijer geworden in het gebruik van een computer tijdens een hoorcollege. Ik ga dit in de toekomst vaker doen. Studenten vinden het nu ook niet meer dan normaal dat een pc tijdens hoorcolleges gebruikt wordt voor bijvoorbeeld demonstraties. Het is voor hen de gewoonste zaak van de wereld.’

Dorus Gadella
(Biologie)

‘Ik onderschrijf de bovenstaande uitgangspunten. Activeren en motiveren van studenten is heel belangrijk. Je moet studenten continu uitdagen, stimuleren en enthousiasmeren. Als docent moet je enthousiasme uitstralen en studenten stimuleren om zelf na te denken. Laat de studenten gericht vragen stellen, zonder direct antwoord te geven. Daarnaast moet je de studenten serieus nemen en bewust maken van hun eigen verantwoordelijkheid. Dat is een belangrijke taak van de universiteit. Hiervoor moet je de studenten individueel aanspreken en de groepsmentaliteit à la middelbare school doorbreken. Bij het werken met groepjes, zoals tijdens de projectweek, bevind je je in een spanningsveld. Het liefst laat je de studenten in kleine groepjes werken, ook bij het practicum, zodat ze wel kunnen overleggen en samenwerken, maar zich niet kunnen drukken. Tweetallen werken het fijnst.

Dit type onderwijs (in kleine groepjes zelfstandig aan een project werken) is niet zaligmakend. Voor de universiteiten is zelfstandig en projectmatig onderwijs vernieuwend, maar in het Studiehuis doen de leerlingen dit al jaren. Ik vraag me af of sommige studenten op de middelbare school niet overladen zijn met dit soort onderwijs. Voor die groep kan traditioneel onderwijs (bijv. hoorcollege) een verademing zijn. Je merkt ook dat de eerstejaarsstudenten al goed zijn in het zelfstandig vinden van informatie en het maken van presentaties. Het is toch wel heel nuttig dat alle studenten in hun eerste jaar kennismaken met PowerPoint.

Verschillende onderdelen in het eerste jaar zouden beter op elkaar afgestemd moeten worden. Op dit moment draait er ook een 'projectweek' in de eerste module, maar de docenten weten niet wat er precies in die andere projectweek gebeurt. Voor de studenten is dat ook verwarrend. Sommigen snappen niet waarom ze weer een projectweek moeten doen: die hebben ze toch al gehad? Voordeel van de projectweek is dat het een heel flexibel stuk onderwijs is. Alleen de thema's zijn vakgebonden, de hele week kan eenvoudig naar een andere module verplaatst worden. Binnen de opleiding zou een standpunt moeten worden ingenomen over de inzet van dit soort onderwijs. Ik ben een voorstander van dit type onderwijs. Maar hoeveel van dit onderwijs wil je geven en op welke plek in het curriculum? Het is niet evenwichtig om alleen in de eerste en tweede module van het jaar een projectweek te organiseren.’

Willem Bouten
(Aard-
wetenschappen)

‘Inhoudelijk moet de cursus elk jaar een beetje veranderen. Koppeling met state-of-the-art in de wetenschap werkt heel motiverend. Daarom moeten altijd nieuwe publicaties gebruikt worden. Bijvoorbeeld een onlangs in *Nature* gepubliceerd artikel in de les gebruiken, om een model op basis hiervan te maken. Het is niet erg als een artikel twee jaar oud is, maar ouder mag het echt niet zijn. De cursus is zo ontworpen dat deze niet zonder computers kan.

Samenwerking tussen de studenten is heel belangrijk. Dit zou ik niet willen missen. Aan de andere kant werkt het chatten absoluut niet als de studenten in één ruimte zitten. De samenwerking komt het best tot stand als iedereen achter zijn eigen computer zit en de docent zorgt dat samenwerking toch noodzakelijk is. Als een student iets niet snapt, wordt hij/zij aangemoedigd om naar een collega toe te stappen. Het organiseren van discussies is niet nodig. Zorgen dat ze eerst naar een collega gaan is beter dan zelf als docent direct een antwoord geven. Bij vakken waar de taken verdeeld kunnen worden, werkt samenwerking nog beter. Dit was bij dit vak niet aan de orde, maar wel bij een vak dat ik eerder heb gegeven en vervolgens heb overgedragen aan een andere docent. Bijvoorbeeld: een koppel krijgt een computertaak en een experimentele taak – dan doe je het echt met zijn

tweeën. Achter een computer samenwerken gaat lang niet zo goed. Het wordt wel toegestaan als de studenten dit zelf willen. Bij dit studieonderdeel waren er ook geen grotere groepsopdrachten. Het probleem van tempoverschil kan dan namelijk groot zijn. Dit merk je vooral in de hogere jaren. Het is belangrijk om de gastsprekers op de juiste momenten in te roosteren. Een gastspreker is zinvol als de studenten nog allemaal met hetzelfde bezig zijn. Vervolgens worden ze alleen gelaten, om zelfstandig verder te werken en pas de volgende lesdag kan er weer een bijeenkomst komen. De studenten vragen ook vaak om extra opdrachten. Ze gaan vervolgens niet naar huis, ze blijven gewoon daar in de computerzaal doorwerken, maar wel in hun eigen tempo. Dit werkt prima, vooral voor de ouderejaarsstudenten. Daarom geef ik nu eigenlijk liever steeds minder sterk geleide opdrachten en liever meer open opdrachten die motiverend werken. Dit heeft wel een minpunt. De studenten krijgen in de loop van de cursus steeds moeilijkere opdrachten. Volgens studenten zelf is dit niet zo goed voor hun zelfvertrouwen. Ik heb nagedacht wat hieraan gedaan zou kunnen worden, maar op dit moment heb ik dit nog niet veranderd.’

4.6 Wat leent zich voor een studio-course?

‘Welke vakinhoudelijke onderdelen lenen zich bij uw discipline goed of slecht voor een studio-course?’

Niet alles leent zich goed, maar alles zou in een studio-coursemodel ontworpen kunnen worden, hoewel dit soms waanzinnig veel tijd zou kosten.

Het is zeker ook niet goed om alle vakken als studio-courses te geven. Elke student is anders en elke docent is anders. De docent moet vooral de ruimte krijgen om onderwijs te ontwikkelen zoals hem dat het best past. Ook de variatie maakt kwaliteit.

W. Bouten

*Fons van Hees
(Natuurkunde)*

‘Het computerpracticum, waar dit vraaggesprek over gaat, was eigenlijk geen echte studio-course. Maar alle cursusonderdelen – zoals gezamenlijk werken aan de practicumopdrachten, doornemen van oefeningen, raadplegen van achtergrondinformatie en (zelf)toetsen afnemen – komen in de huidige opzet goed tot hun recht. Er is echter één knelpunt. Enerzijds is het duidelijk dat het gezamenlijk werken en het bij elkaar te rade gaan leidt tot een betere begripsvorming. Anderzijds is het zo dat individueel werken noodzakelijk is om basisvaardigheden te verkrijgen of te verbeteren. Het vinden van het juiste evenwicht tussen beide aspecten is – mede door het ontbreken van de juiste infrastructuur voor zo’n tachtig studenten – wel als een probleem ervaren. Als die infrastructuur er wel zou zijn, zou de cursus in een ietwat gewijzigde opzet (meer een échte studio-course) wellicht nog betere resultaten geven.’

*Berend Smit
(Scheikunde)*

‘De IBL-uitgangspunten voor een studio-course waren kort gezegd integratie van werkvormen, activerende werkvormen en inzet van ICT. Integratie van werkvormen lukt goed bij het practicum, voor de introductie van theorie is een verdeling in hoor- en werkcollege efficiënt. Wat wij uitgeprobeerd hebben: voor- en natoetsen om studenten gedurende de cursus te volgen. Dit zou bij elk vak kunnen en zou ook wenselijk zijn. Digitale toetsen besparen tijd bij het nakijken, maar kosten extra tijd bij het maken en wijzigen van vragen. Als de groep studenten heel klein wordt, vervalt het voordeel van automatisch nakijken en

wordt een papieren toets weer voordeliger.'

- Walter Hoffmann (Wiskunde)* 'Bij een wiskundecursus zijn juist computerdemonstraties wel geschikt. Bijvoorbeeld een Leslie-model kun je hiermee eens op een meer realistische wijze behandelen. Een serieus voorbeeld kun je niet meer met pen en papier behandelen, laat staan op het bord. Natuurlijk leg je de onderliggende principes van modelleren nog wel op het bord uit, maar een computersimulatie van een wat ingewikkeldere situatie hoort er nu ook bij. Dan komen iteratieve processen bijvoorbeeld pas echt goed uit de verf.'
- Dorus Gadella (Biologie)* 'Het belangrijkste zijn de activerende en motiverende werkvormen. Inzet van ICT heeft alleen een ondersteunende functie. Het enige wat echt nuttig zou zijn voor eerstejaars is het gebruik van filmpjes: met behulp van driedimensionale beelden kun je goed de dynamiek in de cel laten zien. Voor ouderejaarsstudenten zou het heel leuk zijn om op afstand een microscoop te kunnen bedienen.'
- 'In de toekomst zouden zo misschien experimenten in het buitenland gevolgd kunnen worden of zelfs door de studenten uitgevoerd kunnen worden. Integratie van werkvormen is ook van belang, maar je moet uitkijken dat je de studenten niet alles tegelijkertijd laat doen, waardoor ze het overzicht verliezen. In het hele eerste jaar is bewust voor een relatief monodisciplinaire aanpak gekozen. De eerstejaarsstudenten vinden het al snel rommelig en onoverzichtelijk en ze moeten zich in eerste instantie vooral heel veel basiskennis eigen maken. Je kunt in de module een aantal fasen zien: eerst krijgen ze nieuwe kennis aangereikt tijdens de hoorcolleges. Die verwerken ze vervolgens tijdens de opdrachten van het werkcollege. Daarna moeten ze tijdens het practicum de vertaalslag maken naar de realiteit. Tot slot is er dan de projectweek, waarin alle kennis bij elkaar komt. Integratie van college en practicum is overigens niet haalbaar met 170 studenten.'
- Willem Bouten (Aardwetenschappen)* 'Niet alles leent zich goed, maar alles zou in een studio-coursemodel ontworpen kunnen worden. Maar het zou soms wel waanzinnig veel tijd kosten. Als het met pen en papier uitstekend gaat, dan hoeft er geen integratie van de werkvormen of het inzetten van de computer plaats te vinden. Ik geef zelf nog een ander vak, maar op een heel andere manier. Het is zeker ook niet goed om alle vakken als studio-courses te geven. Elke student is anders en ook elke docent is anders. De docent moet vooral de ruimte krijgen om onderwijs te ontwikkelen zoals hem dat het best past. Dan krijg je goed onderwijs. Ook de variatie maakt kwaliteit.'

4.7 De ideale cursusruimte

‘Stel: u mag een cursuszaal volledig naar uw eigen wensen voor uw vak inrichten. Hoe zou deze zaal eruit zien? Wat vindt u het meest belangrijk?’

Om de digitale toetsen te integreren in het werkcollege zou een studio-classroom-opzet goed zijn waar studenten zich moeten omkeren als het werk met de computer klaar is, dus van de computer af.
B. Smit

- Fons van Hees (Natuurkunde)* ‘In zo’n zaal zou ik naast de computerwerkplekken – één per student – tevens de mogelijkheid willen zien om als docent normaal college te kunnen geven. Door middel van demonstraties kun je namelijk laten zien hoe de docent (practicumleider) ook in zo’n practicum als ik verzorg gebruikmaakt van *Mathematica*. Naast de zelfwerkzaamheid van de student is het ook bij dergelijke computerpractica dus belangrijk dat er een stuk ‘college’ gegeven wordt of kan worden. Hiervoor is het in wezen al voldoende als er goede projectiefaciliteiten zijn, zodat elke student vanaf zijn werkplek goed kan zien wat er gebeurt. Dit is belangrijk, omdat de interactie met de docent dan centraal staat. Het simultaan zichtbaar maken op het beeldscherm van wat gedemonstreerd wordt, is alleen maar handig als dit de zichtbaarheid/leesbaarheid verhoogt. Zelf ben ik niet zo’n voorstander van het gebruik van allerlei snufjes, zoals elektronische whiteboards.’
- Berend Smit (Scheikunde)* ‘Voor het komend jaar hebben we niet de computerzaal toegewezen gekregen. De computerzaal die we tot nu toe hadden, heeft niet alleen het voordeel dat hier de toetsen digitaal gedaan konden worden; het heeft ook een nadeel: studenten kunnen onder het werkcollege gaan e-mailen of spelletjes spelen. Om de digitale toetsen te integreren in het werkcollege zou een studio-classroom-opzet goed zijn, waar studenten zich moeten omkeren, van de computer af, als het werk met de computer klaar is. Ook een opzet met laptops – die op zeker moment dichtgeklapt worden – zou goed zijn.’
- Walter Hoffmann (Wiskunde)* ‘De studio-classroom op het AMSTEL Instituut is voor de docent een ideale zaal, maar dan wel graag zo’n zaal met veertig pc-werkplekken om een grotere groep studenten (zoals de bèta-gamma’s) aan te kunnen. Dan zou bij sommige hoorcollege’s het studio-coursemodel – waarin werkvormen geïntegreerd zijn en studenten afwisselend zelf met de computer berekeningen en simulaties doen – gehanteerd kunnen worden. In de zaal moet verder een voldoende groot schoolbord aanwezig zijn. Dit is bij wiskunde onmisbaar, omdat je soms dingen extra moet toelichten en deze uitleg het best gaat via een bord.’
- Dorus Gadella (Biologie)* ‘Voor de projectweek zou ik wel een mooie, grote collegezaal willen hebben, waarbij alle studenten centraal in het midden college kunnen volgen en de randen van de zaal ingericht zijn voor groepswork en practicum. Een groot nadeel van de huidige practicumzaal is dat je de studenten niet centraal kan toespreken (bijvoorbeeld als inleiding of ter afsluiting). De collegezaal zou dan dus voorzien moeten zijn van alle normale voorzieningen van een collegezaal (diaprojector, overhead, beamer, computer voor PowerPoint-presentaties, bord etc.) en aan de randen zouden er labfaciliteiten (labtafels waar studenten in groepen van tien-twaalf onder leiding van een begeleider experimenten kunnen uitvoeren) moeten

zijn, plus werkplekken en een aantal computers. De computers moeten niet op de labtafels staan.’

*Willem Bouten
(Aard-
wetenschappen)* ‘De studio-classroom op het AMSTEL Instituut is een ideale zaal. Met een scheidingswand ertussen zou deze zaal dubbel zo efficiënt gebruikt kunnen worden. Er zijn nieuwe computerzalen nodig. Ik kan bijvoorbeeld nu voor dit vak geen computerzaal krijgen. Alle geschikte zalen zijn al vol. We moeten nu in een te kleine zaal bij Economie werken met te kleine tafels, niet geschikt voor tentamens, omdat de studenten te dichtbij elkaar zitten en op elkaars schermen kunnen kijken. Dit los ik wel op door twee groepen uit twee jaren samen te laten werken, maar het probleem van de te kleine ruimte blijft. De computerzalen bij een andere faculteit hebben vaak ook niet de nodige software op de computers. Het belangrijkste is dat de docent van tevoren weet wat er in de zaal te vinden is, wat de voorzieningen zijn. Bij het ontwikkelen van de cursus kun je hiermee rekening houden en je aan de randvoorwaarden aanpassen. Als de cursus eenmaal is ontwikkeld, is het heel moeilijk om dit alsnog te doen.’

4.8 Praktische zaken over een computerzaal

‘Het gebruik van een computerzaal roept allerlei vragen op: is de juiste software geïnstalleerd en zoniet, bij wie moet ik wezen, is er een docentencomputer aanwezig, kan ik mijn eigen laptop aansluiten en heb ik dan een internetaansluiting, is er ook nog een schoolbord? Wat zou er volgens u moeten gebeuren om aan deze onzekerheid bij gebruikers een einde te maken?’

*De randvoorwaarden moeten van tevoren bekend zijn en moeten dan ook zo blijven! Het allerergste is dat deze van jaar tot jaar anders zijn. Zo kan dan niet gewerkt worden.
W. Bouten*

*Fons van Hees
(Natuurkunde)* ‘Het zoveel mogelijk gebruiken van standaardhardware en -software is hier aan te bevelen. De inrichting van een studio-classroom moet ook voor de docent als 'natuurlijk' overkomen. Natuurlijk moet deze zijn eigen laptop kunnen gebruiken en een werkende al dan niet draadloze internetverbinding is vanzelfsprekend. De hiervoor noodzakelijke technische ondersteuning dient makkelijk toegankelijk te zijn.’

*Berend Smit
(Scheikunde)* ‘Dit jaar hebben we helemaal geen computerzaal.

Een systeem met voor- en natoetsen zou ik wel bij meer vakken willen gebruiken. Daarvoor zou het aantal zalen met computer-infrastructuur flink moeten groeien. De inrichting zou meer moeten lijken op één van de twee classrooms (notebooks of rug-naar-de-docentprincipe).

In al deze zalen moet dezelfde standaardsoftware aanwezig zijn. Ten behoeve van een specifieke cursus moet uitbreiding mogelijk zijn, op aanvraag bij de beheerder van die zaal. Idealiter hebben alle zalen dezelfde beheerder.’

4. Ervaringen van de bètadocenten

Walter Hoffmann (Wiskunde) ‘Ik kan me weliswaar zelf redden, doordat ik voldoende aanspreekbare personen ken die misschien kunnen helpen. Maar eigenlijk wil ik graag meer helderheid over de vraag bij welke persoon je kunt aankloppen met welk probleem. En hier bedoel ik dan echt een persoon in vlees en bloed mee en geen ondersteuningsafdeling of dienst, want dan twijfel je toch vaak of het probleem wel goed begrepen en opgepikt wordt. Een anonieme dienst werkt niet zo goed. Informatie op het web over voorzieningen moet overigens altijd up-to-date zijn. Dit verdient speciale aandacht, gelet op de huidige praktijk. Verder is het wenselijk dat je de internetaansluiting van een laptop in elke collegezaal standaard kunt gebruiken, zonder eerst allerlei instellingen op de computer te moeten laten installeren.’

Dorus Gadella (Biologie) ‘Er moeten zowel pc's als Mac's beschikbaar blijven op de faculteit. En je zou je laptop overal moeten mogen aansluiten op internet.’

Willem Bouten (Aardwetenschappen) ‘De beamers zijn nu perfect geregeld. Maar met iets nieuws is altijd een probleem. Op het moment dat je iets meer wilt, ben je altijd extra tijd kwijt. Vaste computers zijn veel beter. Ik zou niet met een draagbare opstelling willen werken. Het is te diefstalgevoelig en er kan te makkelijk iets mis gaan. Je moet als docent dan voor teveel dingen zorgen. Software is een groot probleem als je ergens anders (te gast) bent. Standaardsoftware moet eigenlijk overal beschikbaar zijn. Speciale software is vaak met de speciale ruimte verbonden, die soms te klein is voor het aantal studenten.

Wat niet mag ontbreken:

- een kapstok en lockers. Die ontbreken nu overal en de tafels staan dan vol spullen. Ik kan er soms niet eens langs lopen;
- een vaste beamer;
- een groot scherm;
- schrijfbord is niet zo nodig; er moet wel iets zijn waar je wat kunt opschrijven, maar dit hoeft niet zo groot te zijn;
- centraal staat een goede projectiemogelijkheid;
- laptop insteken is prima, maar een docentencomputer met dezelfde instellingen als de studenten hebben is nog veel beter. Dan heb je een eigen laptop helemaal niet nodig.

Drempel: als ik met spullen moet werken die niet in orde zijn – software die niet werkt, bijvoorbeeld – is dit erg vervelend. Ik wil geen studieonderdeel meer ontwikkelen als er van tevoren geen garantie is dat ik ook een zaal kan krijgen om het op de juiste manier te kunnen geven. Het ontwikkelen kost veel tijd en dan moeten er ook voorzieningen voor zijn. De randvoorwaarden moeten van tevoren bekend zijn en moeten dan ook zo blijven! Het allerergste is dat deze van jaar tot jaar anders zijn. Zo kan er dan niet goed gewerkt worden.’

5

Leeromgeving

In het kader van het IBL-project hebben we geprobeerd tegemoet te komen aan wensen uit het onderwijsveld, door andere applicaties aan de digitale leeromgeving te koppelen, maar dan wel op zo'n manier dat de digitale leeromgeving voor studenten nog steeds als één werkruimte functioneert.

5.1 Randvoorwaarden

De voorzieningen –zowel wat betreft hardware en software als de inrichting van de zalen – zijn aangeboden conform de behoeften van de onderwijsvormen die bij een universitaire instelling als standaard gelden. In de jaren negentig was in alle collegezalen standaard een overheadprojector aanwezig, tegenwoordig is er bijna overal een beamer. Ook hebben vele college- en colloquiumzalen nu standaard een internetaansluiting. Alle computers in computerzalen zijn tegenwoordig aangesloten op internet.

Er is altijd tijd nodig om een nieuwe standaardfase te bereiken en zo'n fase loopt achter op de allernieuwste ontwikkelingen. Bij een onderwijsvernieuwing voldoen de standaardvoorzieningen in de zalen daarom vaak niet volledig aan de eisen van een nieuwe cursus. Dit betekent dat de docent die een vernieuwende methode bij zijn onderwijs gebruikt extra tijd moet reserveren om de nodige voorzieningen bij de les in te kunnen zetten. Dit is soms niet zo eenvoudig als het lijkt en er moeten compromissen gesloten worden. Als het de bedoeling is dat de studenten in kleine groepen werken, dan is het niet prettig als de stoelen en de tafels vast op de grond zijn gemaakt, misschien zelfs op verschillende niveaus. Het kost veel tijd om te controleren of de (juiste versie van de) software geïnstalleerd is op alle computers en of deze naar verwachting functioneert. Het is vaak ook niet duidelijk bij wie de docent moet zijn met klachten en wensen. Al deze facilitaire bijzaken verhogen sterk de drempel bij docenten om nieuwe elementen in het onderwijs in te zetten.

Een onderwijsvernieuwing kost veel tijd en inspanning. De docent zou daarom een garantie moeten hebben dat in de eerstvolgende jaren ook dezelfde voorzieningen beschikbaar zijn, zodat hij de cursus op de juiste manier kan herhalen en verder verbeteren. Hiervoor zouden de randvoorwaarden voor een cursus die (nog) van de standaardvoorwaarden afwijkt bekend moeten zijn. Alleen dan kan er bij het inroosteren en reserveren van de zalen in de opvolgende jaren rekening mee worden gehouden. Het lijkt raadzaam om – als deel van de cursusbeschrijving – informatie over de nodige voorzieningen op te nemen (een soort metadata). Deze informatie is alleen zichtbaar voor degene die zich met de reservering van zalen en

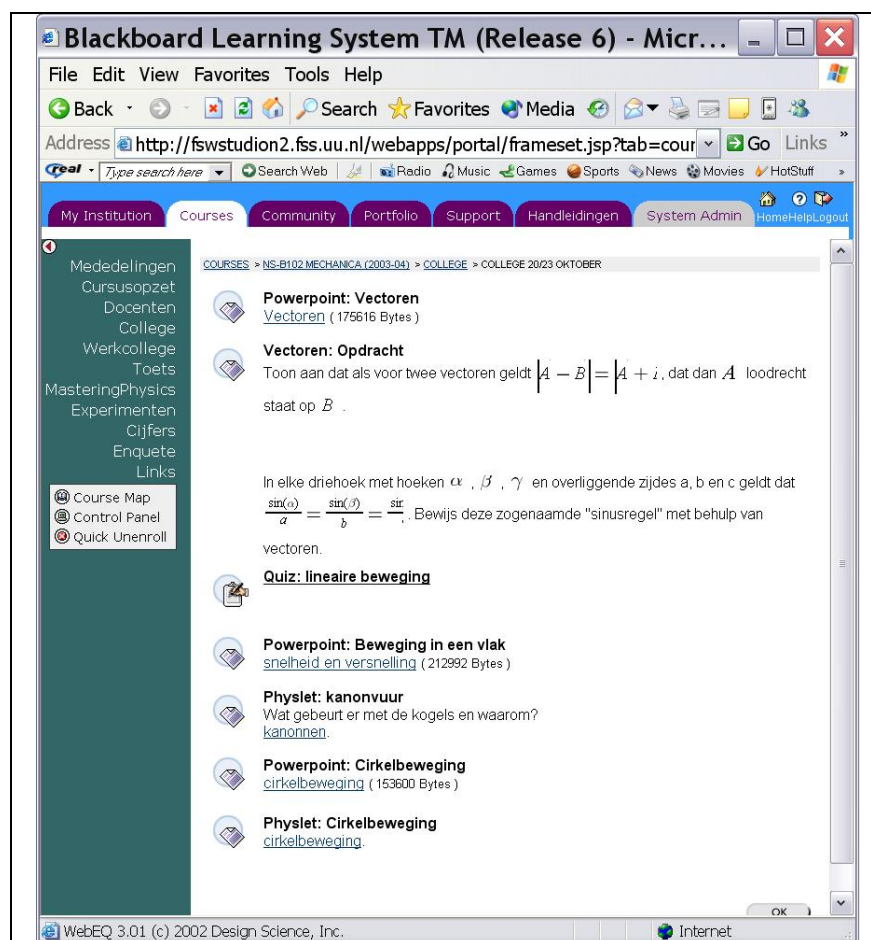
met computerbeheer bezighoudt. De docent is op deze manier niet elk jaar extra tijd kwijt met het alleen maar organiseren van de cursus; bovendien verkleint dit het risico dat iets mis gaat in de organisatie. Bijkomend voordeel van het opstellen van deze metadata met de randvoorwaarden bij een cursus is dat het aan het facultaire onderwijsmanagement duidelijk kan maken wanneer een onderwijsvoorziening een standaardvoorziening op de werkplek moet worden.

5.2 Elektronische leeromgeving

Uit de evaluaties bleek dat de meeste studenten vonden dat Blackboard de organisatie en communicatie bij de cursus(sen) die ze volgden verbeterde.

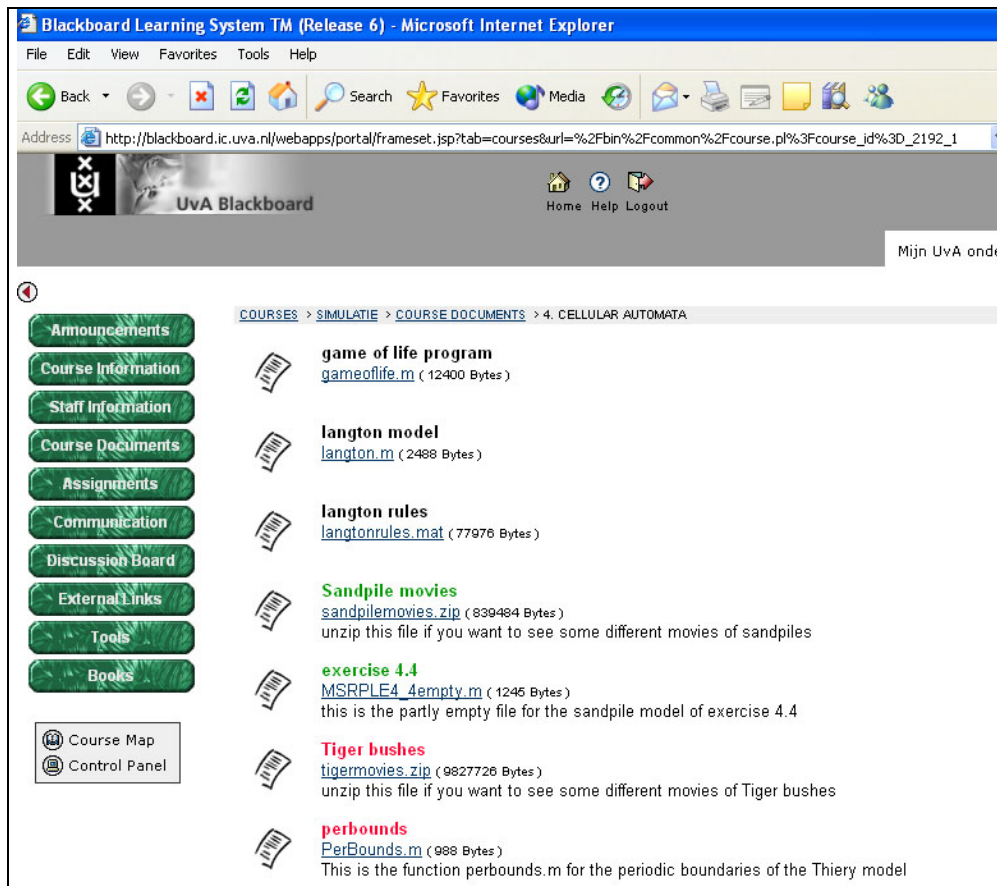
Bij de cursussen die beschreven zijn in deze publicatie werden computers veel gebruikt. Het inzetten van een elektronische leeromgeving was daarom eigenlijk vanzelfsprekend. Er is voor Blackboard gekozen, omdat dit een standaard was aan de Universiteit van Amsterdam. Bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde van de Universiteit Utrecht is Blackboard ingevoerd direct na de start van het IBL-project.

De docenten van veel van de cursussen die in deze publicatie worden beschreven, hebben in Blackboard mededelingen voor studenten geplaatst en lesmateriaal en opdrachten met bijbehorende bestanden ter beschikking gesteld (zie figuur 5.1).



Figuur 5.1 Opdrachten geplaatst in Blackboard bij Mechanica (UU).

Het laatste is vooral belangrijk bij de opdrachten die gemaakt moeten worden met een computerprogramma, zoals *Mathematica* of bijvoorbeeld *MATLAB* bij het vak *Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen (UvA)* (figuur 5.2). Studenten konden in Blackboard ook de nodige gegevens vinden voor het maken van simulaties.

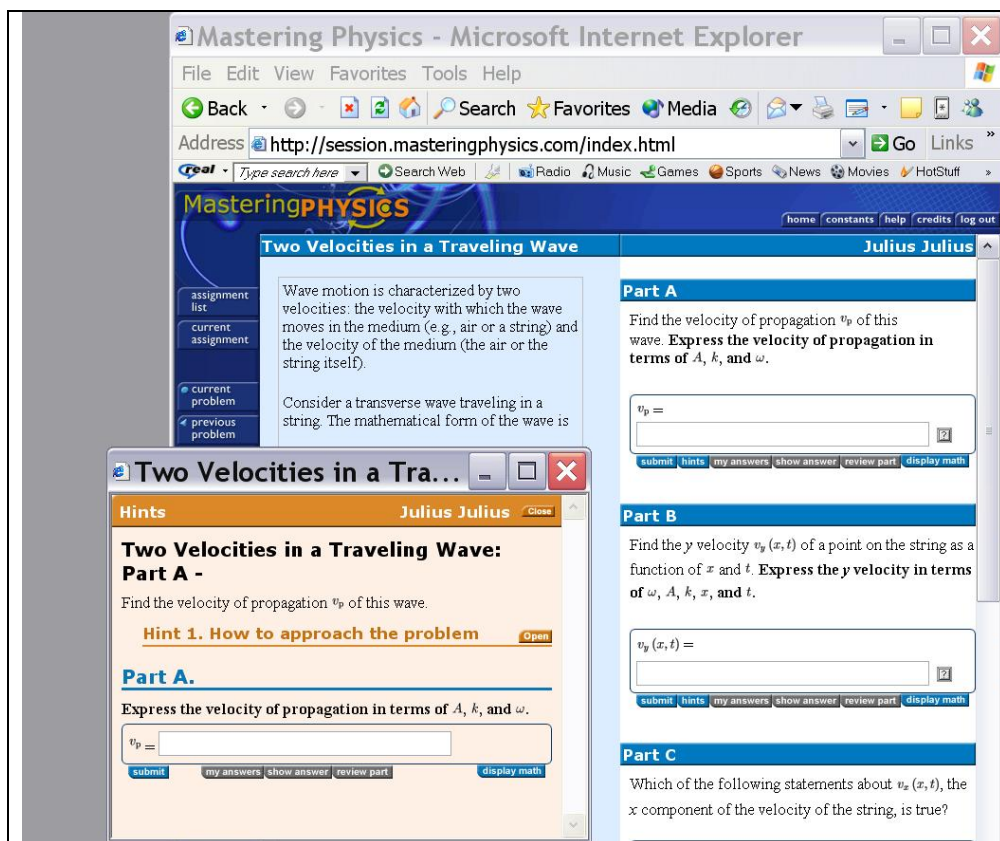


Figuur 5.2 *Opdrachten in MATLAB bij Modelleren en simuleren van ruimtelijke processen in landschappelijke ecosystemen (UvA).*

Blackboard biedt verder verschillende mogelijkheden: docenten kunnen samenwerking tussen studenten organiseren, zodat studenten onderling stukken kunnen uitwisselen. De stukken kunnen via Blackboard ingeleverd worden aan de docent. Bovendien kan in Blackboard toetsing en beoordeling plaatsvinden. Deze mogelijkheden waren bij onze cursussen niet volledig benut. Uit de evaluatie van cursussen bleek dat de aangemaakte mailinglijsten door de docenten hoog gewaardeerd werden. Wat betreft elektronisch discussiëren en chatten, waren de ervaringen niet zo goed. De studenten hadden genoeg fysiek contact met elkaar en daardoor gebruikten ze deze elektronische communicatiemogelijkheden niet of nauwelijks.

De tools in Blackboard kunnen (momenteel) helaas niet alle wensen van een docent ten aanzien van de inzet van ICT in het onderwijs volledig realiseren. We hebben geprobeerd om hieraan tegemoet te komen door andere applicaties aan de digitale leeromgeving te koppelen, maar wel op zo'n manier dat de digitale leeromgeving voor studenten nog steeds als één werkruimte functioneert.

In het in Blackboard ingebouwde toetssysteem kan een docent bijvoorbeeld geen gestructureerde feedback aan studenten geven en is de analyse van de antwoorden gegeven door studenten redelijk oppervlakkig. Bij het vak *Structuur der materie* (FNWI, UvA) en later nog bij *Klassieke natuurkunde 1* (FNWI, UvA) werd daarom in plaats van het toetssysteem van Blackboard het programma *QuestionMark Perception* gebruikt. Bij sommige andere vakken, bijvoorbeeld *Mechanica* en *Golven en optica* (Natuur- en Sterrenkunde, UU) werden de elektronische toetsprogramma's *WebAssign* en *Mastering physics* ingeschakeld. Dit zijn toetsprogramma's waar de toetsen al beschikbaar zijn om direct te gebruiken bij een vak. De belangrijkste reden om in het tweede projectjaar van *WebAssign* over te stappen op *Mastering Physics* was dat het hiermee mogelijk was vragen te stellen waarbij het antwoord een afleiding van een formule was (zie figuur 5.3). Bij *WebAssign* waren de meeste van de in het systeem beschikbare vragen opgaven waarbij een numeriek eindantwoord gegeven moest worden. Dit werd door veel studenten als frustrerend ervaren.



Figuur 5.3 Opdrachten in Mastering Physics bij het vak *Golven en optica* (UU).

Met name bij grote groepen studenten die ingedeeld zijn in groepen die elk door verschillende assistenten begeleid worden, zijn de tools van Blackboard (nog) niet optimaal. Voor het inleveren van de werkstukken door studenten hebben de docenten van *Methoden en technieken* – een wiskundecursus voor de bètastudenten aan de UvA – een door de ICT-groep van het AMSTEL Instituut ontwikkelde inlever- en nakijkmodule gebruikt. In deze applicatie worden studenten ingedeeld in groepen die duidelijk worden gekoppeld aan een student-

assistent (in de rol van ‘nakijker’ in deze module). De studenten leveren de stukken via een webgebaseerd inleverformulier in (zie figuur 5.4).

Werk Inleveren Methoden en Technieken voor Beta-Gamma

Met behulp van dit formulier dient u het werk in te leveren.

Alle velden, die niet als *optioneel* gemarkeerd zijn, moeten ingevuld worden om het door u ingediende document te kunnen verwerken.

Bij *samengewerkt met* geeft u de lokale emailadressen (komma-gescheiden) van uw partners op.

1. Studentgegevens:

Naam:

Studentenemail: (b.v. P.Keizer)

Studentenemails van diegene waarmee u hebt samengewerkt:(b.v. J.Kok, W.Prins) (Optioneel)

2. In te leveren document:

Onderwerp:

Document:

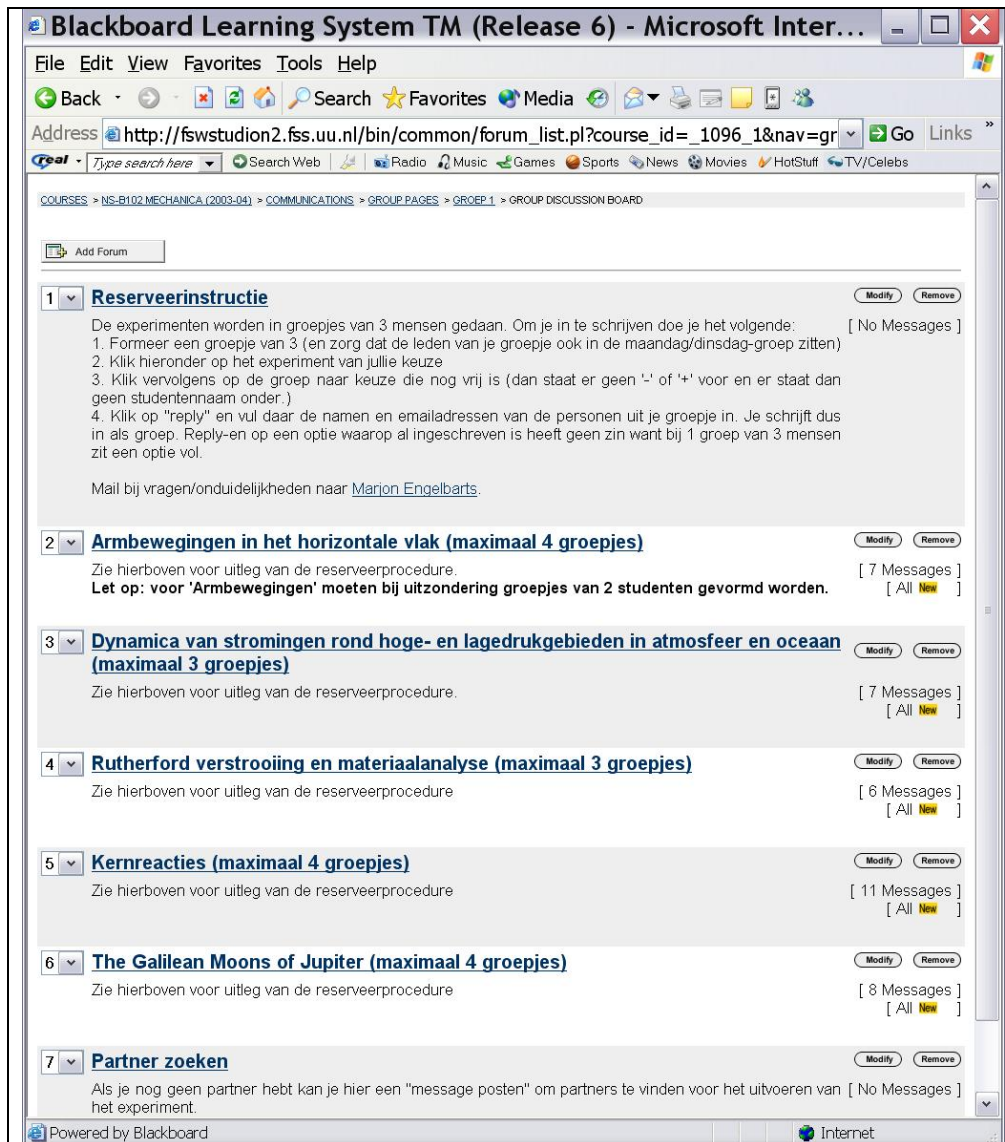
Toelichting:

Figuur 5.4 Inleverformulier bij Methoden en technieken (UvA).

Indien in koppels of zelfs in grotere groepen werd gewerkt, kon de student die het werkstuk inleverde zijn/haar collega's vermelden, zodat ook zij de feedback van de docent en de beoordeling kregen.

Al kan Blackboard nog op zoveel punten verbeterd worden, toch blijken docenten door het creatief gebruik van de geboden faciliteiten soms verrassende resultaten te bereiken. Zo werd bijvoorbeeld het discussion-board bij *Mechanica* gebruikt om de inschrijving voor de experimentele projecten te regelen. Dit bleek een zeer effectieve en tijdsbesparende strategie. Studenten konden zich door te reageren op een bericht toevoegen aan een groepje. Het was voor iedereen direct duidelijk waar nog plekken waren en door dit creatieve gebruik van Blackboard hoefde geen tijd geïnvesteerd te worden in het zelf opzetten van een reserveringssysteem (zie figuur 5.5).

5. Leeromgeving



Figuur 5.5 *Inschrijving voor de experimentele projecten via Blackboards discussion-board bij Mechanica. (UU)*

Ook de cursus *Computerpracticum (Mathematica-cursus)* wist creatief om de beperkingen van Blackboard heen te werken: voor de toets werden de studenten geacht om opgaven uit te werken met behulp van *Mathematica*, maar het uiteindelijke antwoord moest gegeven worden met behulp van de toetsfaciliteit van Blackboard, en de uitwerkingen in het *Mathematica*-notebook moesten wel mee ingeleverd worden. Dit bespaarde de docent veel tijd bij het nakijken. De cijferbeoordeling werd door Blackboard gedaan en de docent had eventueel wel de beschikking over de uitgewerkte notebooks, om steekproefsgewijs te bekijken hoe de antwoorden uitgewerkt waren.

Een laatste voorbeeld van het creatief gebruik van Blackboard is het gebruik van de multiplechoice-systeemfaciliteiten tijdens het interactieve college. De studenten werden geacht in groepjes antwoord te geven op een multiplechoicevraag. Dit vormde de start van een discussie over een inhoudelijk onderwerp en zo werd Blackboard gebruikt als een soort stemmachine. Studenten waardeerden deze actieve onderwijsvorm zeer en het was grappig te merken dat ook de ouders van

de studenten zeer positief reageerden toen dit gedemonstreerd werd tijdens een ouderdag. Zeker wanneer Blackboard actief gebruikt wordt bij een cursus en er toch computers bij de hand zijn, dan is het invoegen van deze quizzes een zeer aan te raden onderwijselement, omdat het college's duidelijk verlevendigt.

Uit de evaluaties van de cursussen bleek dat de meeste studenten vonden dat Blackboard de organisatie en communicatie bij de cursus(sen) die ze volgden verbeterde. De ervaringen van docenten bij het gebruik van Blackboard waren in het algemeen positief. De enige serieuze kritiek betrof de Digital DropBox.⁴⁷ Om het insturen en nakijken van werkstukken efficiënt te kunnen organiseren, zou het nodig zijn om studenten in groepen te kunnen indelen. In de versie van Blackboard die wij hebben gebruikt, was dit helaas niet mogelijk. Aan het einde van het tweede projectjaar werd Blackboard 6 in gebruik genomen. Hiermee werd het mogelijk om opdrachten te formuleren waarbij in het antwoord een document meegestuurd kon worden. De ingeleverde werken komen op een duidelijk geordende manier voor de docent beschikbaar. Dit loste voor een groot deel de problemen met de Digital DropBox op.

5.3 Fysieke werkruimte

Door de opstelling van de tafels te veranderen werd een conventionele werkcollegeruimte geschikt gemaakt voor geïntegreerd onderwijs. De studenten zaten tijdens het luisteren naar een uitleg of bij een centrale discussie niet meer achter de computerschermen.

Tijdens het doorvoeren van de onderwijsvernieuwing werd duidelijk dat aan de fysieke onderwijsruimte ook bepaalde eisen moeten worden gesteld:

- de inrichting van de zaal moet de geïntegreerde aanpak en/of snelle wisseling van de werkvormen tijdens de cursus ondersteunen;
- de ruimte moet zo ingericht zijn dat de studenten in kleine groepjes kunnen samenwerken.

Bij de Faculteit Natuur- en Sterrenkunde bij UU is tijdens het IBL-project een onderwijsruimte geschikt gemaakt voor geïntegreerd onderwijs. In een conventionele werkcollegeruimte werd hiervoor de opstelling van de tafels veranderd. De nieuwe opstelling van de tafels maakte mogelijk dat de studenten in groepjes konden werken en hierbij continu een computer tot hun beschikking hadden, terwijl de docent toch steeds het overzicht over de zaal behield (zie figuur 5.6).

⁴⁷ Digital DropBox is een tool in Blackboard om de werkstukken bij de docent in te leveren. Een docent kan een aanvullend commentaar of feedback aan de student geven.



Figuur 5.6 *Groepswork in de studiozaal in Utrecht.*

In het eerste projectjaar waren de docenten redelijk tevreden over de inrichting van deze nieuwe zaal. Het werd als positief ervaren dat het in de zaal mogelijk was de werkvormen te integreren en dat het makkelijker was contact met de zaal te krijgen. Er bleken echt wel wat verbeteringen mogelijk. De computers veroorzaakten een erg hoog basisgeluidsniveau in de zaal, waardoor het er altijd een beetje rumoerig was. Hierdoor hadden de docenten soms moeite om de aandacht van de studenten te krijgen en de studenten hadden moeite om de concentratie vast te houden. Dit probleem verdween door nieuwe processoren met geluidsarme ventilatoren in de computers te monteren.

Verder klaagden de docenten aan de UU dat het lastig was de aandacht van de studenten vast te houden tijdens plenaire onderdelen, doordat de studenten zich lieten afleiden door de aanwezigheid van de computer, ‘waar ze niet van af konden blijven’. Dit is opgelost door ‘Netsupport school’⁴⁸ te installeren; hiermee kunnen de docenten de schermen van de studenten bevriezen, instellen dat bepaalde applicaties niet mogen draaien, of juist instellen dat slechts één bepaalde applicatie mag draaien, het beeld van de computer van de docent naar alle studentcomputers sturen, en nog veel meer. Ook voor het projectteam opvallend en verrassend was de constatering dat deze hardwarematige aanpassingen – samen met de meer ervaren docenten en wat kleinere groepen – het algehele succes van zeker een van de cursussen (waarbij de hierboven beschreven problemen het grootst waren) enorm verbeterd hebben.

Aan de UvA was aan het begin van het project op het AMSTEL Instituut al een studiezaal beschikbaar die ingericht was als studio-classroom. In de loop van het IBL-project is ervaring opgebouwd met de invloed van de inrichting van de werkruimte op het onderwijsproces.

In de studio-classroom aan de UvA staan zestien computers. Tijdens plenaire

⁴⁸ Homepage: http://www.netsupport-inc.com/nss/netsupport_school_overview.htm

lesonderdelen zitten studenten met de rug naar de computer toe; werken ze aan de computer, dan zitten ze met de rug naar de docent toe. Wanneer de docent centraal iets vertelt, moet elke student zich dus fysiek omdraaien, om zijn/haar aandacht vast te kunnen houden, niet afgeleid door de aanwezigheid van de computer.

Uit de gesprekken met de docenten blijkt dat ze het werken in de studio-classroom heel aangenaam hebben gevonden. Het was voor de docenten prettig dat de studenten tijdens het luisteren naar een uitleg of bij een centrale discussie niet achter de schermen zaten. Tijdens het zelfstandig werken van de studenten waardeerde de docent het dat hij op de schermen van studenten steeds kon zien wat ze deden. Zo kon de docent effectiever studenten helpen en sneller ingrijpen. Ook door de studenten werd deze zaal als heel prettig ervaren.

Bij het vak *Methoden en technieken* aan de UvA waren er zoveel studenten om allemaal in één studio-classroom te kunnen werken; daarom werd de totale groep in tweeën gesplitst: de ene groep in de studio-classroom, de andere groep in een traditionele computerzaal. Allebei de groepen waren met de werkomstandigheden tevreden. Wel waren de eindcijfers van de studenten die in de studio-classroom werkten merkbaar hoger dan die van de studenten die in een traditionele computerzaal werkten.

Bij elke computer is in de studio-classroom ruimte gemaakt om eenvoudige experimenten te kunnen uitvoeren (zie figuur 5.7).



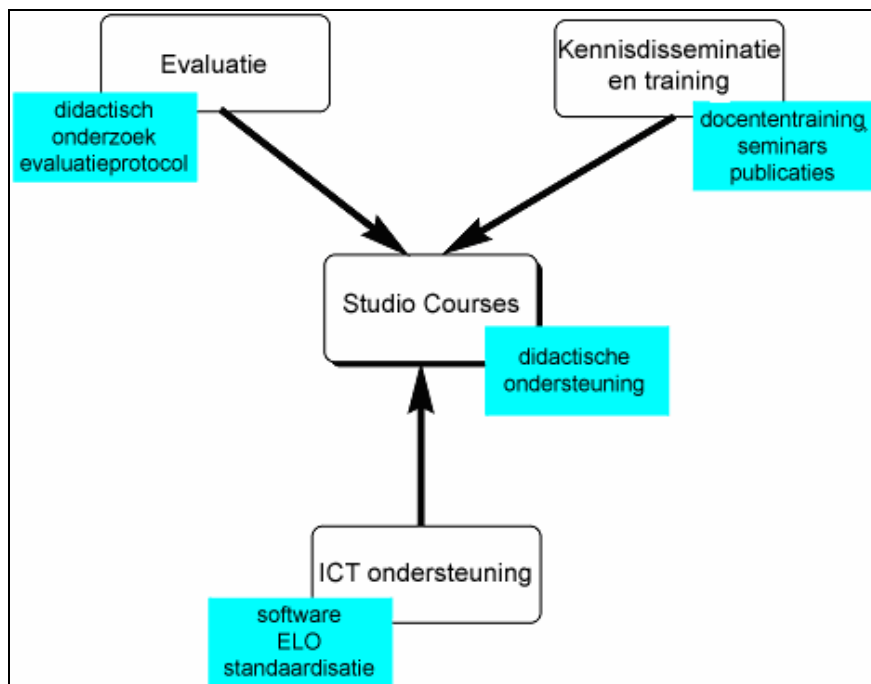
Figuur 5.7 *Experimenteren en de resultaten meteen verwerken in de studio-classroom op het AMSTEL Instituut.*

Het inrichten van nieuwe zalen was geen doel van het IBL-project. Maar de ideeën over het inrichten van activerend geïntegreerd onderwijs (studio-courses) hebben zich als een olievlek verspreid en dit had invloed op de plannen die te maken

hebben met het inrichten van nieuwe zalen. Aan de UU is direct na de projectperiode begonnen met het ontwerpen van een extra ruimte die in september 2004 in gebruik is genomen. Bij de FNWI was aan het begin van het project één zaal ingericht als studio-classroom. Eind 2003 waren er computerzalen aanwezig die optimaal zijn voor dit onderwijsconcept. In de nieuwbouw van de faculteit in Watergraafsmeer zijn zes van zulke computerzalen gepland.

Slotwoord

Een onderwijsvernieuwing zoals de introductie van studio-courses gaat niet vanzelf. Niet alleen het ontwikkelen van nieuw lesmateriaal en nieuwe werkvormen is nodig, maar ook de werkzaamheden eromheen zijn belangrijk. Het betreft de didactische ondersteuning van het ontwikkelen van cursussen, de verzorging van de ICT-infrastructuur en de zorg dat de ingezette onderwijsvernieuwing doorgaat, ook na beëindiging van het project of het stoppen van cursussen. Figuur 6.1 maakt het plaatje compleet.



Figuur 6.1 *Schematisch beeld van de ondersteuning binnen het IBL-project.*

Aan het eind van deze publicatie willen we nog enkele belangrijke ervaringen meegeven aan iedereen die ook een onderwijsvernieuwing wil gaan realiseren waarbij ICT een rol speelt:

- ontwikkelen van nieuwe cursussen is een complexe opdracht. In een ontwikkelteam van docenten, assistenten en vakdidactische deskundigen verloopt dit soepel en efficiënt;
- om een meer complexe vernieuwing succesvol te laten verlopen, is een goede ICT-infrastructuur noodzakelijk. Deze kan centraal geregeld worden voorzover dat mogelijk en praktisch is;

6. Slotwoord

- de communicatie tussen de cursusontwikkelteams is een doorlopend aandachtspunt. Dit is gemakkelijker te realiseren als de dragende figuren in het project enerzijds deelnemers zijn van deze teams en anderzijds bij centrale activiteiten betrokken zijn;
- bij een onderwijsvernieuwing is het verstandig om na te gaan of door de veranderingen nieuwe of andere voorzieningen nodig zijn;
- het is essentieel dat de docent deze voorzieningen ook in de jaren na een vernieuwingsproject vanzelfsprekend ter beschikking heeft. Dit lijkt een open deur, maar de ervaring leert dat dit toch niet zo is;
- bij het (her)inrichten van de computerzalen of het bouwen van nieuwe zalen moet rekening gehouden worden met de onderwijswerkvormen. De twee belangrijkste redenen zijn:
 - een inrichting van de computerzaal waar geen rekening gehouden wordt met diverse onderwijswerkvormen kan het onderwijs erg belemmeren;
 - als bij de inrichting van de computerzaal wel rekening gehouden wordt met de randvoorwaarden van activerend geïntegreerd onderwijs, dan werkt dit stimulerend voor studenten en docenten, en het versterkt het onderlinge contact;
- het studio-coursemodel is een geschikt onderwijsmodel om in te zetten bij diverse cursussen waar activerend onderwijs een uitgangspunt is;
- het studio-coursemodel kan aan de docent genoeg vrijheid geven om de cursus creatief in te richten.
- in een studio-course-opzet kan een docent direct zien wat de leerproblemen van de studenten zijn, wat het effect van zijn of haar lesgeven is, en kan hij of zij meteen ingrijpen.

Dit alles betekent niet dat een docent niet zelf, zonder een projectopzet zijn of haar cursus kan vernieuwen en meer activerend maken. We hopen dat ook zij of hij hierbij gebruik kan maken van onze ervaringen.

De video *Studio Course Model*⁴⁹ (in de bijlage) brengt deze ervaringen in beeld.

⁴⁹ URL van de video *Studio Course Model*:

Te bekijken met LAN/adsl/kabel:

<http://stream1.surfnet.nl/cgi-bin/users/launch.cgi?u/uva/windowsmedia/fnwi/scm-hb.asf>

Te bekijken met een modem:

<http://stream1.surfnet.nl/cgi-bin/users/launch.cgi?u/uva/windowsmedia/fnwi/scm-lb.asf>

7

Literatuurlijst

Apple, T.; Cutler, A. The Rensselaer Studio General Chemistry Course. *J.Chem Educ.* **1999**, 76 (4), 462-463.

Baher, H. Analog & Digital Signal Processing, Second Edition, Wiley, New-York, **2001**.

Van Bommel, H.; Kaper, W.; Brouwer, N.; Engelbarts, M. How to Make the Evaluation of ICT Rich Courses and its Teaching Material Useful for the Lecturer?, EUNIS: Beyond the Network, Amsterdam 2-4 juli **2003**, pp. 205-207. Homepage EUNIS: Beyond the Network: www2.ic.uva.nl/eunis2003/index.htm, EUNIS-homepage: <http://www.eunis.org>, april 2004.

Van Bommel, H. Do students learn wave concepts when a course focuses on wave mathematics? ESERA 2003, Noordwijkerhout 19-23 augustus, **2003**, homepage: www1.phys.uu.nl/esera2003/default.shtml, april 2004.

Berry, J.; Graham, E; Watkins, A. *Learning Mathematics through Derive*. Ellis Horwood, Chichester, UK, **1993**.

Bloom, B.S.; Krathwohl, D.R.; Masia, B.B. Taxonomy of educational objects: the classification of educational goals. McKay, New York, 1956.

Zie ook Bloom's Taxonomy – Overviews:

www.ceap.wcu.edu/Houghton/Learner/think/bloomsTaxonomy.html, onderdeel van de site Applying Higher Order (Bloom's Taxonomy) Thinking Skills, www.ceap.wcu.edu/Houghton/Learner/think/thinkhigherorder.html, Western Carolina University, **2003**, april 2004.

Bonham, S.W.; Risley, J.S.; Christian, W. Using Physlets to teach Electrostatics. *The Physics Teacher* **1999**, 37, 276– 280.

Buchberger, B. Should students learn integration rules? *SIGSAM Bull.* **1990**, 24 (1), 10-17.

Christian, W.; Physlets, Davidson College vanaf **2001**, <http://webphysics.davidson.edu/Applets/>, april 2004.

Christian, W; Belloni, M. Physlet Physics. Interactive Illustrations, Explorations, and Problems for Introductory Physics. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, **2004**.

7. Literatuurlijst

Crouch, C. H.; Mazur, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. *Am. J. Phys.* **2001**, 69 (9), 970-977.

Cummings, K.; Marx, J.; Thornton, R.; Kuhl, D. Evaluating innovation in studio physics. *Phys.Educ.Res., Am. J. Phys. Suppl.* **1999**, 67, S38-S44.

Heid, M.K. Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *J. Res. Math. Edu.* **1988**, 19 (1), 3-25.

Hestenes, D.; Wells, M.; Swackhamer, G. Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, **1992**, 30 (3) 141-158.

Heugl, H.; Klinger, W.; Lechner, W. *Mathematikunterricht mit Computeralgebra-Systemen*. Addison-Wesley (Deutschland) GmbH, **1996**.

Hurley, J.F.; Koehn, U.; Ganter, S.L. Effects of Calculus Reform: local and national. *Amer.Math.Monthly* **1999**, 106 (9), 800-811.

Jewell, T.K. Teaching hydraulic design using equation solvers. *J.Hydraul.Eng-ASCE* **2001**, 127 (12), 1013-1021.

Kallenberg, A.J. et al. *m Leren en Doceren in het hoger onderwijs*. LEMMA, Utrecht, **2000**.

Mathematica-homepage: www.wri.com, Wolfram Research Inc., april 2004.

MATLAB-homepage: www.mathworks.com, The MathWorks, april 2004.

Mazur, E. *Peer Instruction: A User's manual*, Prentice Hall. Upper Saddle River, **1997**.

Macintyre, T.; Forbes, I. Algebraic skills and CAS – Could assessment sabotage the potential? *Int.J. Comp. Alg. Math. Educ.* **2002**, 9, 29-56.

Mastering Physics-homepage: <http://www.masteringphysics.com>, Pearson Education, publishing as Addison Wesley, © **2004**, april 2000.

Meltzer, D.E.; Manivannan, K. Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture. *Am.J.Phys.* **2002**, 70 (6), 639-654.

QuestionMark Perception-homepage: www.questionmark.com/ned/home.htm, Question Mark ©**1995-2003**, april 2004.

Reimer, Y.J.; Douglas, S.A. Teaching HCI Design with the Studio Approach. *Comp.Sci.Edu.* **2003**, 13 (3) 191-205.

Schwalbe, D.; Wagon, S. *VisualDSolve: Visualizing Differential Equations with Mathematica*, TELOS/Springer-Verlag, New-York, **1996**.

Traver, H.A.; Kalsher, M. J.; Diwan, J. J.; Warden, J. Student reactions and learning: evaluation of a biochemistry course that uses web technology and student collaboration. *Biochem. Mol. Biol. Edu.* **2001**, 29 (2), 50-53.

Video Studio Course Model, URL:

Te bekijken met LAN/adsl/kabel:

<http://stream1.surfnet.nl/cgi-bin/users/launch.cgi?u/uva/windowsmedia/fnwi/scm-hb.asf>

Te bekijken met een modem:

<http://stream1.surfnet.nl/cgi-bin/users/launch.cgi?u/uva/windowsmedia/fnwi/scm-lb.asf>

WebAssign-homepage: <http://www.webassign.net/>, North Carolina State University under license to Advanced Instructional Systems, Inc. ©1997-2003, april 2004.

Wilson, J.M.; Jennings, W.C. Studio courses: How information technology is changing the way we teach, on campus and off. *P IEEE* **2000**, 88 (1): 72-80. Zie ook www.JackMWilson.com.

Williams, P.J; Retson, D.; Symons, S. The Effectiveness of Computer-Based Studio Teaching of Physics. *Physics in Canada*, **2003**, 59 (4) 201-204.

Young, H. D.; Freedman, R.A. *University Physics*, 10th Ed., Addison-Wesley, San Francisco, **2000**.