

WOUDSCHOTEN

2007

Natuurkunde en Technologie

Verslag Woudschotenconferentie 2001

Werkgroep Natuurkunde-Didactiek

**Buijs Ballotlaboratorium
Princetonplein 5
3584 CC Utrecht
Tel.: 030-2531179**

Bestuur

Voorzitter:	H.M.C. Eijkelhof
Penningmeester:	J. Kortland
Leden:	F. Budding
	J. Hellemans
	P.J.M. Hillebrink
	D.A. van de Straat
	M. Vloemans
	P.J. Wippoo

Verslag

Redactie:	J. Kortland, J. Hellemans en F. Budding
Typewerk/layout:	W. van Eijnsden
Foto's:	J.J. Wijnmalen
Omslag:	Brouwer, Utrecht

Inhoud

Inhoud		
Programma		
Voorwoord	1	
Uitreiking Minnaertprijs 2001	3	
Lezingen		
Fysica van het Dagelijks Leven <i>R.F. Mudde</i>	5	
Natuurkunde: hoeksteen van ruimtetechnologie <i>J.A.M. Bleeker</i>	9	
De didactiek van technisch ontwerpen <i>J.E. Frederik</i>	11	
Natuurkundigen en het NFI <i>P. Vugts</i>	17	
Klinische fysica: onmisbaar in de radiotherapie <i>M. Dirks</i>	19	
Just-in-Time Teaching <i>B. Thijsse</i>	25	
Printen in kleur met inktdruppels: razendsnel jongeleren met picoliters <i>J. Geraedts</i>	31	
Werkgroepen		
3. Kaleidoscoop <i>H. Biezeveld, R. Peerdeman & K. Wageman</i>	37	
5. Anticiperen op leerlingeninbreng bij probleemgeoriënteerd onderwijs <i>H. Poorthuis</i>	39	
7. Natuurkunde Community <i>M. Castenmiller & B. Michels</i>	41	
8. Discovery Game: een uitdagend natuurkundespel <i>J. van den Adel & P.J. Blankert</i>	43	
9. Aan de inhoud herkent men de fles – betrouwbaarheid en validiteit bij practica <i>J. Buning & F. van Liempt</i>	45	
10. 'Good practice' onderzoek bij ANW: aanpak en conclusies <i>J. Flokstra & H. Pol</i>	49	
12. Van onderzoeksvaardigheden naar een natuurwetenschappelijke houding <i>R. Genseberger & T. van der Valk</i>	55	
15. Vraag en antwoord in de natuurkundeles <i>B. Westerveld, E. Blomberg & W. Schraven</i>	59	
17. Studio Courses: activerende werkvormen in het eerstejaars universitair natuurkunde-onderwijs <i>H. van Bommel</i>	61	
18. @-Na project en Virtueel Practicum: digitaal lesmateriaal voor het studiehuis <i>P. Molenaar, R. Knoppert & T. Wieberdink</i>	63	
19. Studiehuis Project Internet en Natuurkunde (SPIN) <i>A. de Jong, F. Lapoutre, J. Rasing, J.P. Borgonjen & R. Scheepens</i>	65	
22. Het LTW systeem: eens wat anders met techniek ondergeschikt aan inhoud! <i>P. Uylings</i>	69	
24. Virtuele Practica <i>T. Bonsen & J. Hellemans</i>	73	
26. Computerondersteund modelleren in de NG/NT-profielen: een vak-overstijgende aanpak <i>E. Savelsbergh, K. Kortland & G. Prins</i>	75	
28. Inventa educatief meetsysteem <i>P. van Damme</i>	77	
29. De toepassing van technische natuurkunde in de industriële ontwikkeling van deeltjesversnellers bij IBA <i>W.J.G.M. Kleeven</i>	79	
30. Leskist 'duurzame energie' als hulpmiddel bij het profielwerkstuk <i>D. en S. Idzenga</i>	81	
32. Geluid analyseren, produceren en opnemen met de computer <i>J. van der Meulen</i>	83	
35. Subsidie voor ICT-practica mogelijk <i>P. Geerke</i>	85	
36. CERN <i>R. van Peteghem</i>	87	
Marktinformatie practicummateriaal Deelnemerslijst		

Programma

36^e Woudschotenconferentie

Vrijdag 14 december

12.30 - 14.00 uur	Ontvangst
14.00 - 14.10 uur	Opening van de conferentie door de voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, Prof.dr. H.M.C. Eijkelhof
14.10 - 14.20 uur	Informatie over de conferentie door de conferentievoorzitter, Ir. C. de Beurs
14.20 - 15.10 uur	Plenaire lezing door Dr. R.F. Mudde : Fysica van het dagelijks leven: natuurkunde is overal
15.10 - 15.20 uur	Uitreiking Minnaertprijs 2001
15.20 - 16.00 uur	Thee
16.00 - 17.00 uur	Keuze uit vier lezingen: <ul style="list-style-type: none">- Prof.dr.ir. J.A.M. Bleeker: Natuurkunde: hoeksteen van ruimtetechnologie- Prof.dr. S. Borghs: Micro-elektronica en verder, nieuwe wetenschappelijke uitdagingen- Mw.dr. J.E. Frederik: De didactiek van technisch ontwerpen- Mw.ing. P. Vugts: Natuurkundigen en het NFI
17.00 - 17.30 uur	Aperitief
17.30 - 19.15 uur	Diner
19.30 - 21.00 uur	Werkgroepen
vanaf 19.30 uur	Markt

Zaterdag 15 december

- 7.45 - 8.45 uur** Ontbijt
- 9.00 - 9.50 uur** Plenaire lezing door **Prof.dr. M.J.G. Veltman**: Feiten en mysteries in de deeltjes fysica
- 10.00 - 10.50 uur** Keuze uit vier lezingen:
- **Dhr. H. Telle**: TechnoTalent
 - **Prof.dr. J.W.M. Frenken**: Atomen zien aan oppervlakken met de rastertunnelmicroscop
 - **Dhr. J.W. Martens**: Fysici binnen ASML
 - **Dr.ir. M.L.P. Dirkx**: Klinische fysica: onmisbaar in de Radiotherapie
- 10.50 - 11.20 uur** Koffie
- 11.20 - 12.45 uur** Werkgroepen
- 12.45 - 13.45 uur** Lunch
- 13.45 - 14.40 uur** Keuze uit vier lezingen:
- **Dr. B.J. Thijsse**: Just-in-Time Teaching
 - **Dr. G.W.R. Leibbrandt**: Optische recording: de fysica achter DVD, DVD+RW en wat daarna komt
 - **Ir.ing. M.J. van der Hoek**: Optische glasvezeltechnologie en opto-elektronica: waar zouden we zijn zonder (moderne) natuurkunde?
 - **Dr. J.M.P. Geraedts**: Printen in kleur met inktdruppels: razend snel jongleren met picoliters
- 14.40 - 15.00 uur** Thee
- 15.00 - 15.30 uur** Presentatie **Marc Govaert**
- 15.30 - 15.40 uur** Sluiting van de conferentie
- 16.00 uur** Vertrek bus naar station Leiden

Voorwoord



Zoals elk jaar had de Woudschotenconferentie ook nu weer een speciaal thema: Natuurkunde en Technologie. Om diverse redenen een belangrijk onderwerp. De discipline Natuurkunde ontwikkelt zich snel dankzij allerlei technologische producten en veel nieuwe technologie is gebaseerd op recent verworven fysische inzichten. De impact is dus wederzijds. De ontwikkelingen op het grensvlak van fysica en techniek zijn dynamisch en zouden leerlingen kunnen motiveren in deze richting verder te studeren wanneer zij ermee op school in aanraking komen. Ook het natuurkundeonderwijs zelf heeft raakvlakken met techniek:

- natuurkundige principes kunnen worden geïllustreerd aan de hand van technische producten
- fysische inzichten kunnen worden toegepast in een technologische context
- fysische technieken worden gebruikt bij metingen en het verwerken van gegevens
- 'ontwerpen' heeft overeenkomsten en verschillen met 'onderzoeken'.

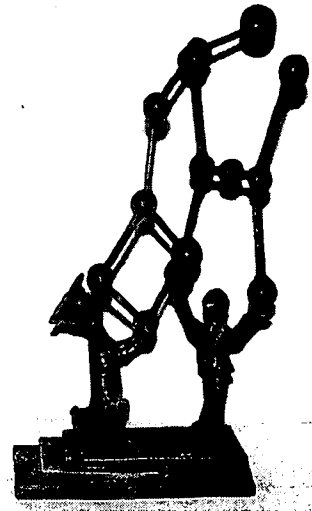
Bij onze verkenningen tijdens de voorbereiding van de conferentie bleek het thema zo breed dat we een stevige selectie moesten maken. Er zijn genoeg onderwerpen overgebleven om binnenkort nog eens een conferentie over dit thema te organiseren.

Tijdens de conferentie is de tweejaarlijkse Minnaertprijs uitgereikt aan Theo van Welie. Waarom hij die verdiend heeft kunt u lezen in dit verslag. Verder in deze publicatie uiteraard veel schriftelijke verslagen van lezingen en werkgroepen, ondersteund door beelden van onze vaste fotograaf Jos. Hopelijk stimuleert het verslag u volgend jaar weer aanwezig te zijn en misschien zelf een bijdrage te leveren door middel van een werkgroep of een presentatie op de markt. Immers, de conferentie draait op de inbreng vanuit de wereld van natuurkundigen werkzaam in onderwijs en onderzoek. Suggesties blijven welkom.

Harrie Eijkelhof
Voorzitter WND



Uitreiking Minnaert-prijs 2001



De Minnaert-prijs wordt in principe eens in de twee jaar uitgereikt aan iemand die zich gedurende een reeks van jaren verdienstelijk heeft gemaakt voor het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs in Nederland. Dat betekent dat hij of zij meer heeft gedaan dan alleen het goed uitoefenen van zijn of haar taak. Er moeten ook duidelijk aanwijsbare effecten zijn buiten de eigen werkring.

In het verleden is de prijs uitgereikt aan Henk Mulder, Rosalind Driver, Herman Hooymayers, Jan Leisink, Maarten van Woerkom, Hubert Biezeveld en Ton Elmermeijer.

We doen niet aan openbare nominaties zoals in de literaire wereld, we houden de TV buiten de deur, we doen het op onze eigen manier.

We hebben wel een onafhankelijke jury. De jury bestond dit jaar uit:

- Frits Dekkers, Fontys lerarenopleiding Tilburg, voorzitter
- Imme de Bruin, Universiteit Twente
- Cathalijn Drukker, docent te Zwolle.

Ik dank de jury voor hun werk en dit jaar in het bijzonder Frits die dit nu voor de derde en laatste maal heeft gedaan.

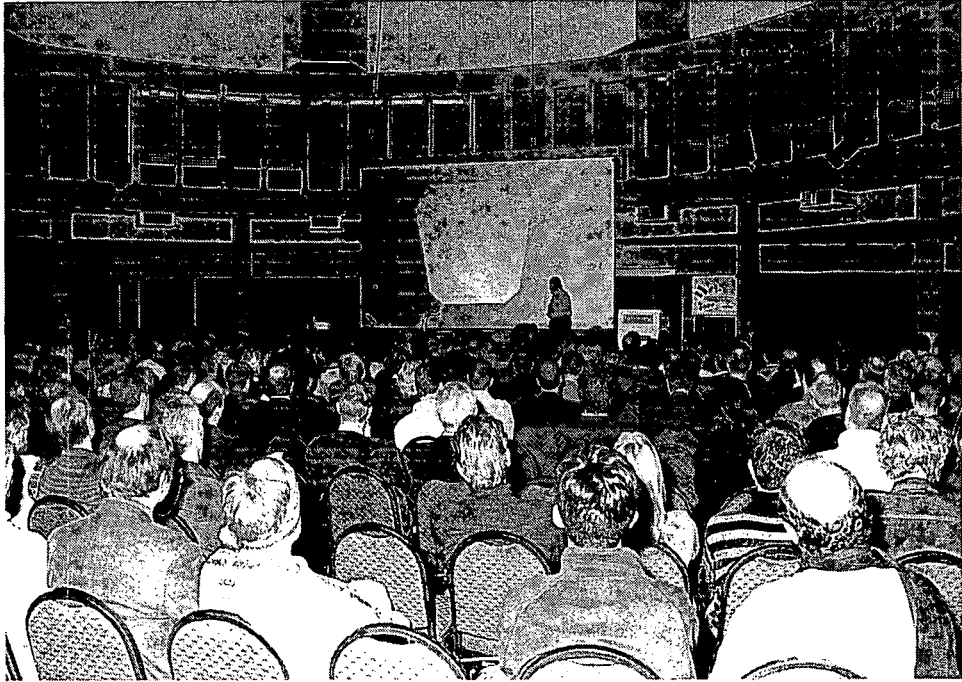
De jury heeft dit jaar een voordracht gedaan waar wij als bestuur van de Werkgroep van harte mee hebben ingestemd. Dat betekent dat ik dit jaar de achtste Minnaert-prijs mag uitreiken, aan ... Theo van Welie.

Theo van Welie is een begrip in de wereld van het natuurkundeonderwijs in Nederland. Na vele jaren werkzaam te zijn geweest als docent stapte hij over naar de uitgeverwereld waar hij zich in het bijzonder bemoeide met uitgaven op het terrein van natuur- en wiskunde. Het bloed kroop echter waar het niet gaan kan en Theo keerde terug naar het voortgezet onderwijs, eerst te Rotterdam en thans op het gymnasium te Leiden. Hij is een buitengewoon enthousiaste docent en laat al zeer lang collega's profiteren van zijn ervaringen en creativiteit. Onder meer doet hij dit als eindredacteur natuurkunde van NVOX. Hij publiceerde niet alleen vele artikelen maar kreeg ook bekendheid door zijn Krakkers en Sarretjes, originele fysische puzzels en probleemstellingen. Ook naar buiten behartigt hij de belangen van het voortgezet onderwijs in de natuurkunde op een zeer betrokken wijze. Dit moge blijken uit zijn lidmaatschap van de redactie van het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde. In dit tijdschrift nam hij actief deel aan de discussies over het eindexamen natuurkunde VWO en de positie van het vak Algemene Natuurwetenschappen in de Tweede Fase. Daarnaast was hij lid en voorzitter van het sectiebestuur natuurkunde van de NVON, maakte hij deel uit van de commissie die het WEN-programma heeft samengesteld en was hij lid van de Vakontwikkelgroep voor ANW. Ook vond hij naast zijn normale baan nog tijd om samen met enkele collega's de nieuwe methode Scala te ontwikkelen. De jury is onder de indruk van het grote enthousiasme en de niet aflatende betrokkenheid die Theo gedurende een lange periode heeft getoond.





Lezingen



Fysica van het Dagelijks Leven

R.F. Mudde

Technische Universiteit Delft



Inleiding

De opleiding Technische Natuurkunde aan de Technische Universiteit Delft heeft sinds 2 jaar een gezamenlijke propedeuse met de studierichtingen Chemische technologie, Biotechnologie en Materiaalkunde. De bedoeling hiervan is het de studenten makkelijker te maken om binnen deze studies te switchen als ze gedurende het eerste jaar zich meer aangetrokken voelen tot een van de andere studies dan degene die ze aanvankelijk hebben gekozen. In het tweede semester zijn vier keuzevakken ingeroosterd, die gelijktijdig gegeven worden. De studenten kunnen op individuele basis kiezen welk vak ze volgen. Er is de keuze uit:

- De levende cel als fabriek
- Energie, materie en leven
- Wetenschappelijk onderzoek aan dunne films
- Fysica van het Dagelijks Leven

Vrijwel alle studenten 'Technische Natuurkunde' volgen het keuzevak Fysica van het Dagelijks Leven.

Doelstelling

Het vak beoogt studenten te laten nadenken over natuurkunde uit het dagelijks leven. Bekende voorbeelden worden besproken. De nadruk ligt op analyse, model en oplossing. Voor het maken van een model en het oplossen zal indien nodig een beroep gedaan worden op fenomenologie. Tevens is het van belang, dat de studenten proberen orde van grootte te schatten om zo de belangrijke van de onbelangrijke effecten te onderscheiden. Tevens dient een gevoel voor 'grootheden en getallen' ontwikkeld te worden. Voor de ingenieurspraktijk is het noodzakelijk om een gefundeerde 'snelle' schatting te kunnen maken, waarmee de orde van grootte bepaald wordt. Het college beoogt om duidelijk verder te gaan dan een populair wetenschappelijke aanpak: geen praatje bij een plaatje. Schematisch kan bovenstaande als volgt weergegeven worden (figuur 1).

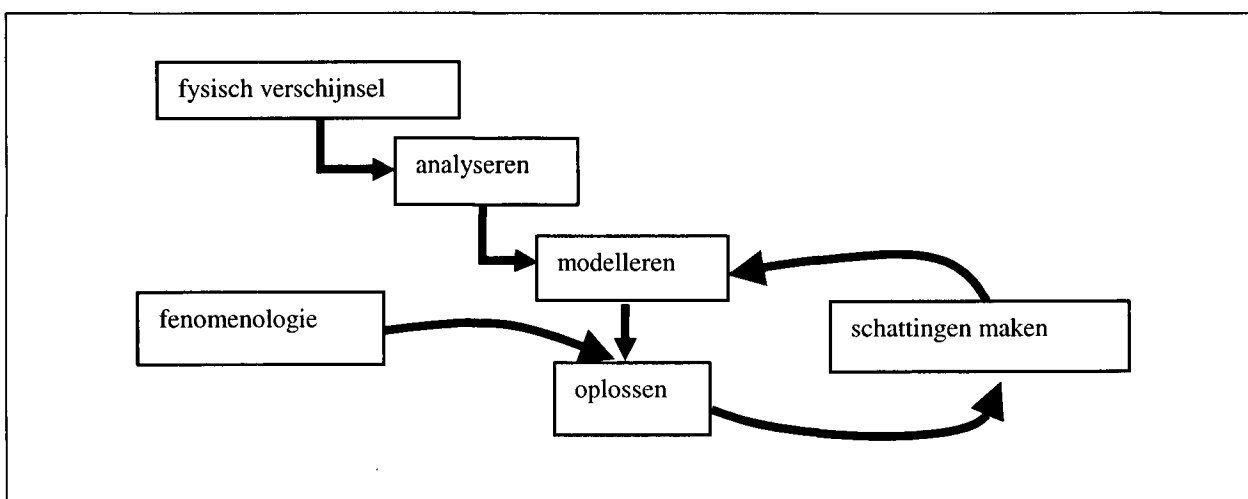


Fig. 1

Het college kent geen tentamen als eindtoets. In plaats daarvan dienen de studenten in duo's een 'natuurkundig' opstel te maken. Dit betekent dat een door de studenten zelf te kiezen verschijnsel uit het dagelijks leven (in brede zin) geanalyseerd, gemodelleerd en indien mogelijk opgelost wordt. De eisen hieraan zijn mild: de studenten zijn pas halverwege hun eerste jaar. Door te laten werken in duo's wordt de discussie bevorderd. Bovendien zijn de eisen betreffende communicatieve vaardigheden aan de hedendaagse ingenieur veel hoger dan voorheen. Dit aspect krijgt binnen de studie op meerdere plaatsen aandacht. Het samenwerken aan opdrachten is hiervan een deel.

Onderdelen

Het college volgt een indeling in 6 thema's, die in onderstaande opsomming zijn weergegeven.

- Sky light
- Water and light
- Bubbles
- Bernoulli's law
- Heat
- Mechanics

Voorbeeld 1: 'Waarom is de lucht blauw?'

Iedereen weet dat de (onbewolkte) lucht blauw is. Maar waarom dit zo is, is bij weinigen bekend. Met betrekkelijk elementaire natuurkunde is dit echter goed te begrijpen. De sleutel is de verstrooiing van licht door de moleculen in de atmosfeer. Deze verstrooiing is golflengte-afhankelijk: lange golven worden veel minder effectief verstrooid dan korte golven. Dit betekent uiteraard, dat het blauwe deel van het zichtbare spectrum beter verstrooid wordt dan het rode deel. Dat maakt de lucht blauw. De verstrooiing gaat evenredig met de vierde macht van de lichtfrequentie. Dit is met een eenvoudig model te begrijpen. Vat verstrooiing van licht aan een molecuul op als de interactie tussen een elektromagnetische golf en een elektron. Dit elektron is uiteraard niet vrij, maar gebonden aan een kern. We zullen dit representeren met een massa-veer systeem (figuur 2).

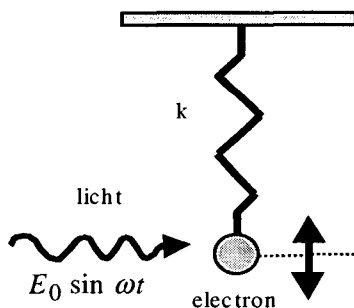


Fig. 2

Het inkomende licht is een golvend elektrisch veld, dat door het elektron als een kracht ervaren wordt. Hierdoor wordt het massa-veer systeem aangedreven.

De bewegingsvergelijking voor het elektron luidt als volgt:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = eE_0 \sin \omega t$$

De oplossing hiervan is te schrijven als:

$$x(t) = \frac{eE_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \sin \omega t \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

Als gevolg van de oscillatie gaat het elektron zelf straling uitzenden. Dit gaat evenredig met het kwadraat van de (gemiddelde) versnelling. Dit geeft voor de frequentie-afhankelijkheid van de uitgezonden straling:

$$P \propto \langle a^2 \rangle_t \propto \frac{\omega^4}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2} \approx \frac{\omega^4}{\omega_0^4}$$

De eigenfrequentie van het massa-veer systeem ligt voor de moleculen in de lucht in het verre UV-deel van het spectrum. We kunnen dus aannemen:

$$\omega_0 \gg \omega$$

Hiermee is het uitgestraalde vermogen dus in goede benadering evenredig met de vierde macht van frequentie van het inkomende licht, met als consequentie dat de lucht blauw is.

Veel interessante wetenswaardigheden over licht in de vrije natuur zijn verzameld in het boek van D.K. Lynch & W. Livingston, *Color and Light in Nature*, Cambridge Univ Press.

Voorbeeld 2: Ruisende beken

Minnaert heeft in de dertiger jaren onderzocht waar het karakteristieke ruisen van bergbeekjes vandaan kwam. Hij concludeerde dat dit veroorzaakt werd door kleine belletjes die in het water gevangen waren. Deze belletjes pulseren en zijn zo de bron van het ruisen dat waargenomen wordt.

Met behulp van eenvoudige middelen heeft Minnaert experimenten met geluid, geproduceerd door belletjes, uitgevoerd. Zijn experimentele opstelling is weergegeven in figuur 3. De experimentele resultaten komen overeen met theoretische waarden die Minnaert afleidde. Minnaert concludeerde dat de frequentie van het geproduceerde geluid te beschrijven is volgens:

$$f = \frac{328}{r}$$

Hierbij is r de belstraal in centimeters en wordt de frekwentie in Hz bepaald.

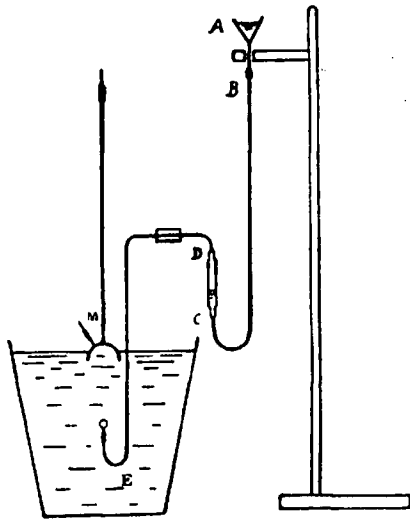


Fig. 3

Dit resultaat is af te leiden door een bolvormige bel te beschouwen met straal R . De bel bevindt zich in een grote hoeveelheid water. Zwaartekracht wordt buiten beschouwing gelaten, zodat de bel stil hangt. We nemen vervolgens aan dat de belstraal verandert, zeg van R naar $R+\Delta R$. Hierdoor moet het water stromen. Op grond van symmetrie zal duidelijk zijn dat de watersnelheid v_r beschreven kan worden met (het centrum van de bel valt samen met de oorsprong):

$$v_r(r,t) = \frac{R^2}{r^2} v_R(t)$$

met $v_R(t)$ de snelheid van het beloppervlak. Hieruit is de impuls P_r in het systeem te berekenen:

$$P_r = 4\pi\rho_w R^3 v_R$$

Hierin is ρ_w de dichtheid van het water.

De beweging van het water vertegenwoordigt de inertie in het systeem. De teruggedrijvende kracht wordt geleverd door de druk (figuur 4). In de bel verandert die omdat het belvolume verandert. In de vloeistof is de druk ten naaste bij constant. Dus, voor de kracht vinden we:

$$F_r = (p - p_0) 4\pi R^2$$

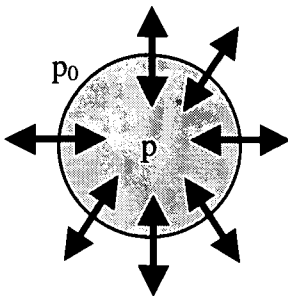


Fig. 4

Tenslotte koppelen we de druk en het volume van de bel via de ideale gaswet. We nemen aan dat het gehele proces adiabatisch verloopt: de geluidsoscillaties zijn te snel om isotherme condities te kunnen bewerkstelligen. Als we bovenstaande zaken combineren vinden we voor de veranderingen van de belstraal (in de lineaire limiet) onderstaande vergelijking:

$$\frac{d^2 \Delta R}{dt^2} + \frac{3\gamma p_0}{\rho_w R_0^2} \Delta R = 0$$

met ΔR de verandering van de belstraal, R_0 de ongestoorde belstraal en

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.4$$

de verhouding van de soortelijke warmte van het gas in de bel.

Uit deze vergelijking is meteen duidelijk, dat de oscillatiefrequentie gegeven wordt door:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3\gamma p_0}{\rho_w R_0^2}}$$

Invullen van de grootheden laat zien dat dit resultaat overeenkomt met de door Minnaert gegeven vergelijking.

Voorbeeld 3: Ontdooien van een bevroren boterham

Stel, je ontdekt vlak voor de lunch dat er alleen brood in de vriezer ligt. Je bent milieubewust en wilt om dit brood te ontdooien geen gebruik maken van de magnetron. In plaats daarvan wordt het bevroren brood in losse boterhammen uitgespreid over de gedekte tafel. Om de tafel (en het brood) niet vies te laten worden, leg je het brood niet direct plat op tafel, maar laat het met één zijde op de rand van je bord steunen, zodat het vrijwel horizontaal ligt. Als alternatief zet je een boterham recht op (steunend tegen het oor van je theekopje).

Wat ontdooit sneller: horizontaal of vertikaal?

Het antwoord op deze vraag kan verkregen worden door de warmtestromen naar het brood te analyseren. De drijvende kracht achter het warmtetransport is uiteraard het verschil in temperatuur ΔT tussen het brood en de relatief warme omgevingslucht (figuur 5). We schrijven voor de warmtestroom

$$\phi_q = Ah\Delta T$$

met A het uitwisselend oppervlak voor de warmtestroom. Deze vergelijking is analoog aan de wet van Ohm.

$$V = I \cdot R \Leftrightarrow \Delta T = \frac{1}{h} \cdot \phi_q''$$

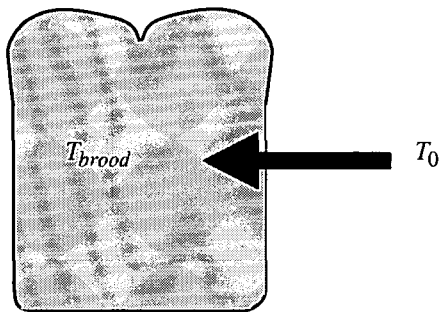


Fig. 5

We kunnen nu de weerstanden voor warmtetransport in het systeem identificeren: er is een weerstand in de luchtlaag die aan het brood grenst (l/h_u) en een weerstand in het brood (l/h_i). Deze twee weerstanden staan in serie. Indien de inwendige weerstand veel groter is dan de uitwendige, zal het niet uitmaken of de boterham vertikaal of horizontaal is opgesteld. De inwendige weerstand is te schatten met:

$$h_i \approx 4.93 \frac{\lambda_b}{D}$$

met D de dikte van de boterham en λ_b de warmtegeleidingscoëfficiënt van bevroren brood. Voor de uitwendige weerstand moeten we onderscheid maken tussen de verticale en horizontale oriëntatie:

$$h_{vert} \approx 0.55 \left(\frac{L^3 g \Delta T}{a \nu \langle T \rangle} \right)^{1/4} \frac{\lambda_{air}}{L}$$

$$h_{hor} \approx \frac{\lambda_{air}}{D}$$

met a , ν en λ_{air} de warmtevereffeningscoëfficiënt, kinematische viscositeit en warmtegeleidingscoëfficiënt van lucht, $\langle T \rangle$ het gemiddelde van de lucht- en

boterhamtemperatuur, L de lengte van een boterham en g de zwaartekrachtsversnelling.

Invullen van numerieke gegevens leert dat de uitwendige weerstand veel groter is dan de inwendige. Tevens blijkt dat de uitwendige weerstand bij de verticale positie een orde kleiner is dan voor het horizontale geval. Dit wordt veroorzaakt door de natuurlijke convectie die wel optreedt bij de verticale boterham, maar niet of nauwelijks voor de horizontale. De conclusie luidt dus, dat vertikaal opwarmen veel sneller gaat.

Tot slot

Bovenstaande voorbeelden vormen een greep uit de situaties waar de studenten op college mee geconfronteerd worden. De meeste reacties van de studenten na afloop van het college waren positief. Ook tekenen de meeste studenten aan dat het vak pittig was: er kwamen nogal wat formules op het bord. Blijkbaar hadden de studenten zich toch meer ingesteld op 'een praatje bij een plaatje' in plaats van 'harde natuurkunde'.

De eindopdracht werd door alle studenten naar behoren uitgevoerd. Een scala aan onderwerpen werd ingeleverd. Een willekeurige greep hieruit levert op:

- Zeilen
- De vlucht van een golfbal
- De boemerang
- De piano
- Eb en vloed
- Rollende eieren
- Frisbee
- Tennisracket
- Noorderlicht
- De trillende Erasmusbrug

Het college lijkt geslaagd in de doelstelling: leren analyseren van een complexe situatie en daaruit de relevante natuurkunde halen.

r.f.mudde@kft.tn.tudelft.nl

Natuurkunde: hoeksteen van ruimtetechnologie

J.A.M. Bleeker

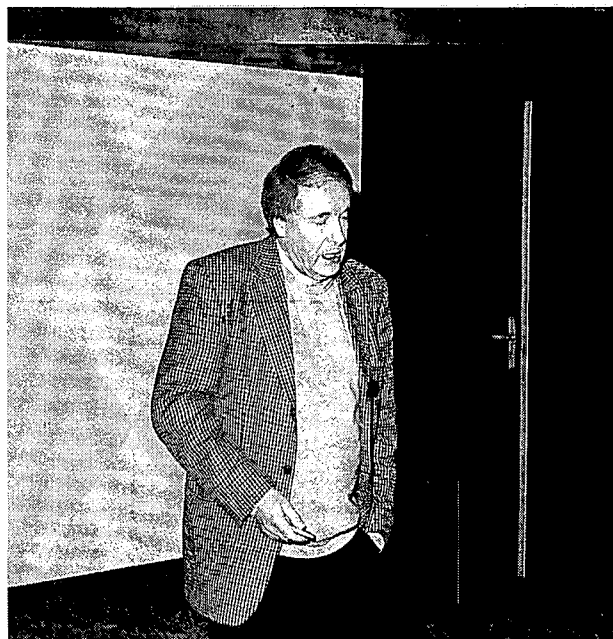
SRON, Utrecht

Gedurende een periode van bijna vijfenveertig jaar, die begon met de succesvolle lancering van de eerste kunstmaan Sputnik in 1957, is een hoogwaardige ruimte 'infrastructuur' tot stand gebracht die een belangrijke rol heeft op tal van terreinen in een globaliserende economie. Dit komt voort uit de essentiële rol die de ontwikkeling van ruimtetechnologie heeft voor onderwerpen als mobiele communicatie, navigatie, omroep, weerkunde en -voorspelling, milieumonitoring en -beheersing en wetenschappelijk onderzoek van het heelal en van onze planeet Aarde. De natuurkunde als basiswetenschap heeft een centrale plaats in de snel voortschrijdende ontwikkeling van ruimtetechnologie gezien de aard van de technologische uitdagingen in het buitenaardse milieu: warmtehuishouding en koeling, stralingstransport en detectie, energieopwekking en distributie, standmeting en -regeling, informatiebewerking, -transport en -opslag. Met name bij de ontwikkeling van ruimteinstrumentatie voor grensverleggend wetenschappelijk onderzoek speelt goed inzicht in de fundamenteel fysische mogelijkheden en begrenzingen een doorslaggevende rol bij de (on)haalbaarheid van de wetenschappelijke doelstellingen. In deze presentatie worden enkele concrete voorbeelden gegeven om dit nader te adstrueren en te verdiepen.

Powerpoint-presentatie

Ruimtetechnologie: toepassingen

- Wetenschap
 - Experimenten onder unieke conditionering (micro-g)
 - Aardse Ecosysteem ('Earth System science')
 - Oorsprong/evolutie Heelal (astrofysica)
- Communicatie/Navigatie
 - Mobiele telefonie, multi-media, TV-sats



- Global Positioning System, Galileo System
- Weerkunde, -voorspelling
- Milieu
 - Sat-netwerk, mondiale monitor w.o. hulpbronnen
- Veiligheid: ramppreventie en crisisbeheersing

Ruimtetechnologie: deelgebieden

- Ruimtetransport:
 - Draagraketten, ruimtelanders
- Platformen:
 - Kunstmaan, ruimtesonde, ruimtestation, maan/planeetlanders, -'rovers'
- Nuttige lading (Payload):
 - Actuatoren/sensorsystemen, robots, mensen
- Operatie/Exploitatie:
 - Grondstation, gegevensopslag, -bewerking, -archivering, gebruikersaansluiting, training

Ruimtetechnologie: fysische aspecten

- Warmtehuishouding en koeling (> milliKelvins)
 - Multilagen, coatings, actieve en passieve koelers, stralers, cryostatens, gesloten-cyclus koelers, ADRs
- Stralingstransport en -detectie
 - Antennes, (Q)optica, afscherming, filtering, sensorfysica
- Energieopwekking en distributie
 - HR Zonnecellen, radioactieve thermo-elektrische generator
- Standregeling en -meting
 - Gyro's, reactiewielen, magnetometers, zonnensensoren, stuurraketten, gesloten cognitieve systemen
- Informatiebewerking, -transport, -opslag

De didactiek van technisch ontwerpen

J.E. Frederik

TN-TULO, Technische Universiteit Delft



Inleiding

Technisch ontwerpen heeft een plaats gekregen in de tweede fase. Het duidelijkst in het profiel Natuur- en Techniek! Terecht, want een groot deel van onze havo/vwo-ers met natuurkunde in hun profiel komt op een technische vervolgopleiding terecht.

Maar hoe onderwijs je technisch ontwerpen? Met onderzoeksvaardigheden heeft menig leraar goede ervaringen opgedaan. Kan technisch ontwerpen ook zo verrijkend zijn? Hoe kun je dat aanpakken?

In deze lezing komt aan de orde:

- technisch ontwerpen in examenprogramma's en in schoolboeken
- het aanleren van ontwerpvaardigheden
- ervaringen met ontwerp opdrachten in havo/vwo.

Wordt hierna ontwerpen ook voor u een fluitje van een cent en zijn uw leerlingen niet meer te remmen?

De ingenieur en de onderzoeker

Ontwerpen en onderzoeken hebben volgens de opvatting van Roozenburg en Eekels – vorig jaar hier gepresenteerd door Cor de Beurs¹ – veel gemeen, maar kennen een verschil in oriëntatie en motivatie van mensen die zich ermee bezig houden.

De ingenieur zoekt bij ontwerpen naar praktische oplossingen voor menselijke problemen, de onderzoeker richt zich op een fundamenteel begrip van de wereld.

Aspect	ONTWERPEN	ONDERZOEKEN
Gerichtheid op	Product	Begrijpen
Kwaliteitseis	Correspondentie met de opdrachtgever	Kennis
Oriëntatie op	Praktische oplossingen voor menselijke problemen	Correspondentie met verschijnselen
Doel van de activiteit	Veranderen	Fundamenteel begrip van de wereld

Tabel 1²

Het accentverschil tussen onderzoeken en ontwerpen gebruik ik als uitgangspunt voor de didactiek. Het gaat om zoeken naar praktische oplossingen voor door mensen ervaren problemen. Een sterk bestaansgerichte insteek dus.

Hoe moet je dan zoeken? Door systematisch en goed te kijken. Goed te kijken naar het technische aspect der dingen en verschijnselen. Dat technische onder-

scheiden en benoemen. Te beginnen bij dagelijkse dingen, klein en dichtbij.

In het onderwijs betekent dat klein beginnen door met een technische blik naar eenvoudige producten en processen te kijken.

Leerlingen moeten zich daarnaast een beeld vormen van hun mogelijkheden in en belangstelling voor techniek. Worden zij de ontwerpers van de toekomst?

¹ Zie ook: Beurs, C. de (2001), Creativiteit in techniek, technisch ontwerpen in de tweede fase. *NVOX* 26 (3), 119-121.

² Naar: Roozenburg, N.F.M. & J. Eekels (1995), *Productontwerpen, structuur en methoden*. Utrecht: Lemma.

Ze doen nu ervaring op met techniek in hun omgeving. Hoe zit iets in elkaar? Hoe kunnen voorwerpen beter gebruikt, gemaakt of minder milieubelastend afgedankt worden? Hoe kun je ze veranderen zodat ze beter aan hun functie voldoen? Door veel voorbeelden ervaren ze de invloed van kennis, ervaren ze ook dat de producten en processen in techniek al snel niet meer 'eenvoudig' of klein blijven. Ze kunnen op den

duur gefundeerder – op basis van *ervaring* – kiezen voor een technische vervolgopleiding of beroep.

Technisch ontwerpen in examenprogramma's

De vaardigheden ontwerpen en onderzoeken op examenprogramma-niveau vertonen qua formulering veel overlap. Zie tabel 2.

ONTWERPEN	ONDERZOEKEN
Een technisch probleem herkennen en specificeren	Een (natuurwetenschappelijk) probleem herkennen en specificeren
	Verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen en gegevens en beschikbare voorkennis
Een technisch probleem herleiden tot een ontwerp-opdracht	Een [natuurwetenschappelijk probleem] herleiden tot een onderzoeksvraag
	Hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren
<i>Prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen voor het uitvoeren van een ontwerp</i>	<i>Prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren</i>
Werkplan maken voor het uitvoeren	<i>Een werkplan maken voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag</i>
Een ontwerp bouwen	Relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen
	Conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek
Proces en product evalueren, rekening houdende met ontwerp-eisen en randvoorwaarden	Oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren
Voorstellen voor verbetering van een ontwerp	

Tabel 2¹ Domein A van de examenprogramma's natuurwetenschappen en ANW

De eindtermen basisvorming voor techniek bevatten één domein – domein C – dat gewijd is aan ontwerpen. Ook daar zijn indrukwekkende formuleringen ontstaan:

De leerlingen kunnen:

een aantal technische ontwerpproblemen oplossen via een model voor probleemoplossend handelen.

En verderop

De leerlingen kunnen:

het technisch ontwerpproces en het product evalueren, daarbij rekening houden met ontwerp-eisen en andere randvoorwaarden, en op basis van evaluatie voorstellen doen voor verbetering.

Al deze formuleringen suggereren een hoog niveau van technisch ontwerpen, zowel in de basisvorming als in de tweede fase. Collega's die niet vertrouwd zijn met eindtermen-taal, zijn immer zeer onder de indruk. Zijn technische vervolgopleidingen nog wel nodig?

Technisch ontwerpen in schoolboeken

Wat komt er van dit programma terecht in de onderwijspraktijk? Een beeld krijgen van wat leraren in hun lessen doen is lastig. Wél kun je betrekkelijk eenvoudig in schoolboeken kijken naar de aandacht voor ontwerpen als vaardigheid en naar de relatie vaardigheid (ontwerpen) en kennis (uit de inhoudelijke domeinen).



Fig. 1 Schoolboeken

¹ Voor ANW ontbreken de cursief gedrukte eindtermen.

Ik koos enkele moderne schoolboeken uit basisvorming en tweede fase in de verwachting dat de bevindingen een afspiegeling van het totaal-aanbod zouden zijn (tabel 3). Het overzicht heeft betrekking op vier bovenbouwboeken Natuurkunde, één basisvormingsboek Natuur- en Scheikunde, één techniekboek en één ANW-boek.

De volgende vragen fungeren als leidraad:

1. Wordt 'ontwerpen' behandeld? (zo ja: waar?)
2. Op welke manier wordt er aandacht aan besteed?
3. Hoe is de verhouding tussen ontwerp opdrachten en onderzoeksopdrachten?
4. Is er sprake van een ontwikkeling van vaardigheden? Van toenemende diepgang?

Methoden	Vraag 1	Vraag 2	Vraag 3	Vraag 4
Newton	Probleemoplossen, onderzoeken en ontwerpen wordt via het OPUCE-model aangeleerd	Een apart pictogram voor ontwerpen Ontwerpen is gekoppeld aan maken. Voorbeelden uit de optica.	Ontwerpen-onderzoeken: 1-10	~
Scoop	Geen aandacht vanuit een systematiek van ontwerpen	DOEN: zelf maken van apparaten met een bepaalde functie	Veel voorbeelden van facultatieve maak-opdrachten	n.v.t.
Systematische Na	Ontwerpen als vaardigheid krijgt geen aandacht	nvt	n.v.t.	n.v.t.
Na overal	Hoofdstuk 10; NG/NT2 Heuristiek: <i>probleem, ontwerp, realisatie, evaluatie</i>		n.v.t.	Ontwerpen krijgt elders in de serie nauwelijks aandacht (itt. onderzoeken). De ontwerpvoorbeelden worden afgesloten door 'als uitbreiding van je onderzoek...'
Pulsar	Vaardigheid omschreven in checklist aan het eind van het boek (in de basisvorming nog wel!).	DO-IT aan het eind van elk hoofdstuk bevat 'Onderzoeken en Ontwerpen'	Ontwerpen-onderzoeken: 1-3	Weinig consistent woordgebruik van ontwerpen/ onderzoeken
Technologisch	Ontwerpen heeft systematisch een plaats gekregen	Veel - ontwerp opdrachten	n.v.t.	+
Solar	Aandacht voor technisch ontwerpen (uniek) in hoofdstuk 2.	Veel mogelijkheden ook na hoofdstuk 2!	?	Nauwelijks

Tabel 3

Deze 'steekproef' leidt mij tot de volgende conclusies:

- Ontwerpen krijgt weinig aandacht – zeker in vergelijking tot onderzoeken.
- Er is geen éénduidigheid over woordgebruik of over een manier om ontwerpen te leren (bijvoorbeeld één heuristiek).
- Ontwerpen is nog niet gekoppeld aan verschillende inhoud. De ontwikkeling van de vaardigheid ontwerpen, bijvoorbeeld van klein naar groot, van eenvoudig naar complex, van kort naar lang, van enkelvoudig naar domeinoverstijgend, wordt nog niet of incidenteel door de bovenbouwboeken ondersteund.
- Voorbeelden van ontwerp opdrachten op leerlingniveau zijn nog zeldzaam.
- De plaats van ontwerpen in de *basisvorming en ANW* is – in deze steekproef – duidelijker dan in de onderzochte bovenbouwboeken Natuurkunde.

Het aanleren van ontwerpvaardigheden

Ontwerpen wordt doorgaans beschouwd als een cyclisch proces, waarbij een steeds toenemende verfijning plaatsvindt. De vaardigheid is aan kennis gekoppeld. Toegenomen kennis en grotere vaardigheid zullen tot betere resultaten leiden. De vaardigheid moet ontwikkeld worden, bijvoorbeeld in een longitudinale leerlijn.

Ontwerpen is mensgericht. Alle procesbeschrijvingen van ontwerpen hebben gemeen dat gezocht wordt naar verschillende oplossingen en dat het kiezen van het beste alternatief deel uitmaakt van het ontwerpproces. Ontwerpen wordt daarmee een optimaliseringsproces en doet een beroep op divergent denken. Het aantal processtappen dat in verschillende bronnen beschreven wordt varieert.

Deze kenmerken leiden tot een aantal moeilijkheden in de onderwijssituatie:

- Ontwerpen duurt lang als je alle processtappen wilt zetten.

- Ontwerpen kan betrekking hebben op verschillende inhoud. Er is dus verschillend lesmateriaal voor nodig.
- Ontwerpkennis ontbreekt in het programma.
- (Ontwerp)vaardigheden worden nauwelijks getoetst: je kunt er omheen.

Dit betekent dat er een reductie moet plaatsvinden om ontwerpen in de onderwijssituatie hanteerbaar te maken.

De heuristiek die wij voor ontwerpvaardigheden hanteren is ontleend aan SLO-publikaties en enigszins vereenvoudigd¹. Er worden zes ontwerpstappen onderscheiden.

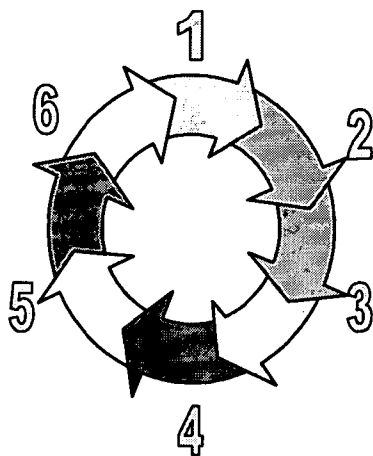


Fig. 2 De ontwerpcirkel

- 1 Ontwerpprobleem analyseren en beschrijven
- 2 Programma van eisen opstellen
- 3 (Deel)oplossingen bedenken
- 4 Ontwerpvoorstel formuleren
- 5 Ontwerp realiseren en testen
- 6 Product/ontwerp evalueren

In de voor-examenklassen starten we met korte 'aanleeropdrachten'. Verschillende inhoud worden gekoppeld aan telkens andere delen van de ontwerpcyclus. De opdrachten 'zoomen in' op delen van de ontwerpcyclus, zodat leerlingen die deelvaardigheden apart oefenen. De rest van het cyclische proces is daarbij voorgestructureerd. Het cyclische proces wordt zo in korte tijd versneld doorlopen. We noemen dit 'cyclus zooming'. Het tijdsbeslag inclusief introductie is ongeveer vijf lessen.

De leerling zoomt in op telkens andere ontwerpvaardigheden uit de cyclus en leert zo voor ontwerpen specifieke termen kennen en toepassen. Termen zoals 'programma van eisen', 'functietabel', 'deelfuncties'. Hij oefent deelvaardigheden en combineert die met (verschillende, betrekkelijk eenvoudige) inhoud.

Voor vwo-3 (Natuurkunde) en havo/vwo-4 (ANW) is bijvoorbeeld de opdracht 'Autoraamzonwering' ontwikkeld en getest. Leerlingen krijgen een krantenartikel waarin de problematiek van zonwering in de auto beschreven wordt. Zij moeten dit probleem analyseren om te komen tot een programma van eisen en een functietabel. Ze oefenen dus de vaardigheden 2 en 3 uit de cyclus. Aan het maken van een prototype komen ze nog niet toe.

Analoog zijn korte opdrachten ontwikkeld, die andere accenten leggen. Een accent op bijvoorbeeld productanalyse, om te komen tot een programma van eisen. Of opdrachten waarbij de functietabel gegeven is zodat de leerlingen tot (verantwoorde) keuzes kunnen komen. We hebben deze aanleeropdrachten ontwikkeld, uitgewerkt en beschikbaar gesteld. Zie voor Autoraamzonwering, Zonnemeter, Designlamp en Puntenslijper: *NVOX 25 (8)*. Zie voor Muizenval, Sorteermachine (Northgo SG), Vliegtuigen (van Alfolie), Houtklemmen, Stoelen, Kaasschaaf en Pennen:

<http://www.tn.tudelft.nl/didactiek/>

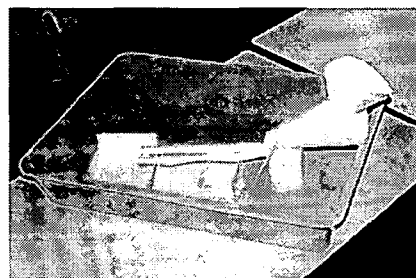
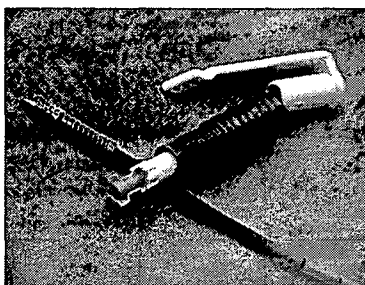
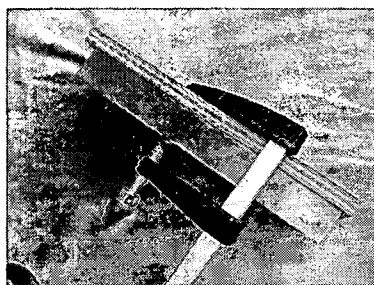


Fig. 3 Aanleeropdrachten 'houtklemmen', 'pennen' en 'sorteermachine'¹

De opdrachten zijn beproefd op verschillende scholen. Op één school zijn zij in zeven (ANW) klassen uitgevoerd door vier verschillende docenten, waarbij

bovendien de attitude van leerlingen met betrekking tot techniek en technisch ontwerpen onderzocht is. Daarover wordt later in *NVOX* verslag gedaan.

¹ *NVOX 26 (3)*, 122-124.

Na de aanleeropdrachten volgen uitgebreidere opdrachten, die meer studielasturen vragen en die een beroep doen op meer en andere kennis. De opdrachten 'Redt het ei' en 'Muizenval-auto' zijn in havo-4 uitgevoerd. Beide zijn tot groot enthousiasme van de leerlingen ingezet in de mechanica. Bij 'Redt het ei'

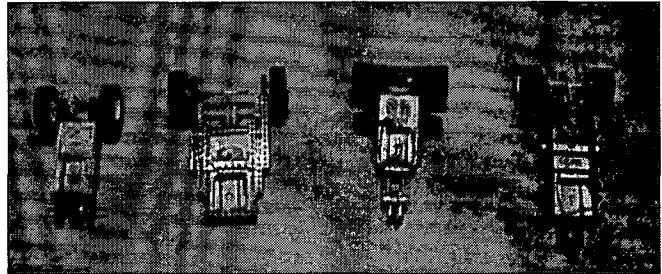
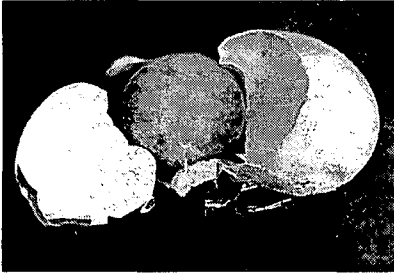


Fig. 4 Praktische opdrachten 'redt het ei' en 'muizenval-auto'

De aanloop tot technisch ontwerpen wordt afgesloten door een profielwerkstuk. Een groot aantal u ongetwijfeld bekende voorbeelden ligt op het gebied van de fysische informatica. Intussen zijn echter meer voorbeelden – ook voor biologie en scheikunde – bekend van profielwerkstukken die betrekking hebben op vele andere kennisdomeinen. Bijvoorbeeld: de zonneboiler, de zweeftrein, de duwbak of een verkeerssimulatie.

Bij ontwerpen valt het accent op het maken van een werkend prototype. Daar concentreren leerlingen zich dan ook op, en in mindere mate op het verslag. Dát kan, en juist dit accentverschil is voor velen aantrekkelijk!

Enkele ervaringen met ontwerp opdrachten

De opdrachten zijn op verschillende scholen getest¹. De resultaten zijn bemoedigend. De leerlingen tonen grote betrokkenheid. Zij gebruiken zeer actief – maar niet altijd correct – natuurwetenschappelijke begrippen en principes. Ze zoeken leerstof uit vorige klassen op en herhalen zo vaktermen. Hun bekendheid met het proceskarakter van ontwerpen groeit. De beeldvorming met betrekking tot techniek en technisch ontwerpen verschuift (het duidelijkst bij meisjes): het blijkt leuker, minder moeilijk en veelzijdiger te zijn dan zij oorspronkelijk dachten.

Het maken en demonstreren van een werkend prototype lijkt een belangrijke motiverende factor te vormen. Het is jammer dat dit aspect juist bij ANW, waar alle leerlingen nog zitten, is komen te vervallen. Enkele leerlinguitspraken:

'Doen we dit volgend jaar weer?'

'We zouden eerder voor technische natuurkunde kiezen dan we normaal gedaan zouden hebben.'

wordt een apparaat ontworpen dat een rauw ei opvangt zonder dat het breekt. De muizenval-auto is een voertuig dat wordt aangedreven door één enkele muizenval en dat zover mogelijk moet kunnen rijden op gegeven ondergrond.

'Maar goed, een hoop lol gehad. Echt leerzaam. Je hebt in korte tijd veel problemen moeten verhelpen.'

'Gaan we het volgende hoofdstuk ook zo starten, meneer?'

'Geinig proefje.'

Ook de deelnemende docenten zijn positief: de betrokkenheid van de leerlingen is groot en het is 'goed te doen qua tijd'. Ontwerpen is nog geen 'fluitje van een cent' geworden. Dankzij steeds meer voorbeeldlesmateriaal zijn ook uw leerlingen binnenkort misschien niet meer te remmen ...

Conclusie

Technisch ontwerpen onderwijs je door structuur en afwisseling aan te brengen. Structuur door analyse van de vaardigheid en door deelvaardigheden – met betrekkelijk eenvoudige leerstof – apart te oefenen. Structuur ook door een vaardighedenlijn uit te zetten en elk leerjaar in het onderwijs de vaardigheid terug te laten komen. Afwisseling tenslotte door de vaardigheid bij verschillende bèta-vakken, gekoppeld aan telkens andere inhoud, te ontwikkelen.

Met ontwerpvaardigheden zijn goede ervaringen opgedaan: leerlingen en leraren zijn enthousiast en krijgen een beter beeld van techniek en technisch ontwerpen. Technisch ontwerpen in havo/vwo is inderdaad verrijkend!

Bruikbare lesvoorbeelden ontbreken nu nog grotendeels in de boeken, maar komen in toenemende mate beschikbaar via onder meer het project Techniek 15+.

De didactiek van technisch ontwerpen moet verder ontwikkeld worden. Schoolboeken besteden zeer weinig aandacht aan ontwerpen – zeker in verhouding tot onderzoeken. We wachten met enige spanning op de tweede generatie schoolboeken.

¹ scholen uit het netwerk technisch ontwerpen van de TU Delft

Bronnen

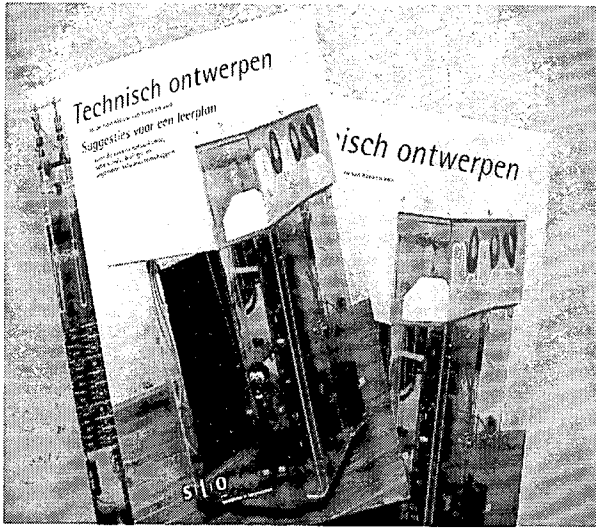
NVOX (diverse artikelen)

Roozenburg, N.F.M. & J. Eekels (1995) *Productontwerpen, structuur en methoden*. Utrecht: Lemma.

<http://www.tn.tudelft.nl/didactiek/>

<http://www.slo.nl>

<http://www.techniek15plus.nl/>



Natuurkundigen en het NFI

P. Vugts

Nederlands Forensisch Instituut, Rijswijk



Het Nederlands Forensisch Instituut (NFI) valt onder het Ministerie van Justitie en onderzoekt onder andere bewijsmateriaal dat is veiliggesteld door de politie na misdrijven. Hierbij tracht het Instituut een waarde te geven aan het bewijsmateriaal. Verder wil het instituut zijn kennis en expertise overdragen aan de partners in de rechtsketen.

Binnen het instituut bevinden zich tal van deskundigheidsgebieden, verdeeld over verschillende afdelingen. Deze zijn momenteel geclusterd in drie vakdirecties, naar de zogenaamde moederwetenschappen. De drie vakdirecties met de bijbehorende afdelingen worden hieronder vermeld. (In de nabije toekomst kan hierin een verandering optreden.)

Medisch Biologisch Onderzoek:

- Pathologie
- Biologie
- Toxicologie

Chemisch Onderzoek:

- Chemie
- Verdovende Middelen
- Milieu

Fysisch Elektronisch Onderzoek:

- Schrift, Spraak en Document
- Digitale Technologie
- Fysische Technologie

Op alle afdelingen doet men aan R&D (Research & Development), dit om bij te blijven op het gebied van nieuwe onderzoekstechnieken en het ontwikkelen hiervan. Ook kan gedacht worden aan het wel of niet aanschaffen van een nieuw ontwikkeld apparaat. Vaak start men hiervoor een project, om zo alle voor- en nadelen te bepalen.

Met name bij de (R&D-)projecten worden stagiaires aangetrokken uit het hoger beroepsonderwijs, waaronder Technische Hogescholen Natuurkunde. Deze komen niet alleen bij het Fysisch Elektronisch Onderzoek uit, maar ook bij de andere vakgebieden. Vaak bestaat het te verrichten onderzoek uit een bepaling van de samenstelling van een chemische stof of de aanwezigheid hiervan (zijn er op het kledingstuk schotresten aanwezig bijvoorbeeld). Bij dergelijke bepalingen kunnen chemische kleurtesten gebruikt worden, maar ook apparaten die gebruik maken van natuurkundige effecten. Denk bijvoorbeeld aan massa-spectrometers, gas-chromatografen of elektronen-microscopen. Natuurkundestudenten zijn uitermate geschikt voor het maken van testprogramma's of het creëren van standaard nulmetingen hiervoor.

Bij de afdelingen Digitale techniek en Fysische technologie zijn een aantal TH-ers, Natuurkunde, werkzaam. Zij werken bij de deskundigheidsgebieden Beeldbewerking (Digitale Technologie), Werktuigsporen en Wapens & Munitie (Fysische Technologie). Ikzelf heb de TH-Rijswijk gedaan, Technische Natuurkunde, afstudeerrichting Fotonica en ben nu als Forensisch Wapendeskundige werkzaam bij het deskundigheidsgebied Wapens & Munitie.

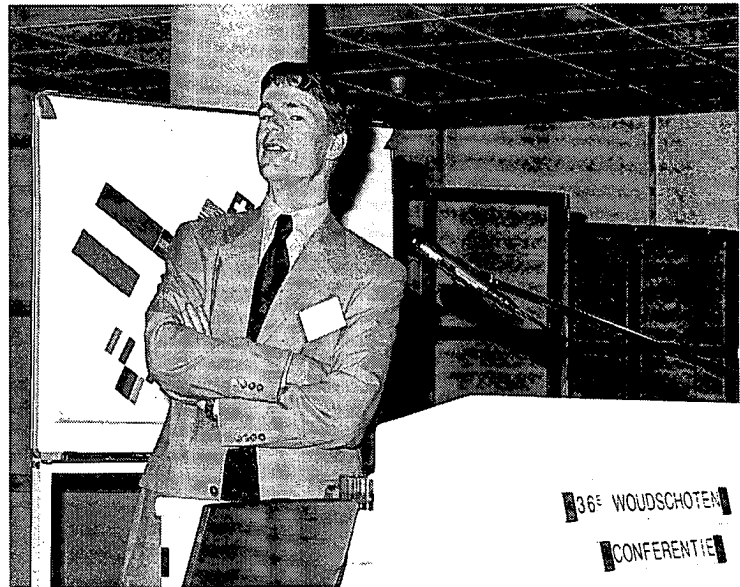
In deze functies word je vooral aangetrokken om je werk- en denkniveau. Een onderzoek moet gestructureerd en verantwoord aangepakt worden. Je resultaat (een Deskundige rapport) wordt in een rechtszaak gebruikt. Wanneer je een conclusie geeft van 'aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid' moet dit een goed onderbouwde conclusie zijn en niet zomaar een aanname.

Voor verdere informatie verwijs ik graag naar onze internetpagina: www.forensischinstituut.nl.

Klinische fysica: onmisbaar in de radiotherapie

M. Dirkx

Daniel den Hoed Kliniek, Rotterdam



Inleiding

Hoewel klinische fysica nog een relatief jong vakgebied is, heeft zij inmiddels een wezenlijke plaats verworven in de gezondheidszorg, en met name binnen de radiotherapie. Als ondersteunend specialist in het ziekenhuis is een klinisch fysisch verantwoordelijk voor de juiste werking van apparatuur en software die bij de diagnose en de behandeling van patiënten worden gebruikt. Vanuit zijn specifieke vakkennis ondersteunt en adviseert hij artsen en laboranten. Hij heeft een adviserende stem bij de aanschaf van nieuwe apparatuur en speelt een prominente rol bij onderzoek naar en de implementatie van nieuwe technieken, fysische methoden en apparatuur in de kliniek. Tevens verzorgt hij scholing voor (toekomstige) gebruikers, zoals artsen en laboranten.

In Nederland zijn op dit moment 230 (academisch gevormde) klinisch fysici werkzaam, waarvan het merendeel met als specialisme radiotherapie. Bij hun werkzaamheden worden zij ondersteund door minimaal een zelfde aantal klinisch fysisch medewerkers (op HBO-niveau), technici en automatiseringsdeskundigen. Om aan de groeiende vraag naar klinisch fysici te voldoen volgen momenteel zo'n 50 mensen een opleiding tot klinisch fysisch.

Om meer inzicht te geven in de rol van de klinische fysica binnen de radiotherapie zullen enkele van haar taken hier nader worden belicht.

Radiotherapie

Per jaar wordt er in Nederland bij ongeveer 60.000 patiënten kanker geconstateerd. De helft hiervan wordt behandeld met straling (radiotherapie), veelal gecombineerd met een operatieve ingreep of het gebruik van medicijnen.

Het doel van radiotherapie is de vernietiging van tumorcellen met behulp van straling. Voor een succesvolle behandeling is het van belang dat er een voldoende hoge hoeveelheid straling (dosis) in de tumor wordt afgegeven zodat alle kwaadaardige cellen worden vernietigd. Daarnaast moet echter de dosis in het omliggende, gezonde weefsel zo laag mogelijk worden gehouden om de kans op bijwerking van de behandeling te minimaliseren.

Eén van de mogelijkheden om dit te bereiken is door een patiënt vanuit verschillende richtingen te bestralen. In het overlapgebied van de bundels, waar de tumor ligt, kan op deze manier de hoogste dosis worden gerealiseerd, terwijl elders (en dan met name in gevoelige organen) minder dosis wordt afgegeven. Daarnaast wordt een bestraling doorgaans opgedeeld in een groot aantal kleine, dagelijkse stukjes (fracties). De reden hiervoor is dat gezond weefsel zich doorgaans sneller herstelt van stralingsschade dan tumorcellen, zodat uiteindelijk de schade aan de gezonde cellen beperkt blijft.

Dosimetrie aan versnellers

Alvorens een bestralingstoestel in gebruik genomen kan worden, moeten metingen worden uitgevoerd om de stralingsbundels te karakteriseren. Deze meetgegevens dienen als input voor modellen in het computerplanningsysteem waarmee de dosisafgifte in een patiënt kan worden berekend. Metingen moeten worden uitgevoerd voor ieder type stralingsbundel (fotonen en elektronen) en voor iedere energie. Aangezien een mens grotendeels uit water bestaat, worden de meeste van deze metingen in water uitgevoerd, met een diode of een ionisatievat als detector (zie figuur 1).

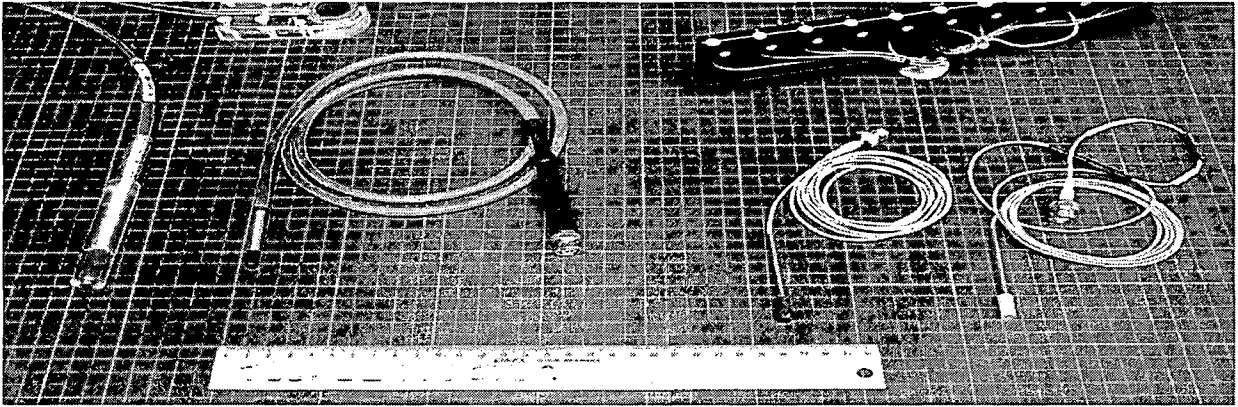


Fig. 1 Voorbeelden van ionisatievaten (links) en diodes (rechts) die worden gebruikt bij dosimetrische metingen aan een bestralingstoestel

Voor iedere stralingsbundel moet ook de monitorkamer in het bestralingstoestel worden afgeregeld, zodat de juiste absolute dosis wordt afgeleverd. Deze metingen worden uitgevoerd onder vooraf vastgelegde referentieomstandigheden (10x10 cm² veld, afstand van het focus van het bestralingstoestel tot de oppervlakte van het meetfantom 100 cm), met een ionisatievat dat bij het Nederlands Meet Instituut is gekalibreerd tegen een dosisstandaard.

Wanneer een versneller eenmaal in gebruik genomen is voor patiëntbehandeling worden er tweewekelijks metingen uitgevoerd om te controleren of alle stralingsbundels qua profielvorm en energie niet verlopen zijn en de juiste absolute dosis nog steeds wordt afgegeven.

Kwaliteitscontrole bij patiëntbestraling

Afgezien van de tweewekelijkse dosimetrische metingen aan het bestralingstoestel worden er doorgaans ook controles uitgevoerd voor individuele patiënten om er zeker van te zijn dat een bestraling correct wordt uitgevoerd. In de eerste plaats wordt voor iedere patiënt met een onafhankelijk programma nagere-

kend of de dosisafgifte die het planningsysteem heeft berekend correct is. Op deze manier kan de kans op fouten als gevolg van menselijk falen of fouten in de software van het planningsysteem tot een minimum beperkt worden.

Tijdens een bestraling worden regelmatig metingen uitgevoerd om te controleren of een patiënt wel correct in de stralingsbundel gepositioneerd is. Hiervoor kan bijvoorbeeld een megavolt afbeeldingsysteem (MVA) worden gebruikt (zie figuur 2). Dit systeem meet de (fotonen)straling die door een patiënt heen gaat. Deze straling valt dan op een fluorescerende plaat en wordt, na reflectie via een spiegel, gedetecteerd met een CCD camera. Op het MVA beeld dat zo wordt verkregen zijn botstructuren binnen het bestralingsveld zichtbaar. Met software kan de positie van deze structuren ten opzichte van de veldgrenzen worden bepaald en worden vergeleken met de uitgangspositie (referentie) die in het bestralingsplan werd vastgelegd. In het voorbeeld van figuur 3 is te zien dat de patiënt tijdens de bestraling iets naar achter en naar onder verschoven is.

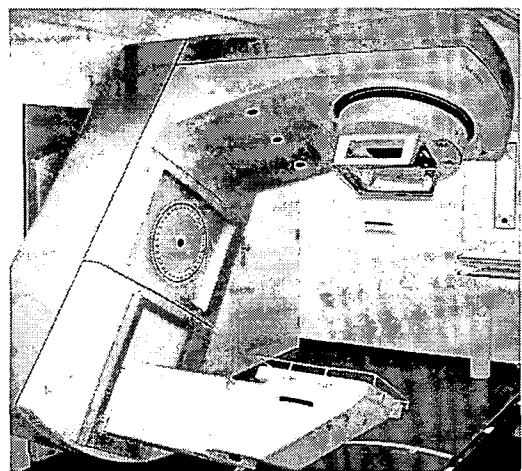
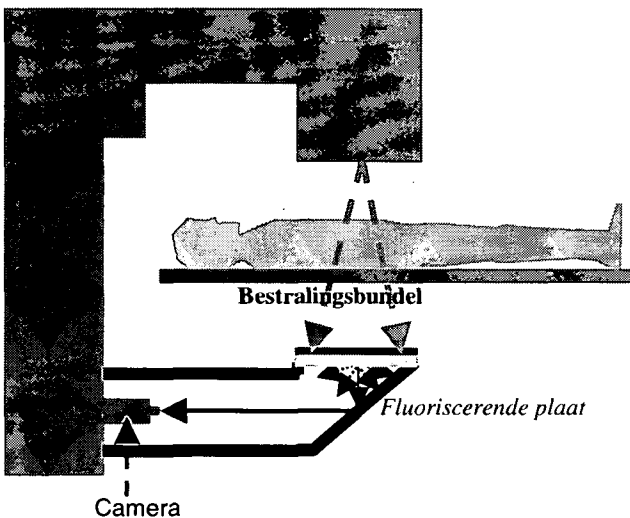
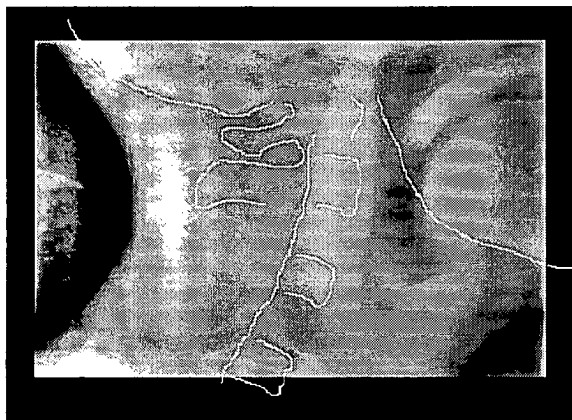


Fig. 2 Megavolt afbeeldingsysteem (MVA) gemonteerd aan een bestralingstoestel

MVA beeld



referentiebeeld

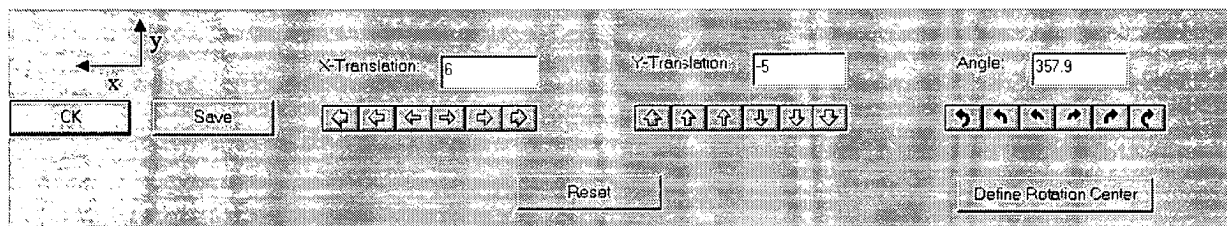
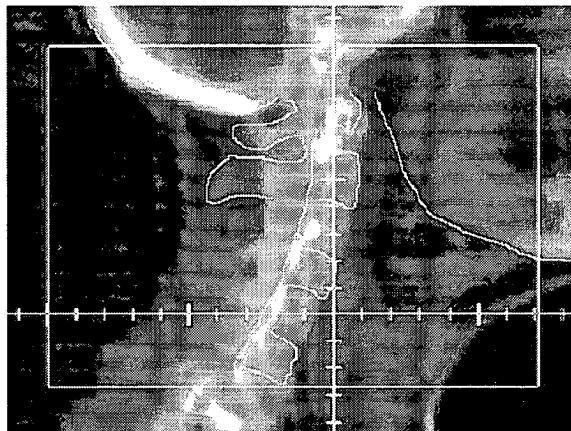


Fig. 3 Gebruik van MVA voor controle van de positioneringnauwkeurigheid van een patiënt in de bestralingsbundel. Het beeld dat tijdens de bestraling wordt opgenomen wordt vergeleken met een referentiebeeld. Door in beide beelden de positie van de ingetekende structuren ten opzichte van de veldgrenzen te bepalen kan worden vastgesteld of een patiënt correct gepositioneerd is. In dit extreme geval bleek de patiënt 6 mm in x en -5 mm in y verschoven te zijn.

Met name bij meer gecompliceerde bestralingen, worden er ook dosismetingen uitgevoerd tijdens de patiëntbehandeling om zo te controleren of daadwerkelijk de juiste dosis is afgegeven. Vaak worden hiervoor diodes gebruikt die op de huid van de patiënt worden geplakt. Om het signaal van de diodes om te kunnen rekenen naar absolute dosis moeten kalibratie- en correctiefactoren worden toegepast, onder meer voor de bundelenergie, de veldgrootte, de temperatuur en de hoek van inval. Metingen met diodes vereisen daarom nogal wat voorwerk. Het voordeel is echter dat het meetresultaat na afloop van de meting bij de patiënt onmiddellijk bekend is.

In de afgelopen jaren is er in ons instituut onderzoek verricht naar het gebruik van het eerder vermelde MVA systeem voor verificatie van de dosisafgifte tijdens een bestraling. Hiervoor is geavanceerde software ontwikkeld om het ruwe MVA beeld om te kunnen rekenen naar een dosisverdeling achter de patiënt. Het voordeel van deze methode is dat de dosis niet slechts in enkele punten (waar diodes zijn geplakt) kan worden gecontroleerd, maar in één keer binnen het gehele 2D vlak loodrecht op de bestralingsbundel. De mogelijkheden om eventuele fouten tijdens een bestraling op te sporen worden hiermee vanzelfsprekend verder vergroot.

Nieuwe behandelmethoden

In de afgelopen jaren zijn er nieuwe technische mogelijkheden beschikbaar gekomen waarmee de bestraling van een patiënt verder geoptimaliseerd kan worden. Voorbeelden hiervan zijn de introductie van de zogenaamde multileaf collimator en het gebruik van intensiteitsmodulatie in de radiotherapie.

Tot voor kort werden bestralingen meestal gegeven met rechthoekige velden, begrensd door wolfram blokken in de kop van het bestralingstoestel. Binnen het bestralingsveld was de intensiteit van de bundel homogeen. Om een tumor adequaat te kunnen bestralen, werd daarbij vaak ook een vrij hoge dosis afgegeven in omliggend gezond weefsel.

Een eerste verfijning werd mogelijk door de introductie van de multileaf collimator. Een multileaf collimator bestaat uit een groot aantal fijne wolfram blokjes (leaves) van 0.5-1 cm breed, die onafhankelijk van elkaar kunnen worden ingesteld (zie figuur 4). Op deze manier kan de vorm van een bestralingsveld beter worden afgestemd op de vorm van de tumor.

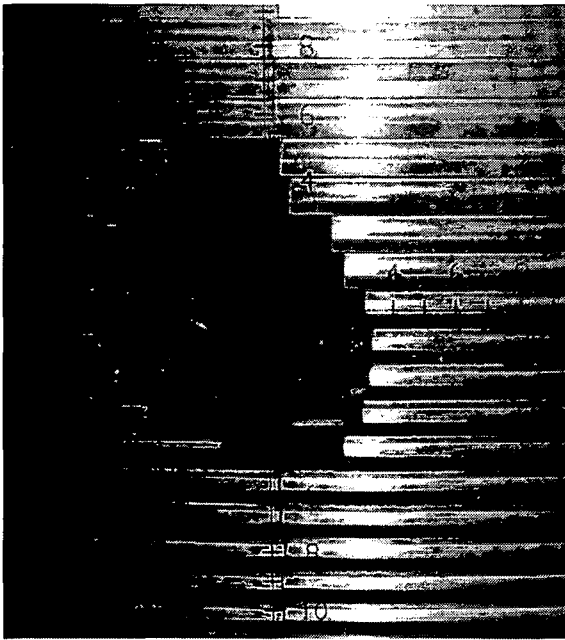


Fig. 4 Voorbeeld van een onregelmatig gevormd, niet rechthoekig, veld, ingesteld met een multileaf collimator. De vorm van het bestralingveld wordt bepaald door de projectie van het te bestralen doelvolumen.

Bij veel bestralingen is een verdere reductie van de afgegeven dosis in gezond weefsel realiseerbaar door gebruik te maken van intensiteitgemoduleerde bundels. Binnen deze bundels kan de hoeveelheid afgegeven straling per punt vrijwel willekeurig variëren (zie figuur 5). Intensiteitgemoduleerde bundels kunnen op een bestralingstoestel worden gerealiseerd door vanuit iedere bestralingshoek een aantal, deels overlappende, bestralingsvelden af te geven die met de multileaf collimator worden gevormd (statische intensiteitmodulatie). Een andere methode is het gebruik van dynamische intensiteitmodulatie, waarbij tijdens de bestraling de vorm van het veld continu varieert. Doordat iedere leaf afzonderlijk kan worden aangestuurd, kan de opening tussen de leaves continu veranderen, waardoor per positie een verschillende dosis wordt afgegeven.

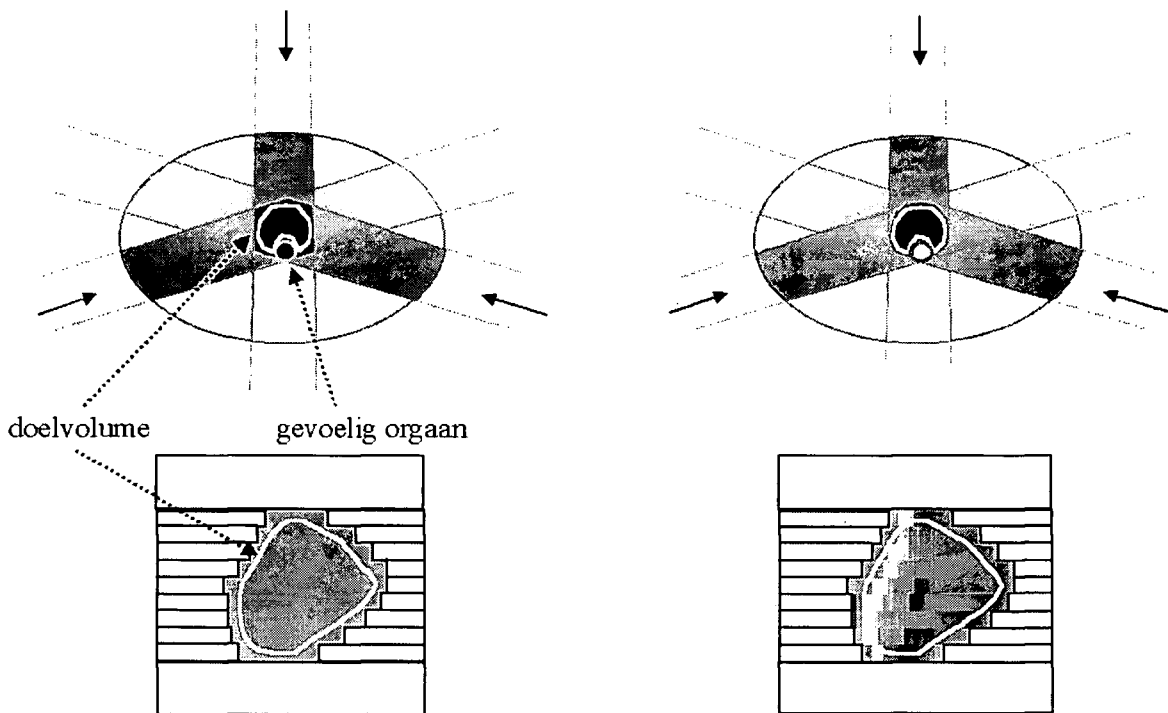


Fig. 5 Voorbeeld van een bestraling met homogene bestralingsbundels (links) en intensiteitgemoduleerde bundels (rechts). Een toename in de afgegeven dosis wordt aangegeven door een hogere grijswaarde. In het eerste geval wordt in het overlapgebied van de drie bundels, waar de tumor zich bevindt, de hoogste dosis afgegeven. Behalve de tumor wordt echter ook een naastliggend gezond orgaan tot een hoge dosis bestraald. Door gebruik te maken van intensiteitmodulatie (rechts) kan de dosis in dit gezond orgaan drastisch worden gereduceerd, terwijl in het doelvolumen nog altijd een voldoende hoge dosis wordt afgegeven. De kans op bijwerkingen van de bestraling wordt hierdoor gereduceerd.

Aan de introductie van nieuwe technieken zoals intensiteitmodulatie gaat een lang voortraject vooraf, waarin de klinische fysica een voortrekkersrol vervult. Zo is er voor het gebruik van intensiteitmodulatie nieuwe software nodig om de intensiteitgemoduleerde bundels te kunnen berekenen. Voor klinische ingebruikname moet deze software uitgebreid worden getest op bruikbaarheid, mogelijkheden en nauwkeurigheid. Op het bestralingstoestel moet worden onderzocht hoe nauwkeurig en betrouwbaar de intensiteitgemoduleerde bundels kunnen worden afgegeven, onder meer door het verrichten van dosimetrische metingen in een waterbak. Daarnaast moet worden bekeken in hoeverre de kwaliteitcontroles van het bestralingstoestel en voor een individuele patiënt moeten worden aangepast om ook bij deze nieuwe techniek een nauwkeurige bestraling te kunnen garanderen. Tot slot moeten alle gebruikers, waaronder artsen en laboranten, worden geschoold in de toepassing van de nieuwe techniek en in de mogelijkheden en beperkingen ervan.

Tot slot

Door de toegenomen complexiteit van apparatuur en software die in de gezondheidszorg wordt toegepast is

klinische fysica hier niet langer weg te denken. Zij schept de juiste randvoorwaarden om patiëntenzorg van een hoge kwaliteit mogelijk te maken en te kunnen waarborgen. Een goede samenwerking met artsen, laboranten, technici en automatiseerders is daarbij natuurlijk onontbeerlijk.

Vanzelfsprekend kon in het voorafgaande slechts een zeer beperkte inkijk worden gegeven in het vakgebied van de klinische fysica. Meer informatie over dit specialisme in het algemeen en de toepassing ervan binnen de radiotherapie in het bijzonder is te krijgen via onderstaande media:

- Afdeling Radiotherapie Erasmus MC:
www.erasmusmc.nl
- Nederlandse Vereniging voor Klinische Fysica:
www.nvkf.nl
- Techniek in de Radiotherapie, Redactie A.A. Froma, J.A.M. Hegeman en J. Welleweerd, Elsevier/De Tijdstroom, Maarssen, 1999, ISBN 90 352 1680 6
- Stralingsfysica, Redactie F. Weismann en J. Welleweerd, De Tijdstroom, Maarssen, 1996, ISBN 90 352 1677 6.

Just-in-Time Teaching

B. Thijsse

Lab. voor Technische Materiaalwetenschappen, TU Delft

Just-in-Time Teaching (JiTT) is een moderne onderwijsmethode waarbij studenten het klassikale college helpen vormen door middel van het geven van feedback op web-opgaven en web-vragen voorafgaand aan het college. De docent weet hierdoor 'just in time' wat de studenten wel en niet van de te behandelen leerstof begrijpen. Niet langer wordt een standaardles gegeven, maar de les wordt helemaal ingericht rondom de gegeven feedback. De studenten zijn hiermee medeverantwoordelijk geworden voor de



lesinhoud, hetgeen een essentieel element is van de methode.

JiTT wordt gebruikt bij het 3^e-jaarsvak Vaste Stof Fysica voor studenten Technische Materiaalwetenschappen. De methode en de opgedane ervaringen zullen worden besproken.

Nuttige websites met meer informatie zijn:

<http://dutsml83.stm.tudelft.nl/teaching/mk320>

<http://webphysics.iupui.edu/jitt/jitt.html>

Setting the scene: course data

- University level
- Materials Science majors
- Solid State Physics (3rd year)
- 2 hrs lectures, twice a week
- Class attendancy: 10-15 students

Wouldn't it be nice, if ...

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Student comes to class: <ul style="list-style-type: none"> – Having prepared the course subjects – Alert – Confident that his problems will be addressed – Interaction-ready – Confident that no time will be wasted | <ul style="list-style-type: none"> • Teacher comes to class: <ul style="list-style-type: none"> – Knowing the students' problems and confusions – Knowing where to focus her teaching on – Expecting an active classroom – Confident that no time will be wasted |
|--|--|

• Source

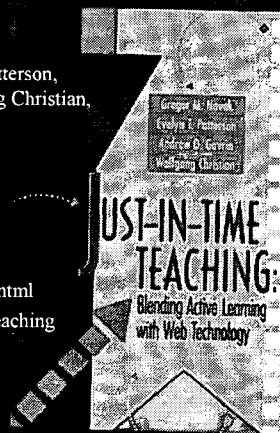
- Gregor Novak, Evelyn Patterson, Andrew Garvin, Wolfgang Christian, *Just-In-Time Teaching* (Prentice Hall, 1999)

• Cooperation

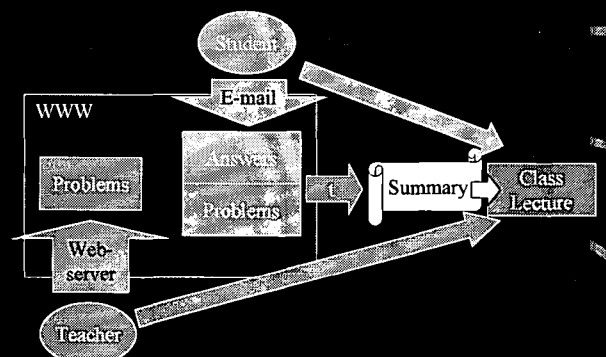
- Eric Mazur, Harvard

• Web sites

- webphysics.iupui.edu/jitt.html
- dutsn183.stm.tudelft.nl/teaching



Just-in-Time Teaching: Implementation



Key ingredients

- Double feedback
 - Student → teacher (Mail response prior to class)
 - Teacher → student (Summary Just-in-Time)
- No longer a standard lecture
 - Students fully realize this

Problems posted on the Web

Opgaven voor het 11e college op 20 november 2001

Antwoorden E-mailen naar B.J.Thijssen@tnw.tudelft.nl uiterlijk 19 november 15:00 uur. Gebruik hiervoor alléén het Standaard antwoordformulier.

Leerstof: Solymer & Walsh, 7.3 t/m 7.5.

Vraag 1. Silicium heeft een energy gap van 1.1 eV. We willen een elektrische stroom door een stuk silicium sturen en brengen daartoe een elektrisch spanningsverschil aan weerskanten aan. Is er een minimale grootte van dat spanningsverschil nodig om een stroom te veroorzaken?

Vraag 2. Zal een elektron met een effectieve massa $m^* = \infty$ ooit nog versneld kunnen worden door een elektrisch veld? Het is toch "oneindig zwaar"?

Vraag 3. Welke punten in de de leerstof vond je erg moeilijk of verwarrend? Geef in het kort aan waaruit die moeilijkheden bestonden. Vond je eigenlijk niets moeilijk of verwarrend, geef dan aan wat je in de stof het meest interessant vond.

(The correct answers)

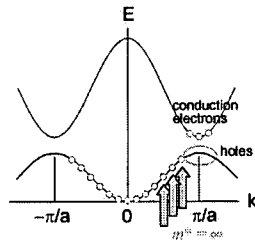
State of an electron
 k

Energy in crystal
 $E(k)$

Equations of motion

$$\frac{\partial k}{\partial t} = \frac{F}{\hbar}$$

$$v = \frac{1}{\hbar} \frac{\partial E}{\partial k}$$



Sample of student return mail

* Ik heb deze opgaven zonder hulp van anderen gemaakt

Vraag 1: Silicium is een halfgeleider. De valentieband en de geleidingsband zitten relatief dicht bij elkaar. Met 1.1 V is het mogelijk om een elektron (die zich bovenin de valentieband bevindt) naar de geleidingsband aan te slaan.

Vraag 2: Een elektron met een "oneidige zware massa" bezit geen potentiële energie en kan dus niet versnelt worden (wellicht wel in een andere richting).

Vraag 3: Ik snap niet hoe tot vergelijking 7.47 gekomen wordt.
- Klopt het dat indien een materiaal stijgt in temperatuur en E_F beneden het buigpunt in de E-k curve ligt, eerst de geleiding toeneemt, en dan, na het passeren van het buigpunt, weer afneemt?

Compiling the summary for class

- Include only specific problems, not generalities
 - Yes: I am confused about holes and electrons
 - No: I don't understand magnetism
- Select various types of reasoning and errors
- Reject terrible blunders and would-be jokes
- Repair language errors (anonymity)

Summary handed out in class

Vraag 3. Welke punten in de de leerstof vond je erg moeilijk of verwarrend?

1. Het is mij niet geheel duidelijk wat de consequentie nu precies zijn van het hebben van een massa en een effectieve massa.
2. Op blz.108 staat dat energieniveaus worden opgedeeld in n niveaus wanneer n atomen dicht bij elkaar worden gebracht. Verstaat men onder "dicht bij elkaar brengen" het aangaan van een binding, of gebeurt het opsplitsen in elk geval waarin atomen dicht genoeg bij elkaar komen?
3. Is w_j in 7.24 de tijdvariatie van een golf functie van een elektron behorende bij het atoom j ?
5. De laatste paragraaf van 7.5 snap ik niet. Hoe kan een E veld in de x richting een elektron in de y richting versnellen?
-
10. Wanneer past men welk van de drie modellen van Kronig-Penney, Ziman en Feynman toe?

Summary handed out in class ...cont'd

Vraag 2. Zal een elektron met een effectieve massa $m^* = \infty$ ooit nog versneld kunnen worden door een elektrisch veld? Het is toch "oneindig zwaar"?

11. Een elektron met een "oneidige zware massa" bezit geen potentiële energie en kan dus niet versneld worden (wellicht wel in een andere richting).

12. Een hole is gevormd doordat een electron met $m^* = \infty$ een bepaalde energie erbij gekregen heeft. hierdoor is zijn V_g gezakt en dus kan het electron weer versneld worden.

13. Volgens de klassieke mechanica klinkt dit wellicht een beetje tegenstrijdig. Maar aangezien het hier niet om een vrij deeltje gaat wordt naar de effectieve massa gekeken.

....
16. Volgens fig 7.12a gaat de energie die je moet toevoegen aan een elektron om het te versnellen niet naar oneindig bij een oneidige effectieve massa 7.12c. Dus je kunt wel versnellen.

Objectives and instruments

- For the students:
 - to develop critical thinking about the subjects
 - to study concurrently with the lectures (do not postpone!)
 - to come to class prepared
 - to experience that their thinking errors are discussed
 - to have a significant influence (and responsibility) in the learning process. Therefore: 15% of the final grade is based on the JTT responses by the student.
- For the teacher:
 - to become critically aware of the students' problems. The devil is in the details. Don't rely too much on "routine".
 - to focus the teaching on the right issues

How do students feel about JiTT?

(3 years of questionnaires)

Does it *work* for you?

- 99%: Yes, I prefer JiTT to a traditional course
 - I am forced to study concurrently with the course
 - I come to class more alert
 - Class is efficient and effective
 - It is interesting to see how other students think
- Criticism:
 - Sometimes the lecture is a little chaotic: too many opinions and explanations are discussed
 - Not all doubts are taken away

Is anonymity in class important?

- 25%: No
- 75%: Yes
 - Students should be encouraged to explain and clarify their answers if they want (majority)

How much time does it take to study the material and answer the questions?

- | | |
|----------------|---------------|
| • Average: | • Range: |
| - 1999: 1.5 hr | - 0.5-4.0 hrs |
| - 2000: 1.7 hr | - 0.7-3.0 hrs |
| - 2001: 1.9 hr | - 1.5-2.3 hrs |

What do you hate about this course?

- The abstractness of the subjects and concepts
- The difficulty
- I fail to see the connections and the overall structure
- The math
- To *have* to answer the questions twice a week

What do you love about this course?

- The combination of Web technology and personal contact with the teacher is very good
- Seeing your own answers *and* those of others is fun (competitive) and increases your understanding
- The subject is fascinating, it makes you think differently about matter
- This original and effective teaching method makes the hardest subjects understandable

Any suggestions for improvement?

- All student problems should be addressed
 - E-mail
 - Extra hours
 - Personal contacts

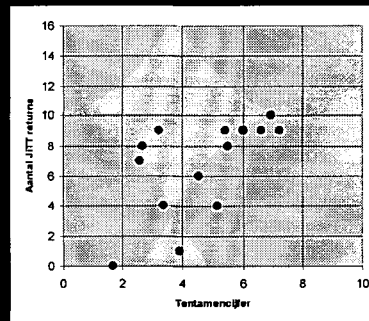
My observations (I)

- Out of class:
 - Reading the student mails and compiling the summary takes time (3 hrs). Problematic with large groups
 - Planning the lecture is not as easy as it seems
 - Some student replies are very unexpected
 - Internet availability for students is essential
 - Teacher's calendar discipline is critical
 - Students tend to ask questions outside the scope of the course, even personal questions

My observations (II)

- In class:
 - The atmosphere is open and interactive
 - Students find it important to see their answers included in the summary
 - Class attendency is high, students seem to enjoy
 - It's fun to do
- After the course:
 - Apparent correlation between the number of problems reported by a student and his quality
 - Assessment of quantitative effectiveness is difficult

JiTT vs final exam marks (2001)



Developments

- Eric Mazur, Harvard:
 - Combine JiTT with in-class Peer Instruction
 - Development of database of standardized explanations of recurring student problems

Adding active learning to class lectures

Work in progress...

Printen in kleur met inktdruppels: razendsnel jongleren met picoliters

J. Geraedts

Océ Technologies, Venlo

Samenvatting

In de wereld om u heen is veel gedrukt materiaal: folders, rapporten, nota's, boeken, posters, etc. Maar ook verpakkingen, laminaat, textiel of behang. De technologieën om deze te drukken veranderen door de algemene digitaliseringsgolf razendsnel. De nieuwste technologie is inkjet. Met de thuis-variant hiervan zijn veel mensen bekend, al was het alleen maar vanwege de 'onbetaalbare' inktcartridges. De inkjet-technologie wordt nu opgeschaald naar productieapparaten die bijvoorbeeld offsetpersen kunnen vervangen.

In de presentatie zal ik eerst de fysische achtergrond van de bekende inkjetprintertjes uitleggen. Hoe werkt een inkjetkop? Aan welke randvoorwaarden moet de toegepaste inkt voldoen? Hoe ontstaat een druppeltje van enkele picoliters? Wat zijn de oplossingen om meer dan 10.000 druppels per seconde te kunnen afvuren naar het papier? Wat zijn de ingangen om de druppels binnen enkele micrometer nauwkeurig op hun plek te krijgen?

Tot slot zal ik ingaan op de technologische uitdagingen om voor inkjet de juiste inkten te ontwikkelen.

Historische ontwikkelingen

Inkjet is een printtechnologie, waarbij inktdruppeltjes vanuit een klein gaatje, nozzle genoemd, direct op specifieke posities op een ontvangstmateriaal gespoten worden.

Lord Rayleigh beschreef in 1878 het mechanisme voor het opbreken van een vloeistofstraal in druppeltjes. Elmqvist van Siemens octrooieerde de eerste praktische toepassing hiervan. Dit leidde tot de introductie van de Mingograaf, een analoge inkjet recorder. Begin jaren 60 werd aangetoond dat een inktstraal ook kon worden opgebroken in even grote druppels op constante afstand. Door het selectief aanbrengen van elektrische lading op de druppels konden deze met een elektrisch veld worden afgebogen



en teruggevoerd naar de inktvoorraad. De print werd gemaakt met de ongeladen druppels. Dit proces werd continuus inkjet genoemd. De firma IBM octrooieerde deze technologie in de jaren 70 en maakte continuus inkjet geschikt voor computerprinters.

Naast continuus inkjet werd ondertussen het zogenaamde drop-on-demand inkjet ontwikkeld, waarbij alleen die druppels geproduceerd worden die het beeld vormen. Oplading en hergebruik van inkt is dan niet meer nodig. De inktstraal wordt gemaakt door een drukgolf als gevolg van een elektrisch gedreven vervorming van een piezo-elektrisch materiaal. De pioniers op dit gebied waren Zoltan, Kyser en Sears. Veel van de drop-on-demand ideeën en systemen brachten het in de jaren 70 en 80 tot commerciële toepassingen. Er werd gehoopt dat drop-on-demand inkjet op grond van het eenvoudige principe heel betrouwbaar zou zijn. Problemen als verstopping van nozzles en een inconsistente printkwaliteit bleven echter verantwoordelijk voor een te laag betrouwbaarheidsniveau.

In 1979 werd door Endo en Hara van de firma Canon een drop-on-demand inkjetmethode ontwikkeld op basis van de groei en implosie van een belletje waterdamp. Canon noemde dit bubble-jet. Het eenvoudige ontwerp en een bekend fabricageproces zorgden ervoor dat printheads tegen lage kosten en met een hoge nozzledichtheid gemaakt konden worden. Tegelijkertijd, of net iets later, werd door de firma Hewlett-Packard (HP) een gelijksoortige technologie ontwikkeld. In 1984 bracht HP de ThinkJet printer op de markt. Dit was de eerste succesvolle inkjet printer gebaseerd op het Thermal Ink Jet principe, zoals HP het noemde. De printheads waren goedkoop genoeg om ze geheel te vervangen als de inktvoorraad (cartridge) leeg was. Dit wegwerpconcept van HP 'omzeilde' het betrouwbaarheidsprobleem door printheads aan het einde van hun levensduur simpelweg

weg te gooien. Sinds die tijd hebben Canon en HP de technologie steeds verder verbeterd en succesvolle producten geïntroduceerd. Vanaf de late jaren 80 werden thermal inkjet printers het alternatief voor matrixprinters voor thuisgebruikers en kleine kantoren, nu domineren de thermal inkjet printers deze markt.

Gedurende het verdere verloop van de inkjet ontwikkeling realiseerde men zich dat een inktdruppel die in contact komt met papier de sterke neiging heeft om onregelmatig en ver langs de papervezels te spreiden. Hierdoor wordt de printresolutie ernstig beperkt. Om toch een hoge printkwaliteit te halen kan ofwel gebruik gemaakt worden van speciale mediacoatings ofwel kan overgegaan worden naar een andere inkt. Vandaag de dag 'gonst' het van de mogelijke industriële inkjet-toepassingen: poster, textile, ceramic tiles, wall paper, carpet, electronic components, PCB manufacturing, flat panel displays, glass decoration, CTP platen, etc. Het is echter nog steeds de vraag of/wanneer industriële toepassingen echt voet aan de grond zullen krijgen.

Fysica

In de inkjetkop wordt binnen een zeer klein volume een tamelijk complex procédé ondergebracht. Primaire functie van dit microprocédé is het omzetten van inkt naar druppels, op het juiste moment, en met de juiste grootte, vorm, snelheid en richting. Toleranties op deze druppel eigenschappen vertalen zich in een afname van de printkwaliteit. Miljarden druppels achtereen moeten foutloos verspoten kunnen worden. Minuscule luchtbelletjes of vuildeeltjes in de inkt kunnen het proces (tijdelijk) verstoren. Begrip

van de fysica en modelvorming is derhalve essentieel voor een succesvolle ontwikkeling van de inktkop. In dit hoofdstuk zal ik dit microprocédé voor piëzo-actuatie uitleggen.

Piëzo-actuatie – De piëzoactuator is de motor van het printhead. Piëzomateriaal is een polykristallijn keramisch materiaal met als eigenschap dat het door het opleggen van een groot elektrisch veld gepolariseerd kan worden. Elk mono-kristallijn gebiedje vormt een elektrische dipool, d.w.z. binnen de eenheidscel van de kristalstructuur valt het 'zwaartepunt' van de negatieve ladingen niet samen met dat van de positieve ladingen. Onder invloed van een elektrisch veld willen deze zwaartepunten onderling verplaatsen, waarbij de kristalstructuur vervormd wordt. Door de polarisatie worden de dipolen gericht. Het polarisatie-effect vertoont een grote mate van hysteresis. Het gevolg is dat een opgelegde elektrische spanning omgezet wordt in een mechanische spanning, waardoor het materiaal zelf en – als het daarmee mechanisch verbonden is – zijn omgeving wil vervormen. We noemen de piëzo-actuator de 'piëzovinger' omdat er een analogie is met een vinger die op een medium drukt.

De piëzovinger is te zien als een veer die vastgemaakt is aan de folie die het inktkanaal afsluit. Het inktkanaal en de folie vormen ook denkbeeldige veren. Door de spanning over de piëzovinger te veranderen, verandert de veerspanning in de piëzovinger en zal de constructie vervormen naar een nieuw evenwicht, met een andere lengte van de piëzovinger en een andere doorsnede van het inktkanaal (zie figuur 1).

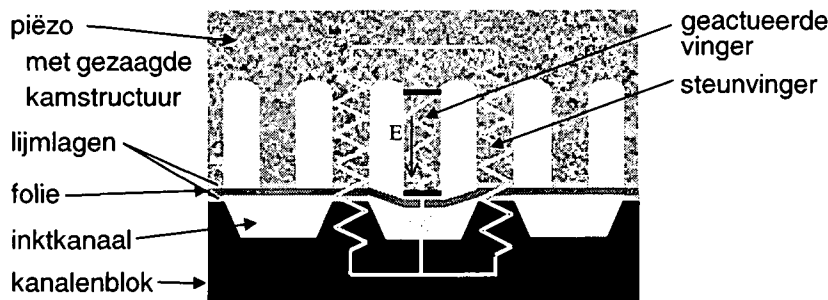


Fig. 1 Schematische weergave van een dwarsdoorsnede van inktkanaal en piëzoactuator

In vrije toestand is de lengteverandering van de piëzovinger evenredig met de opgelegde elektrische spanning. Voor een enkele laag is de evenredigheidsconstante een materiaaleigenschap die vastgelegd is in de d_{33} coefficient. In formule: $\Delta l = d_{33} \cdot V$. De afstemming van de piëzovinger op die van het inktkanaal is een belangrijk ontwerpaspect.

Voor een inkjet-kop is de actuatorhoogte typisch ca. 0,5 mm, bij een kanaaldoorsnede van $b \cdot d = \text{ca. } 0,01$

mm^2 . Om voldoende druk in het kanaal op te bouwen is een uitwijking nodig van ca. 25 nm bij een spanning van ca. 100 V. Zo'n hoge spanning geeft echter problemen bij de ontwikkeling van aanstuurelektronica. Om de aanstuurspanning te verlagen is daarom de actuator opgebouwd uit meerdere (n) laagjes die gescheiden door elektrodes op elkaar gebakken zijn.

Om druk op te bouwen in een inktkanaal moet de piëzovinger zich ergens tegen kunnen afzetten. Als

slechts één kanaal tegelijk wordt aangestuurd is dat niet zo'n probleem: daarvoor zorgen alle buurvingers die via de folie verbonden zijn met het kanalenblok. De nadelige consequentie is overspraak. Om ook het gelijktijdig aansturen van meerdere vingers mogelijk te maken zijn er tweemaal zoveel vingers als inktkanalen. Alleen de vingers tegenover de inktkanalen worden actief aangestuurd.

Kanaalakoestiek – Wanneer de kanaaldoorsnede door de actuator vervormd wordt, ontstaat in het inktkanaal een drukprofiel. Dit drukprofiel blijft niet op zijn plaats maar gaat er in de lengterichting van het kanaal in twee richtingen vandoor. Er is sprake van golfvoortplanting: de helft van de amplitude van het drukprofiel gaat als golf de ene, de andere helft de andere kant op.

Door reflecties van de drukgolven bij de uiteinden van het kanaal ontstaat een gedempt golfpatroon in het kanaal en een drukprofiel bij de nozzle (zie figuur 2).

Om het juiste drukprofiel bij de nozzle te verkrijgen

voor de juiste druppel eigenschappen moet de aanstuurpuls worden afgestemd op de kanaalakoestiek. De piëzovinger wordt 'teruggetrokken' tijdens een eerste flank van de aanstuurpuls om een onderdruk in de inkt te creëren (negatieve drukgolf), waarna op de tweede flank de piëzovinger weer wordt teruggeduwd (positieve drukgolf). De reflectie bij de toevoer benadert die van een open uiteinde en daarom is de terugkomende drukgolf omgekeerd van teken (fase-draaiing 180 graden) en vormt dus ook een positieve drukgolf. De reflectie bij de nozzle is veel complexer. Zowel de traagheid als de weerstand van de inkt in de nozzle spelen een belangrijke rol, en door de resulterende inktverplaatsing verandert de vulgraad van de nozzle en daarmee weer genoemde traagheid en weerstand. In feite berust een groot deel van de pompwerking op de veranderende vulgraad. Immers, na het wegjetten van de druppel moet de inktvoorraad in de nozzle weer aangevuld worden. In figuur 2 is het verloop van de drukgolven in het kanaal schematisch weergegeven.

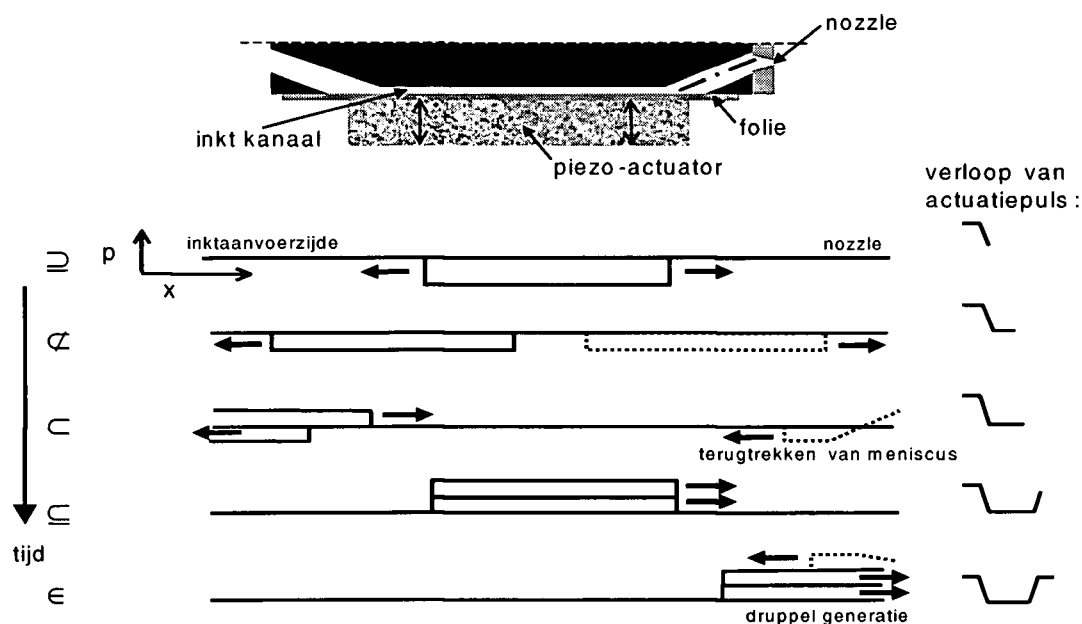


Fig. 2 Drukfontwikkeling in het inktkanaal en bij de nozzle ten gevolge van de kanaalakoestiek (schematische weergave).

Druppelvorming – Gekoppeld aan het ontstaan van een drukprofiel ontstaat er een inktbeweging in de nozzle. De inkt trekt zich eerst terug, en schiet vervolgens met een kopsnelheid tot ca. 20 m/s naar buiten. Onder invloed van oppervlaktenspanning en viscositeit vormt zich uit de lange inktliert een druppel, met een uiteindelijk veel lagere snelheid van bijv. 7 m/s. De sliert kan een lengte hebben van ca. 0,5 mm op het moment dat de staart van de nozzle afbreekt. Als de kop van de druppel een (te) hoge snelheid heeft zal de staart niet meer bij kunnen trekken en

vliegt de kop met hogere snelheid dan de staart verder. Dit proces is bij vaste aanstuurcondities uiterst reproduceerbaar en derhalve stroboscopisch goed zichtbaar te maken. Wanneer de staart niet snel genoeg bij de kop is gekomen, wordt de staart zo dun dat deze opsplijt in meerdere satellieten door de Rayleigh instabiliteit. Dit is een niet reproduceerbaar gedrag, geïnitieerd door kleine verstoringen in de diameter of de snelheid van de inktliert.

Printstrategie – Wanneer de nozzles in de printkop geïntegreerd zijn met een dichtheid die gelijk is aan de printresolutie (aantal nozzles per inch (npi) = aantal dots per inch (dpi) op de print), kan in principe in 1 printslag ter breedte van de kop de volledige dichtheid aan inkt worden weggezet. Is het aantal npi lager dan de printresolutie, dan zijn meerdere printslagen nodig om een print volledig in te vullen.

Bijvoorbeeld bij een integratiedichtheid van 150 npi en een print van 600 dpi zijn vier slagen nodig. De eenvoudigste invulling om dit te realiseren is door na het schrijven van een printlijn het papier 3 keer 1 pixel op te schuiven, gevolgd door een grote papierstap van bijna een kophoogte. In het algemeen zal dit ongunstig zijn voor de printkwaliteit. Fouten van individuele nozzles worden op deze manier geconcentreerd weergegeven en bovendien moet de paperhandling in staat zijn om naast zeer kleine papierstapjes ook een erg grote stap met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren. Daarom wordt meestal gekozen voor het herhaald uitvoeren van een stap ter grootte van ¼ kopbreedte. Dit heet interlacing. Op deze manier worden buurlijnen niet geschreven door dezelfde nozzle en is er sprake van een constante papierstap van beperkte grootte. Aan het begin en aan het einde van de print wordt niet met de hele kop geschreven. Deze in- en uitloopslagen kosten productiviteit. Verder kost interlacing geen productiviteit: de volledige jettfrequentie kan worden benut.

Het positioneren van de printheads boven het papier is voornamelijk een werktuigbouwkundige en elektronische aangelegenheid. In het apparaat worden de printheads in een zeer nauwkeurige printwagen geplaatst. De printwagen transporteert de printheads met constante snelheid en met hoge nauwkeurigheid over het papier. Het te bedrukken papier wordt, uiterst nauwkeurig, in stappen onder de printheads doorbewogen.

Paperhandling – Bij inkjetprinters die rechtstreeks naar papier jetten en gebruik maken van een scannend concept wordt het papier dus stapsgewijs verplaatst. Tijdens het printen ligt het papier stil, tijdens het keren van de printwagen wordt het papier verplaatst. Het papier wordt met kleine stapjes verplaatst als hoge printkwaliteit wordt vereist en grotere stappen als lagere kwaliteit is vereist.

Onderhoud – Elk printhead moet in conditie worden gehouden. De manier waarop is afhankelijk van het type printhead. Om printheads in conditie te houden zijn drie acties nodig: capping, wiping and spitting.

Capping is het plaatsen van een kapje over de nozzleplaat als het printhead niet wordt gebruikt. Hiermee wordt voorkomen dat het printhead uitdroogt.

Wiping is het schoonvegen van de nozzleplaat, het verwijderen van inktresten. Dit gebeurt meestal met een flexibele rubberen wiper, vergelijkbaar met de ruitenwisser van een auto. Door het wegschieten van de inktdruppels vormt zich langzaam een plasje inkt

op de nozzleplaat van bubble-jet printheads. Als dit plasje te groot wordt, wordt het inkjet-proces beïnvloed.

Spitting vindt plaats om te voorkomen dat nozzles die tijdens het printen niet of weinig gebruikt worden, uitdrogen. Daarom wordt van tijd tot tijd gespit. De printwagen beweegt dan naar de zijkant van de machine en daar wordt met alle nozzles enkele druppels in een bakje gespoten.

Afhankelijk van het inkttype wordt van een of meerdere van deze acties gebruik gemaakt.

Inkt

Er bestaat een grote verscheidenheid aan inkten voor verschillende inkjet-toepassingen. Piëzo inkjet is tole-ranter voor de inkt dan thermal inkjet (ofwel bubble-jet), waarin alleen waterige inkten kunnen worden toegepast. De formulering van de inkt is echter ook bij piëzo inkjet kritisch, omdat de inkt altijd bepalend is voor zowel de printkwaliteit als het druppelvormingsgedrag. Inkten, printheads en media (bijv. papier) worden in de praktijk vaak specifiek op elkaar afgestemd. Denk maar aan speciaal inkjetpapier voor bijv. het printen van foto's.

Om een gekleurde inkt te verkrijgen worden doorgaans ofwel kleurstoffen ('dyes') of pigmenten ('pigments') gebruikt. Kleurstoffen lossen moleculair op, zoals suiker of zout in water. Om echter pigmentdeeltjes goed in een inkt verdeeld te houden, moeten ze 'gedispergeerd' worden. De moeilijkheid hierbij is om een stabiele dispersie te maken, die niet uitzakt of uitvlokt. Bij het gebruik van kleurstoffen treedt vaak een vervaging en/of verkleuring op wanneer de prints aan te veel zonlicht worden blootgesteld. Voor buitentoeepassingen worden daarom, vanwege lichtechtheid, in het algemeen pigmenten gebruikt. Men probeert daarvoor ultrafijne pigmentdeeltjes te produceren, die goed te dispergeren zijn, gunstig zijn voor lichtechtheid en randscherpte, en wat betreft kleurenruimte dichter in de buurt van kleurstoffen uitkomen.

Waterige inkt – Waterige inkt komt voor in combinatie met zowel thermal inkjet als met piëzo inkjet. Een waterige inkt bestaat in hoofdzaak uit water (60-90%), een beperkte hoeveelheid oplosmiddel (5-30%) om indroging van nozzles te voorkomen en een kleurstof (1- 10%). Verder is het gebruik van meerdere additieven bekend. Het gebruikte water zal uiteindelijk moeten verdampen. Dit droogproces vormt een belemmering voor (hoog-)productieve toepassingen.

Bij een niet-gecoat medium, plain paper, spreidt de inkt langs de papervezels en trekt zo het papier in. In vergelijking tot de natuurlijke verdamping van water is deze absorptie relatief snel, maar geeft wel aanleiding tot:

- vervorming: het papier gaat eerst krullen en daarna 'lubberen' (cockle).

- feathering: de vorming van inkt-uitlopers in de richting van de papiervezels.
- te weinig kleuring: de kleurstof verdwijnt in het papier.

Om de droging van waterige inkjet-prints te versnellen bestaan er drie mogelijke ingangen.

Als eerste ingang kan minder water gebruikt worden (kleinere druppels met hogere kleurstofconcentratie, inkt met een hoog vaste stof gehalte, ...).

De tweede ingang is actief drogen, via bijv. verwarming. Hierbij wordt echter ook al snel tegen grenzen aangelopen, vanwege de hoge vermogens die nodig zijn om water te verdampen.

De derde ingang is het gebruik van speciale media-coatings, waarmee gecontroleerde absorptie in de coating wordt gerealiseerd en/of absorptie in het papier wordt voorkomen. Door het optreden van feathering is het in het algemeen moeilijk om zonder coatings een hoge printresolutie te behalen. Deze coatings moeten dus balanceren tussen vele ontwerpparameters zoals druppelvolumen, verdampings-snelheid, penetratiesnelheid, laagdikte van de coating, porositeit, etc.

Hotmelt Inkt – Hotmelt inkt is een smeltbare substantie die bij kamertemperatuur in de vaste fase is. Deze inkten staan bekend als relatief media-ongevoelig. Hotmelt-inkten worden verspoten middels piëzoactuator van de gesmolten inkt, die daarvoor dun-vloeibaar genoeg moet zijn. Om dit te bereiken worden harsen, die van zichzelf te visceus zijn, verdund met kristallijne basismaterialen (denk bijv. aan kaarsvet). Tijdens afkoeling kristalliseren deze materialen, terwijl de harsen amorf (d.w.z. glasachtig) stollen. Aan gezien deze stolling vrijwel instantaan kan zijn, kan met hotmelt zeer productief geprint worden. Er is in principe geen droogprobleem. In tegenstelling tot waterige inkten echter blijft de drager (harsen en kristallijne basismaterialen) van het kleurstof op de print

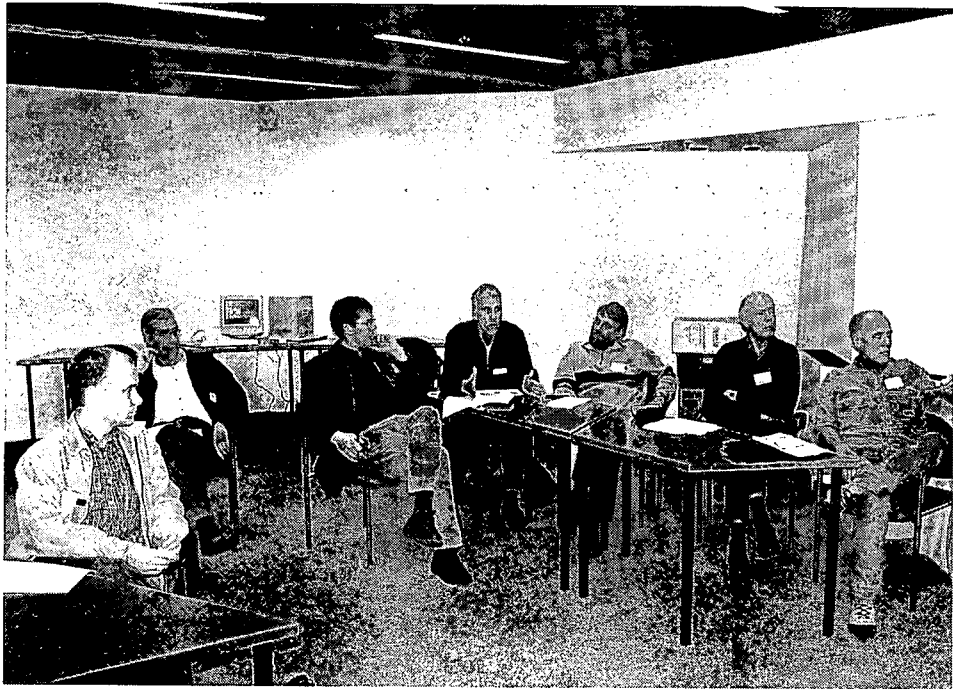
aanwezig. Dit is vergelijkbaar met tonersystemen, waarin voornamelijk harsen worden toegepast.

Andere Inkten – UV-uithardbare (acrylaat-gebaseerde) inkten zijn met name interessant vanwege een bijzondere water- en krasvastheid op zeer diverse media en substraten. Toepassing in kantoren wordt vooralsnog tegengehouden vanwege hinderlijke bijverschijnselen, bijv. 'geur', alsmede het benodigde vermogen voor de UV-lampen.

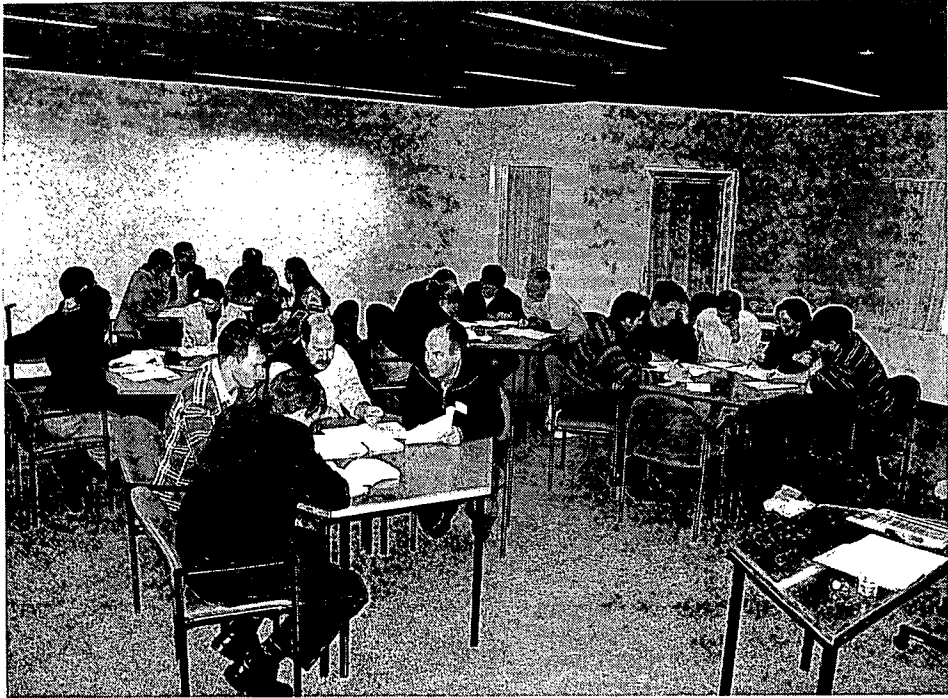
Olie-gebaseerde inkten zijn te 'vies/vettig' voor een kantoortoepassing. Hun toepassing ligt met name op het gebied van productiever (dan met waterige inkt) printen op breedformaat media in een fabriekshal. Het productiviteitsvoordeel t.o.v. waterige inkten bestaat alleen voor poreuse media, omdat absorptie van olie aanzienlijk minder vervorming (opkrullen, etc.) van papier geeft dan absorptie van water.

Oplosmiddel-gebaseerde inkten worden met name gebruikt in de Display Graphics markt, omdat deze ook op niet poreuse media toegepast kunnen worden. Vaak worden de printers uitgerust met een afzuiging, vanwege het vluchtige karakter van de gebruikte oplosmiddelen. Toepassingen voor thuis en kleine kantoren liggen dan ook buiten bereik, ondanks het feit dat een hoge kwaliteit en robuustheid van prints bereikt kan worden.

Inktvoorraad – Kleine desktopprinters hebben vaak een kleine voorraad inkt in de printkop zitten. Als deze voorraad leeg is moet de printkop in z'n geheel worden vervangen. De meeste inkjetprinters die grotere volumes moeten kunnen verwerken, hebben aparte inktvoorraden, terwijl de printkoppen ook een langere levensduur hebben. Tenslotte hebben we dan nog de vaste inkten, hotmelt. Het doseren van inkt in het geringe aantal hotmeltapparaten dat op de markt is of is geweest, gebeurt stevast door het handmatig toevoeren van blokken inkt. In het apparaat worden deze blokken langzaam afgesmolten.



Werkgroepen



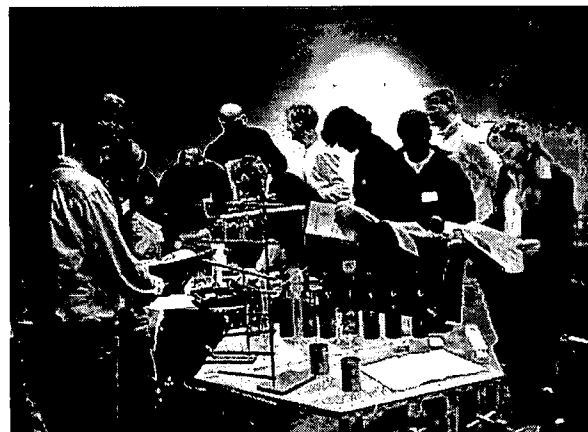
Kaleidoscoop

Werkgroep 3

*H. Biezeveld, R. Peerdeman
& K. Wageman*

OSG West-Friesland, Hoorn

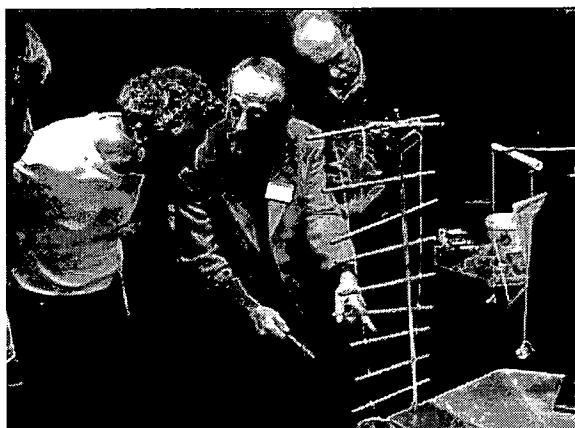
In de werkgroep hebben we laten zien hoe we op de OSG West-Friesland in Hoorn in de onderbouw werken met het materiaal dat we laatste 25 jaar ontwikkeld hebben. De teksten die bij dat materiaal horen, werden in het begin op losse stencils aan de leerlingen aangeboden, maar ze zijn de laatste jaren gebundeld in boekjes met de naam *Kaleidoscoop*.



We vertoonden een video van een paar (uiteraard geslaagde) lessen en we hadden van veel practica een exemplaar meegenomen, zoals:

- kleuren mengen (met licht en met verf)
- meten aan schaduwen
- simpele elektromotoren
- zinken, zweven, drijven
- een hete-luchtballon die leerlingen zelf in elkaar plakken
- schatten van de grootte van moleculen
- flessenorgels

hubert.biezeveld@planet.nl
rene.peerdeman@wanadoo.nl



Anticiperen op leerlingeninbreng bij probleemgeoriënteerd onderwijs

Werkgroep 5

H. Poorthuis

Centrum voor β -Didactiek, Universiteit Utrecht

Aan de werkgroep *Anticiperen op leerlingeninbreng bij probleemgeoriënteerd leren* is in beide werkgroependes deelgenomen door circa twintig mensen, vooral docenten uit havo/vwo. In deze werkgroep kregen de deelnemers de gelegenheid om kennis te nemen van de ideeën achter probleemgeoriënteerd leren, om het gebruikte lesmateriaal te bestuderen en om kennis te nemen van ervaringen in de klas vanuit de invalshoek van het anticiperen op leerlingeninbreng. Het was beide keren een geanimeerde werkgroep.

In het project *probleemgeoriënteerd onderwijs* van het Centrum voor Beta-Didactiek van de Universiteit Utrecht onderzoeken we of het mogelijk is een lessenserie bij een bestaand schoolboek vorm te geven vanuit een probleemgeoriënteerde aanpak. Bij deze aanpak wordt het leerproces gestructureerd vanuit een samenhangende set richtvragen en probleemstellingen. We willen bij leerlingen een sterkere inhoudelijke motivatie en meer inhoudelijke inbreng bevorderen. Voor docenten betekent dit dat ze in hun voorbereiding moeten anticiperen op leerlingeninbreng. Het gaat niet alleen om het stimuleren van inbreng, maar ook om werkelijk iets te doen met de inbreng van leerlingen.

Een beschrijving van de ideeën achter *probleemstellend leren* is te vinden in het artikel van Marjolein Vollebregt, Kees Klaassen, Rupert Genseberger en Piet Lijnse, *Leerlingen motiveren via probleemstellend onderwijs*, uit NVOX nummer 7, september 1999, 339-341. In dit project richten we ons op probleemgeoriënteerd leren dat beschouwd kan worden als een laagdrempelige vorm van probleemstellend leren. Uitgangspunt is dat leerlingen gemotiveerd worden door inhoudelijke inbreng, als daar tenminste serieus iets mee gebeurt. In het ontwerp en in de uit-



voering van de lessenserie is daarom van groot belang dat docenten anticiperen op leerlingeninbreng. Ideeën over inhoudelijke inbreng en motivatie zijn te vinden in het artikel van Rupert Genseberger en Ton van der Valk, *Past zo iets wel in de tweede fase? 'Druk' een lessenserie met veel inhoudelijke inbreng van leerlingen.*, uit NVOX nummer 5, mei 2000, 228-230.

We hebben voor het schoolboek *Newton* voor 4 havo en 4 vwo bij het hoofdstuk *Elektrische huisinstallatie – Elektrische schakelingen* aanvullend lesmateriaal geschreven. Het aanvullend lesmateriaal bevat een aantal elementen om het probleemgeoriënteerde leren speciaal vorm te geven.

Het eerste element is het werken met *richtvragen* voor het hoofdstuk als geheel en voor iedere paragraaf afzonderlijk. De hoofdstukvragen en paragraafvragen worden in de introductie gesteld, maar daar nog niet beantwoord. De antwoorden moeten komen van de studie en de lessen.

Het tweede element is het gebruik van een *instapprobleem*, meestal in de vorm van een demonstratie. Een instapprobleem wordt gekenmerkt door het feit dat het de leerlingen uitdaagt het probleem te beantwoorden met de kennis die ze al hebben. Dat lukt voor een gedeelte, maar voor een ander deel schiet de voorkennis tekort. Dit roept een kennisbehoefte op.

Het derde element is het gebruik van *toepassingsproblemen* na een eerste verwerking van de nieuwe leerstof. In de nabespreking van de toepassingsproblemen wordt aandacht besteed aan systematisch en handig problemen oplossen over elektrische schakelingen.

Zowel bij het instapprobleem als bij het toepassingsprobleem wordt gebruik gemaakt van een nieuwe werkvorm: *denken - delen - uitwisselen*. Eerst werken

de leerlingen individueel – dat kan het huiswerk zijn, maar hoeft niet. Daarna delen de leerlingen hun resultaten met een klein groepje. Vervolgens rapporteert één groepslid aan de klas als geheel.

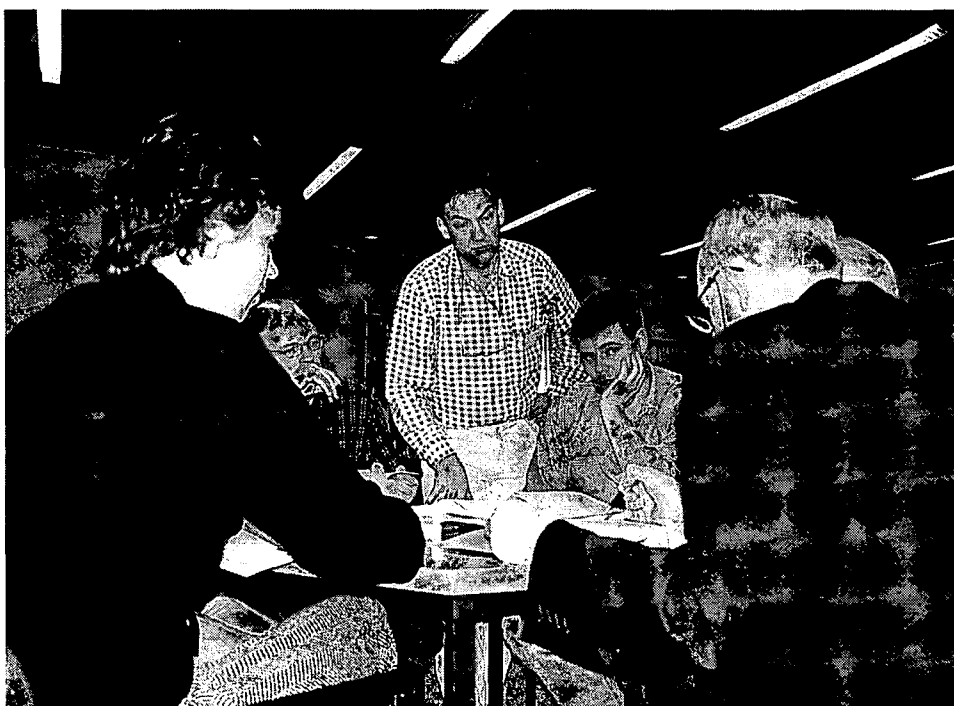
Bij het *instapprobleem* wordt gebruik gemaakt van een korte trits (2 min. individueel, 2 min. in twee- of drietallen en dan klassikaal nabespreken); bij het *toepassingsprobleem* wordt gebruik gemaakt van een lange trits (10 min. als huiswerk individueel, 10 min. werken in groepen aan het begin van de volgende les en dan klassikaal nabespreken).

Op het Bonifatiuscollege in Utrecht is in de periode van herfst tot kerst in 2001 en in 2002 deze lessenserie in vijf vierde klassen havo en vwo uitgevoerd. Op basis van de eerste ronde is het aanvullend lesmateriaal aangepast en zijn de docenten getraind.

De probleemgeoriënteerde opzet van de lessenserie en het gebruik van activerende werkvormen uit het repertoire van samenwerkend leren, moet er toe leiden dat leerlingen actiever en meer op tijd leren, dat leerlingen meer inhoudelijke interactie aangaan met medeleerlingen en de docent, dat leerlingen meer inhoudelijke inbreng hebben waar de docent serieus iets mee doet. Dan gaan leerlingen gemotiveerder, betekenisvoller en effectiever leren. We zien goede mogelijkheden, gezien de positieve reacties van docenten en leerlingen bij het werken met dit lesmateriaal.

Voor verdere informatie:

<http://www1.phys.uu.nl/natdid/psl>



Natuurkunde Community

Werkgroep 7

*M. Castenmiller
& B. Michels*



- NVON
- KENNISNET

Opbouw – Wie zijn wij?

- Berenice Michels en Ron v.d. Sluis: tweede fase
- Joël de Bruijn: bovenbouw vmbo + beheer kennisnet-ingang en algemene nieuwsbrief
- Marc Castenmiller: onderbouw, vakwijzerdatabase, algemene mailinglijst

Doelstellingen

- Uitwisselen van bestanden
- Informatie + contacten tussen docenten
- Samenwerking op gebied lesmateriaal
- Database bestanden, sites, toetsen enz

Bestanden uitwisselen

- Halen
 - Nu: flink zoeken op nvonsite, nask-nieuwsbrief, archief
 - Toekomst: database
- Brengen
 - Nu: email webmasters
 - Toekomst: uploadvoorziening

Contacten en info

- Mailinglijsten: algemeen, tweede fase, vmbo-bovenbouw, onderbouw
- Nieuwsbrieven: 4 stuks (geen overlap)
- Forum
- Bijeenkomsten

Samenwerking

- Sites beoordelen (+ vertalen?)
- Lesmateriaal bij applets maken
- Applets vertalen
- Bestanden geschikt maken voor het veld
- Leerlingensite

Database

- Bestanden van de NVON
- Sites (via vakwijzer)
- Toetsen
- Toekomst: methodegebonden materiaal

Adressen

- www.nvon.nl
- www.digischool.nl/na/community
- Tweede fase: michels@Hp1.MET.wau.nl
- Vmbo-bovenbouw + algemene nieuwsbrief info@jdebruijn.nl
- Onderbouw + database: Marc Castenmiller sa007@concepts.nl

Mailinglijsten

- Algemeen: <http://www.digischool.nl/na/community/formulier.php3> of sa007@concepts.nl (vermeld naam, naam school, plaatsnaam school)
- Tweede fase: <http://www.fys.ruu.nl/~wwwnatdc/frdeelname.html>
- Onderbouw: vermeld naam, naam school, plaatsnaam school: sa007@concepts.nl
- Bovenbouw vmbo: vermeld naam, naam school, plaatsnaam: betlem@strw.LeidenUniv.nl

Werk aan de winkel

- Vakwijzer
 - beoordelen bestanden + sites
 - onderhoud: opschonen + kwaliteitsbeheer
- Vertalen applets + sites
- Maken lesmateriaal bij applets
- Aanpassen lesmateriaal
- Methode-gebonden info + bestanden op de site
- Opzet en onderhoud leerlingensite
- Nieuw leven in 'Forum'?

Discovery Game: een uitdagend natuurkundespel

Werkgroep 8

*J. van den Adel
& P.J. Blankert*



Inleiding

Demonstratie experimenten kunnen de motivatie bij leerlingen voor het vak natuurkunde versterken. Wanneer hierbij ook nog een competitief element wordt ingebracht kan het effect nog groter worden. Een mogelijkheid om dat te realiseren is de demonstratie-experimenten in de vorm van een quiz aan te bieden.

Discovery Game

In deze werkgroep is met de deelnemers (ongeveer 40) het spel 'Discovery Game' gespeeld. Het spel is een soort wetenschapsquiz met de volgende opzet:

- Bij ieder onderdeel van de quiz wordt een experiment beschreven, waarbij drie mogelijke uitkomsten van het experiment worden aangegeven.
- De deelnemers, die in groepjes van 5 à 10 ingedeeld zijn, gaan hierover discussiëren en kiezen als groep één van de drie uitkomsten.
- Vervolgens wordt het experiment uitgevoerd of voeren de deelnemers het experiment zelf uit.
- De groepen met het goede antwoord krijgen een punt.

Voorbeelden:

- Twee eieren rollen van een helling af, de ene is gekookt, de andere ongekookt.
Vraag: wat rolt sneller een helling af: een gekookt ei of een (even zwaar) ongekookt ei, of zijn ze even snel.
- Een speelgoedautootje rijdt van een helling af, die overgaat in een horizontale baan, vliegt vervolgens een stukje door de lucht en komt op de iets lager gelegen tafel terecht (horizontale worp). Het experiment wordt nu herhaald met een tweemaal zo zwaar autootje.
Vraag: komt het tweede autootje minder ver, even ver of verder op de tafel terecht.

- Een gloeilamp wordt in een magnetronoven geplaatst.

Vraag: als de magnetron aangezet wordt springt de gloeilamp stuk, gaat de gloeilamp branden of gebeurt er niets (waarschuwing: niet te lang aan laten staan).

- Sommige experimenten hebben een wat meer ludiek karakter. De deelnemers worden hierbij duidelijk gefopt. Een voorbeeld is het experiment met de magische vloeistof. Vanuit een spuitflesje wordt vloeistof (bijv. water met een kleurtje) in een klein bekeerglas gespoten. Het bekeerglas wordt tijdens het spuiten losgelaten en blijft aan de vloeistofstraal hangen.

Vraag: is het een magnetische vloeistof, is het een soort kauwgom of was het een onderkoelde vloeistof. Uiteindelijk blijkt geen van de drie antwoorden de juiste te zijn. Het bekeerglas is namelijk met een dun stukje visserslijn aan het flesje verbonden. Dit lijntje blijft door de vloeistofstraal voor het publiek verborgen.

- Er zijn ook vragen zonder experimenten zoals: als ik een touw heb dat strak gespannen is rondom de maan en ik vervolgens piketpaaltjes op de maan plaats van precies een meter en ik probeer het touw boven over deze paaltjes te spannen, hoeveel touw kom ik dan tekort: 60 cm, 6 m of 600 m (een variant op de vraag van de wetenschapsquiz van dit jaar).

Om het spel voor de deelnemers aantrekkelijk te maken is bij de opzet veel aandacht besteed aan de vormgeving (o.a het decor) en de uitwerking van de experimenten.

De ontwerper van het spel heeft het plan om dit spel in samenwerking met de afdeling Natuurkundepractica en Didactiek van de Vrije Universiteit tegen een redelijke vergoeding op middelbare scholen te gaan spelen.

Uit de geanimeerde discussie na afloop van het spel bleek het volgende:

- De docenten vonden het een heel leuk en motiverend spel.
- Er bestaat duidelijk belangstelling voor het op school uitvoeren van het spel.
- Wat betreft de financiën werd opgemerkt dat voor dit soort activiteiten in principe geld beschikbaar is op scholen. Omdat dit mogelijkwijs niet geheel de kosten zal dekken, zal naar sponsors gezocht moeten worden.
- Men zag mogelijkheden om het spel zowel in onder- als in bovenbouwklassen te spelen.
- Gezien de opzet van het spel lijkt het geen goed idee om het spel bijv. in een aula met veel klassen tegelijk te spelen. Beter om het spel aansluitend twee of drie keer te spelen voor groepen van ten hoogste 40 leerlingen.

Wilt u in de toekomst op de hoogte gehouden worden van de mogelijkheden om 'Discovery Game' op uw school te laten spelen, zend dan een e-mail naar één van de onderstaande e-mail adressen. Vermeld in uw mail uw naam en de naam en het adres van de school.

Johan van den Adel
Party Perfect
Touwslagerij 11
1185 ZP Amstelveen
tel.: 020-6430393
e-mail: info@partyperfect.nl

Piet Blankert
Faculteit der Exacte Wetenschappen
Natuurkunde en Sterrenkunde
Vrije Universiteit
De Boelelaan 1081
1081 HV Amsterdam
tel.: 020-4447886
e-mail: pietbl@nat.vu.nl



Aan de inhoud herkent men de fles – betrouwbaarheid en validiteit bij practica

Werkgroep 9

J. Buning & F. van Liempt



Inleiding

Een belangrijke vraag bij het doen van onderzoek is: 'Hoe krijg ik betrouwbare resultaten die ook nog valide (= geldige) uitspraken mogelijk maken over wat ik wilde weten?'

Het gaat hier dus om een vaardigheid die we leerlingen moeten aanleren voordat zij een praktische opdracht of een onderzoek gaan doen. We hebben hiervoor een experiment ontwikkeld dat in een aantal klassen in de bovenbouw vwo/havo en onder eerstejaars studenten natuurkunde is uitgeprobeerd.

Het experiment

De *uitgangspunten* die wij kiezen zijn:

- Het ontwikkelen van een vaardigheid is een doel op zich.

Het practicum dat we hebben gekozen is daarom inhoudsarm. Er komt geen theorie aan bod. Bovendien is een zeer eenvoudige methode gebruikt, die lage eisen stelt aan de technisch-instrumentele vaardigheden van de leerlingen.

- Een vaardigheid kan op verschillende niveaus beheerst worden.

Leerlingen maken een ontwikkeling door in het beheersen van een vaardigheid. Het experiment is daarom uitgevoerd door leerlingen van 4 havo (4x), 4 vwo (7x), 6 vwo (6x) en eerstejaars studenten natuurkunde (13x). We hoopten zo meer inzicht te krijgen in die verschillende niveaus.

- Het ontwikkelen van een onderzoeksvaardigheid (en daar gaat in dit experiment over) kan niet zonder specifieke begeleiding.

Een onderzoeksvaardigheid zoals het komen tot betrouwbare en valide resultaten, is een hoog cognitieve vaardigheid. Het ontwikkelen van een dergelijke vaardigheid vraagt sturing en feedback van de docent. Zeker als we ons bedenken dat deze vaardig-

heid te maken heeft met het communiceren over je werk met anderen.

Het experiment is bijzonder eenvoudig:

Leerlingen vullen een fles met water en zetten de vulhoogte uit tegen de inhoud.

De opdracht daarbij is: Voer het experiment zo uit, zodat je uit de resultaten, uitgezet in een grafiek, iets over de eigenschappen van de fles kunt zeggen. Om dit toe te spitsen op de kwestie van 'Hoe betrouwbaar en valide zijn mijn resultaten?', werd er voor een bepaalde setting gekozen. *De leerlingen moesten hun medeleerlingen overtuigen dat hun grafiek past bij hun eigen fles en niet bij een andere fles!* Dit went leerlingen er aan dat onderzoek altijd binnen een bepaalde context staat en tegenover anderen moet worden verdedigd.

Centrale begrippen

Bij de vraag of we op onze resultaten aan kunnen spelen drie begrippen een rol. Aan ieder begrip is een eigen vraag te koppelen.

Nauwkeurigheid: Wat is de marge?

Betrouwbaarheid: Is het resultaat reproduceerbaar?

Validiteit: Heb ik gemeten wat ik wilde weten?

Betrouwbaarheid vraagt om nauwkeurigheid. Validiteit gaat uit van betrouwbaarheid.

Uitvoering

Bij de uitvoering wilden we rekening houden met ons idee dat er een geleidelijke ontwikkeling nodig is om een complexe onderzoeksvaardigheid te leren beheersen. We verwachtten dat leerlingen de volgende vijf niveaus zullen doorlopen in het beheersen van de vaardigheid 'Hoe kom ik tot goede (betrouwbare en valide) resultaten?'

1. *Gebonden aan de objecten* – Leerlingen hebben alleen aandacht voor de objecten die ze vóór zich zien of waar ze mee bezig zijn. Ze zeggen: 'Ik onderzoek de binnenkant van een colafles' of 'Ik meet met water' of 'Ik ga een grafiek maken'.

2. *Herkenning van de grafiek* – Leerlingen zijn in staat om nog slechts heel basaal een relatie te leggen tussen het object en de grafiek. Ze zien in dat de grafiek iets zegt over de binnenkant van de fles.

3. *Onderkennen procedures* – Leerlingen weten op basaal niveau dat ze een nette grafiek moeten maken, en daarvoor zorgvuldig moeten meten, netjes moeten tekenen en ze begrijpen dat ze de meetpunten goed moeten spreiden.

4. *Zorg om overtuigend te zijn* – Leerlingen hebben de intentie om later een ander te overtuigen en beseffen dat zij hiervoor goede resultaten moeten hebben. Ze kunnen de conclusies die zij trekken uit de grafiek onderbouwen met argumenten.

5. *Reflectie op de begrippen* – Uit de eis om betrouwbare en valide metingen te doen trekken leerlingen consequenties voor hun handelen. Ze leiden daaruit de noodzaak van specifieke meetprocedures af voor deelaspecten van het probleem. Ze anticiperen bij het opzetten van een meetprocedure op hoe ze de grafiek zullen moeten interpreteren.

Om de instructies aan te passen aan het niveau waarop naar verwachting de leerlingen of studenten het experiment zullen (moeten) uitvoeren zijn twee verschillende versies van de opdracht gebruikt. Leerlingen in de 4^e en 6^e klas kregen in de handleiding al diverse hints. (Op verzoek zijn bij de auteurs de instructies op te vragen.)

Na afloop vulden de leerlingen/studenten een korte vragenlijst in. Daarin werd gevraagd:

- Wat moest je van dit practicum leren? (open vraag)
- Hoe kwam je te weten wat het doel was van dit practicum? (open vraag)
- Waarvan heb je bij dit practicum het meeste geleerd? (keuze uit 6 mogelijkheden)
- Vond je dit practicum nuttig? (keuze uit vier waarderingen + toelichting)
- Vond je dit practicum interessant? (keuze uit vier waarderingen + toelichting)

Bevindingen

Observaties en vragenlijsten geven de volgende bevindingen:

- In het uitvoeren van de opdrachten en in het maken van de grafieken vertoonden alle leerlingen veel overeenkomst. Opvallend is echter dat leerlingen het doel en de betekenis van hun werk heel verschillend beoordeelden. Zie figuur 1.
- Leerlingen lijken hun onderzoeksvaardigheden geleidelijk te ontwikkelen en in verschillende tempo's.

Dat brengt ons erop de vraag te stellen: Moet je de prestaties met een cijfer beoordelen of laat je de leerling zijn vorderingen in een portfolio documenteren?

Wat moest je hiervan leren ?				Niveau
4H	4V	6V	1VU	
4	4	3		1. aan objecten gebonden
2	3	3		2. eerste herkenning grafiek
1	5	4	4	3. notie specifieke procedures
		3	12	4. zorg om overtuigend te zijn
			2	5. reflectie op de begrippen

Fig. 1 Aantallen antwoorden gecategoriseerd op vijf niveaus

- De schriftelijke instructies zijn zorgvuldig opgesteld om de leerlingen het doel van de proef duidelijk te maken en hen te richten op de vraag: 'Hoe krijg ik goede resultaten?'. Schriftelijke instructies blijken echter onvoldoende om (volgens de leerlingen zelf) het leerproces te laten slagen. Leerlingen hebben behoefte aan feedback die bij hun niveau aansluit. Maar vooral blijken ze diverse vormen van begeleiding en communicatie nodig te hebben. Zie figuur 2.

Dit brengt ons op de stelling: Het leren van een onderzoeksvaardigheid is geen opdracht waarmee je een leerling naar een algemene studieruimte kunt sturen.

Waar leerde je het meeste van?				
4H	4V	6V	1VU	
			1	• schriftelijke instructie
1		3	4	• mondelinge instructie
2	5	nvt	3	• begeleiding tijdens proef
3	4		3	• zelf doen en nadenken
2	3		2	• overleg medeleerlingen
		5	8	• discussie na afloop

Fig. 2 Begeleiding, feedback en communicatie zijn cruciaal

- Leerlingen vonden het experiment allemaal zinvol, maar velen vonden het niet zo interessant. Zie figuur 3 en 4.

In 6-vwo schreef een leerling: 'Ik vond het leuk om dit te doen, maar of dat nou interessant is?' Enkele beginnende natuurkundestudenten hadden last van het feit dat het maar om flessen ging. Misschien in de verte toch nog een beetje gebonden aan het object?

Dit eenvoudig uit te voeren experiment is zeer geschikt om leerlingen een belangrijk aspect van open onderzoek te laten leren. Het vraagt wel zorgvuldige begeleiding om juiste feedback te geven op het niveau waar de leerlingen zijn. In dat geval is het experiment in te zetten op bijna elk niveau.

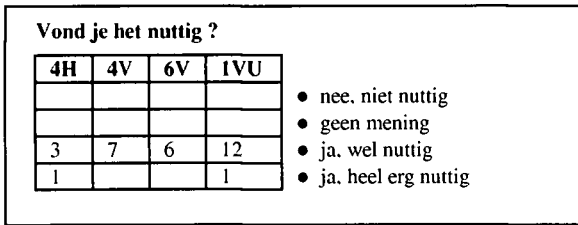


Fig. 3

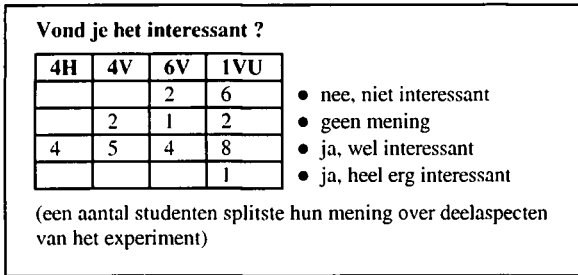


Fig. 4



'Good practice' onderzoek bij ANW: aanpak en conclusies

Werkgroep 10

J. Flokstra & H. Pol

V.d. Capellen SG Zwolle & RuG



Na de maatregelen van Adelmund in 1999 hebben de NVON en de omscholingsinstituten bij het Ministerie van OC&W aangedrongen op de start van een aantal projecten om het beschadigde imago van ANW een nieuwe impuls te geven. Naast het opzetten van regionale kringen en het ontwikkelen van een vakdidactische handleiding is een onderzoek gestart naar 'good practice'. Onder leiding van Mieke Kapteijn van het IDO/VU hebben Barbara Meijkamp van het IDO/VU en Henk Pol van de RuG scholen gezocht en bezocht. In de werkgroep werd verslag gedaan van de uitkomsten van het onderzoek. In dit artikel worden de aanpak van en de conclusies uit het onderzoek beschreven. Concrete beschrijvingen van de scholen zijn terug te vinden in NVOX en in de publicatie die is te verkrijgen via de NVON (zie eind artikel).

Wanneer is er sprake van 'good practice'?

'Good practice' is een modieuze, internationale term voor allerlei activiteiten die een goed voorbeeld zijn van een bepaalde aanpak. In het geval van ANW gaat het dus om voorbeelden van goed onderwijs in ANW. Voorbeelden van 'good practice' kunnen een belangrijke rol spelen bij verdere ontwikkeling en discussies over een vak.

'Good practice' is een term die veel beelden oproept: enthousiaste docenten en leerlingen die zich actief met de inhoud van ANW bezig houden, al dan niet gestuurd door een leerboek, maar ook scholen waar docenten met elkaar creatieve oplossingen bedenken voor de problemen die ze bij ANW tegen komen. Het projectteam heeft de volgende criteria gehanteerd bij het kiezen van de scholen, het beschrijven van de praktijk op die scholen en het zoeken naar de factoren die 'good practice' bevorderden (kader 1).

Kader 1: criteria voor 'good practice' scholen

In scholen met goed ANW-onderwijs:

- zijn leerlingen redelijke enthousiast en actief met het vak bezig
- vindt er ontwikkeling plaats van een visie waaraan wordt vorm gegeven
 - over de inhoud van ANW
 - over de manier van werken bij ANW
 - over de manier van toetsen in ANW
- wordt bij die ontwikkeling samengewerkt door docenten
- passen activiteiten van docenten en leerlingen binnen de beschikbare tijd

Opzet van het onderzoek

De eerste stap in het onderzoek naar 'good practice' in het ANW-onderwijs was een speurtocht naar scholen waar sprake was van ANW-onderwijs volgens de bovenstaande criteria. Ongeveer dertig scholen zijn telefonisch benaderd op grond van 'onderbouwde geruchten'. Die geruchten spoorde het projectteam actief op via de ANW-mailinglist en via omscholers, regionale kringen en uitgevers.

Dertien scholen zijn bezocht. Daar zijn verdere gegevens verzameld over het ANW-onderwijs in die school. Uiteindelijk is van negen scholen een portret gemaakt. In die scholen is gesproken met leerlingen, ANW-docenten en schoolleiding en werd een aantal lessen bijgewoond.

Bij de uiteindelijke keuze voor een schoolbezoek en een portret hebben ook factoren een rol gespeeld als

- regio waarin de school gelegen was
- plattelands- of stadsschool
- school met relatief veel allochtone leerlingen of niet
- ANW-methode.

Er is naar gestreefd om een zo groot mogelijke variatie in portretten te verkrijgen om tot een rijk en divers beeld van goed ANW-onderwijs te kunnen komen.

Er zijn veel meer scholen waar goed ANW-onderwijs werd gegeven dan die bezocht konden worden om een ANW-portret over te maken. Toen het onderzoek al liep, hoorden we vaak van scholen waar soortgelijke ontwikkelingen gaande waren.

Bij het kijken in de scholen en bij de gesprekken met docenten, leerlingen en schoolleidingen hebben vier vragen centraal gestaan:

- Hoe ontwikkelen docenten de inhoud van ANW op school? Wat staat daarbij centraal in ANW? Zijn die centrale ideeën ook herkenbaar voor de leerlingen? En: (hoe) groeit er tussen de verschillende ANW-docenten binnen een school één beeld van ANW?
- Met welke manieren van werken experimenteren docenten en leerlingen? Welke werkvormen gebruikt men in de ANW-lessen, wat voor opdrachten krijgen de leerlingen en hoe wordt er aan vaardigheden gewerkt?
- Hoe gaat men in de school om met toetsen en praktische opdrachten? Zijn er echte ANW-toetsen en hoe zien die er uit? Welke praktische opdrachten doet men bij ANW en hoe beoordeelt men die?
- Hoe werken collega's ANW samen, met de schoolleiding en met andere vakdocenten?

Conclusies van het onderzoek: verschillen en overeenkomsten tussen scholen

Uit de portretten blijkt dat in de onderzochte scholen ANW in allerlei opzichten verschilt.

Er worden verschillende methodes gebruikt (Solar, Scala, ANW Actief en Antwoord), ieder met hun eigen accenten. Soms worden twee methodes gebruikt, verschillend voor HAVO en VWO of verschillend in vierde en zesde klas.

De secties bestaan uit één tot zeven docenten; dat hangt ook samen met het aantal leerlingen op een school. De manier waarop de ANW-secties tot stand zijn gekomen is ook divers. Op sommige scholen zijn docenten uit alle natuurwetenschappelijke vakken aangewezen om een aantal ANW-lessen te geven. Op andere scholen hebben de ANW-docenten vrijwillig gekozen voor ANW of zijn ze gevraagd vanwege hun kwaliteiten.

Op sommige scholen is er een apart ANW-lokaal, op de meeste scholen een goede mediatheek. Budgetten verschillen, evenals de roosters en het aantal uren ANW dat wordt gegeven. Meestal wordt ANW in de vierde klas gegeven, soms zowel in de vierde als in de vijfde klas en een enkele keer zelfs in de zesde, al dan niet in perioderoosters, al dan niet in blokuren. De scholen verschillen in de manier waarop ze de ontwikkeling van ANW in hun school aanpakken en in de sterke en zwakke punten wat betreft die ontwikkeling.

De criteria waarop de scholen gekozen zijn betekenen dat er ook overeenkomsten zijn tussen de negen scholen. Alle geportretteerde scholen zijn bezig met de ontwikkeling van de vakinhoud, de manier van werken en de toetsing. In alle scholen wordt door docenten samen gewerkt aan de identiteit van ANW.

In de volgende paragrafen zijn beschrijvingen te vinden van ontwikkelingen in methodegebruik, de manier waarop lijnen in ANW ontwikkeld worden, wat docenten veranderen aan werkvormen en leeractiviteiten en hoe ze met toetsen bezig zijn.

Methodegebruik

Auteurs van methoden hebben in de twee jaren voordat ANW werd ingevoerd nagedacht over de vormgeving van dit nieuwe vak. Daarbij hebben de inhoud, de ordening en de leerlingactiviteiten vorm gekregen. Bij het maken van de leerboeken hebben de eindtermen, het experimentele lesmateriaal van de SLO, het studiehuis en de opvattingen van auteurs en uitgevers daarover, een rol gespeeld. Er is geen tijd geweest om de boeken uit te proberen in klassensituaties voordat ze in een definitieve vorm verschenen.

In het eerste jaar van ANW werd op de meeste scholen het gekozen boek getrouw gevolgd. De volgorde, de inhoud, de vragen en opdrachten werden, zover de tijd dat toeliet, gehandhaafd. Toch was de identiteit van het vak ANW voor docenten en leerlingen niet vanzelfsprekend duidelijk uit de boeken. Het vak werd vooral door leerlingen soms beschreven als losse stukken scheikunde, biologie en natuurkunde zonder rode draad en oppervlakkig. Bovendien werkte individuele zelfstudie aan de hand van een boek volgens de docenten in de hand dat leerlingen het vak als saai tekstverklaren gingen zien. Docenten die het boek van kaft tot kaft lieten doorwerken ervoeren het programma als overladen.

Dit waren redenen voor docenten om in het tweede en derde jaar dat ze het ANW gaven de boeken minder als inhoudelijk en didactisch keurslijf te gaan gebruiken. Zij namen stappen om een helderder lijn in ANW te krijgen en nieuwe vormen van werken uit te proberen.

Lijnen in ANW

Docenten, leerlingen en de schoolleiding in de verschillende scholen hebben opvattingen over de inhoud van ANW die redelijk overeenkomen. Daarvan zijn de centrale elementen:

- ANW gaat over de invloed van natuurwetenschappen in de samenleving.
- Je leert kritisch omgaan met dilemma's die de ontwikkeling van natuurwetenschap en techniek oproepen.
- Je leert bij ANW vaardigheden.

Die overeenkomst in opvattingen is niet zo maar ontstaan. In het eerste jaar vonden leerlingen het lang niet altijd duidelijk waar het vak over ging. Dat verbeterde in de volgende jaren. Docenten gooiden na

het eerste jaar het roer om. Ze benoemden wat ze niet goed vonden en zochten inhouden en vormen waarmee ze hun problemen op konden lossen. De ANW-mailinglist was daarbij een goed hulpmiddel. Niet alles gebeurt in één keer, ieder jaar gaat er iets op de schop.

Hieronder gaan we in op enkele andere lijnen die bij een aantal scholen zichtbaar zijn.

- De jaarindeling van ANW in vier blokken: Leven, Biosfeer, Materie en Zonnestelsel en Heelal, die in de methodes Scala en ANW Actief al zat, wordt nu ook door veel docenten gebruikt die met Solar werken. Daardoor ontstaan grotere eenheden en wordt de samenhang in de natuurwetenschappelijke inhoud voor leerlingen duidelijker herkenbaar.
- Het expliciet maken van de eigen aard van ANW ten opzichte van de monovakken gebeurt in de onderzochte scholen vooral door een of meer van de centrale vragen in ANW expliciet aan de orde te stellen (zie kader 2). Die explicitering vindt plaats bij de studievragen. Een aantal docenten formuleert andere studievragen dan die in het boek. Leerlingen worden meer gericht op de essentie van leerstof, meer op diepgang en minder op weetjes.

Kader 2: ANW-vragen

- Hoe komt natuurwetenschappelijke kennis tot stand?
- Hoe wordt natuurwetenschappelijke kennis gebruikt bij het ontwerpen van producten?
- Hoe betrouwbaar is kennis of een techniek?
- Hoe beïnvloeden natuurwetenschappen en techniek de samenleving en vice versa?
- Welk oordeel heb je over het al dan niet gebruiken van bepaalde kennis of technieken?

- Ook grotere opdrachten worden herzien. Er worden keuzes gedaan voor opdrachten uit boeken die kwaliteit hebben, opdrachten worden herschreven of zelf gemaakt. Daarbij worden de vragen en de producten waar leerlingen aan werken helderder geformuleerd.
- In sommige scholen zijn aparte blokken gemaakt waarin ANW-vragen expliciet centraal staan. Op één school wordt in 6 vwo afgesloten met een blok waarin de relatie wetenschap en religie centraal staat, op een andere school wordt op het vwo een afsluitend blok wetenschapsfilosofie gedaan, op verschillende scholen worden aparte techniek blokken ontwikkeld.
- In alle scholen wordt een belangrijke plaats gegeven aan actuele ontwikkelingen en discussies op het gebied van natuurwetenschap en techniek en hun invloed in de samenleving. Dat gebeurt bijvoorbeeld door regelmatig nieuws over wetenschap en samenleving te gebruiken, of door leerlingen presentaties te laten geven over bij een thema aansluitende actuele ontwikkelingen, of door discussie naar aanleiding van recente gebeurtenissen, of door opdrachten die naar

aanleiding van krantenartikelen op het net verschijnen, of met behulp van tv-programma's. Ook in veel toetsen worden vragen gesteld over recente publicaties uit kranten. Op sommige scholen wordt actualiteit ingepast in het onderwerp waar men mee bezig is; in andere scholen is de actualiteit een vast ingrediënt onafhankelijk van het thema wat aan de orde is.

Manier van werken

Behalve opvattingen over de inhoud hebben de docenten, leerlingen en de schoolleiding ook opvattingen over de manier van werken in ANW. Men wil geen sommetjes. Er moet in ANW veel aandacht zijn voor vaardigheden; werkvormen zoals debat en discussie worden veelvuldig gebruikt; leerlingen moeten leren kennis te vergaren. Kortom ANW moet een typisch tweede-fase-vak zijn. Maar over wat een tweede-fase-vak eigenlijk is verschuiven de meningen.

- Docenten stappen af van individuele zelfstudie door leerlingen als belangrijkste element van de lessen. In de bezochte scholen is er weer veel meer aandacht voor klassikale lessen. Daar wordt zowel de inhoud als manier van werken ingeleid. Daar wordt ook expliciet aandacht besteed aan de motivatie om in dit vak met dit onderwerp bezig te zijn. Klassikale lessen met een verhaal van de docent blijken waardevol om leerlingen te enthousiasmeren voor een onderwerp en de vragen waar het om gaat duidelijk te maken.
- Naast klassikale lessen wordt op de meeste scholen meer dan de helft van de tijd in tweetallen of grotere groepen aan opdrachten gewerkt.
- In de onderzochte scholen wordt vorm geven aan een variatie in werkvormen en producten die gemaakt worden. In sommige scholen zijn hoorcolleges onderdeel van de lessen. Op andere wordt de schoolsite gebruikt als informatiebron voor de opzet van het programma, de studievragen, de instructies voor het opzetten van presentaties, het maken van posters en websites. In veel scholen zijn rollenspelen om de beweging van hemellichamen te modelleren, simulaties om vorm te geven aan discussies over maatschappelijke ontwikkelingen, debatten in het Nederlands of in het Engels, practica binnen en buiten de deur, excursies. Interviews met wetenschappers of mensen die gebruik maken van natuurwetenschappelijke kennis vormen soms een onderdeel van het programma.
- Op alle scholen krijgen opdrachten meer structuur. Vaak wordt ten minste via criteria of aandachtspunten duidelijk gemaakt aan welke eisen manieren van werken en producten moeten voldoen. Ook de wijze waarop wordt begeleid en waarop het product wordt beoordeeld en bewaard, worden expliciet gemaakt. Wanneer er voor het maken van de opdracht vaardigheden nodig zijn (bijvoorbeeld: het maken van folders, mondelinge presentaties, posters, Powerpoint presentaties en websites, zoeken via internet, organiseren van discussies, interviews afnemen) worden die steeds meer expliciet aangeleerd.

- De grootte van de opdrachten beweegt in twee richtingen. Enerzijds korte overzichtelijke hanteerbare opdrachten die binnen een lesuur gedaan kunnen worden en waarvan de resultaten snel te overzien zijn, anderzijds grotere projecten waar groepen leerlingen aan verschillende aspecten van een probleem werken.

Toetsing

ANW is een van de vakken waarvoor geen centraal examen is. Dat is een voordeel voor een beginnend algemeen vormend vak. Docenten en scholen hebben daardoor de gelegenheid eigen vormen van werken uit te proberen zonder dat leerlingen afgerekend worden op de experimenten van hun docenten. Het examen is een schoolexamen, docenten kunnen toetsen maken die passen bij wat ze in de klas doen.

Een schoolexamen heeft niet alleen maar voordelen. Eindtermen blijken in alle vakken niet voldoende richtlijn te zijn om te weten wat er gekend moet worden en welk soort problemen leerlingen moeten kunnen oplossen.

Scholen houden zich allemaal bezig met de vraag wat een ANW-toets tot een ANW-toets maakt en waarin die verschilt van een monovak-toets. Een belangrijke onduidelijkheid is welke kennis leerlingen uiteindelijk moeten bezitten en hoe ongelijk die mag zijn voor leerlingen in verschillende profielen. Andere vragen gaan over de weging van theorietoetsen en praktische opdrachten. Overal zijn vragen over de tijd die besteed moet worden aan het corrigeren van opdrachten en welke gevaren het gebruik van antwoordenboekjes en 'alleen afvinken' van opdrachten met zich meebrengt.

Uit de onderzochte scholen komen een aantal oplossingen en antwoorden op deze vragen.

Op een van de bezochte scholen krijgen leerlingen open-boek-toetsen. Dit voorkomt dat leerlingen op weetjes afgerekend worden. Op een andere school mogen leerlingen hun uitgewerkte opdrachten en de samenvattingen die ze met behulp van de studievragen over de theorie hebben gemaakt, meenemen naar hun toets. Dat motiveert leerlingen om hun opdrachten zorgvuldig te maken en met elkaar te bespreken. In beide gevallen is de toetsing ingezet om leerlingen zinvoller te laten leren.

Praktische opdrachten die vaardigheden toetsen worden overal ingezet. De weging van de toetsen en de praktische opdrachten verschilt. De vrijheid die door de Adelmund-maatregelen gegeven is, wordt op scholen verschillend gebruikt. Het aantal praktische opdrachten is zeer verschillend en varieert van één of twee praktische opdrachten voor het vak per jaar tot een praktisch opdracht bij ieder blok. Wanneer er veel praktische opdrachten zijn, wordt een groot deel van de lestijd daaraan besteed. Voor leerlingen is dat heel bevredigend, zeker wanneer er een duidelijk begeleidingstraject is en wanneer duidelijk is op welke criteria ze afgerekend worden. Die criteria kunnen zowel de aanpak van de opdracht betreffen als het

product wat gemaakt wordt. Wanneer het proces beoordeeld wordt, moeten leerlingen hun werkzaamheden ook systematisch bijhouden in een logboek of een documentatiemap.

De producten die het resultaat zijn van een praktische opdracht zijn veelvormig. Presentaties, folders, stellingen, maar ook het organiseren van een discussie of het maken van een website behoren tot de mogelijkheden.

Factoren die goed ANW-onderwijs stimuleren

Naast de beschrijving van ontwikkelingen in ANW-leslessen was een vraag van het onderzoek: welke factoren beïnvloeden de ontwikkeling van 'good practice'?

Tijd – Wanneer deze vraag aan docenten wordt gesteld, is het eerste wat genoemd wordt, tijd. Op sommige scholen kregen docenten extra tijd om het vak te ontwikkelen. Wanneer die tijd niet (meer) beschikbaar is moet de ontwikkeltijd ergens anders vandaan komen.

Aandacht besteden aan het motiveren van leerlingen, hen samen laten werken, manieren vinden om minder tijd aan correctie te besteden, gebruik maken van expertise van collega's en taken verdelen zijn manieren waarop docenten hun tijdsbesteding effectiever en efficiënter proberen te maken.

Motivatie – Een belangrijke factor die is genoemd, is de eigen motivatie. Veel van de docenten in de onderzochte scholen zijn enthousiast over ANW. Ze willen vorm geven aan het ideaal om de leerlingen te motiveren mondig en kritisch met natuurwetenschappelijke kennis en ontwikkeling om te gaan. Het is moeilijker om die motivatie op peil te houden bij eenpersoonssecties dan binnen een team, maar ook dan blijkt het te kunnen. Stimulerende collega's binnen of buiten de school en een ondersteunende schoolleiding zijn onontbeerlijk om ANW vol vuur te blijven ontwikkelen.

Samenwerking – ANW-docenten in de onderzochte scholen hebben vormen gevonden waarin ze samen kunnen werken en van elkaars expertise en ideeën profiteren. De vormen waarin onderling wordt samengewerkt, lopen behoorlijk uiteen. Overal in deze scholen is samenwerken méér dan het uitwisselen en verdelen van taken. Docenten proberen in koffiepauzes of in gepland overleg hun visie achter hun nieuwe plannen te verdiepen en hebben waardering en respect voor ieders inzet en voor de verschillen die er zijn. Die visie kan het verhelderen van de inhoud betreffen, maar ook gaan over het belang van bepaalde manieren van denken binnen de natuurwetenschappen, over hoorcolleges, de vorm van opdrachten en toetsen etc. Dit resulteert niet per definitie in een uniform programma. In sommige scholen wordt exact hetzelfde programma gedraaid door verschillende

docenten, in andere scholen zijn er aanmerkelijke verschillen tussen de docenten.

In alle bezochte scholen hebben docenten ook min of meer gestructureerde plannen voor de verdere ontwikkeling van het vak. Docenten durven beslissingen te nemen, te experimenteren en daar weer van te leren.

Samenwerking beperkt zich niet tot directe collega's. Op een aantal scholen wordt samengewerkt met andere vakken: Nederlands, godsdienst, filosofie, CKV. Verder wordt samengewerkt met docenten in de regio, via netwerken en kringen al dan niet op het Internet. Op een van de scholen wordt ook internationalisering bij ANW ingezet. En landelijk doet men inspiratie op via de omscholing en via conferenties.

Schoolleiding – De schoolleiding op de onderzochte scholen is goed op de hoogte van wat er bij ANW gebeurt. Het feit dat de schoolleiding ziet en waardeert wat er door docenten ANW wordt beoogd en gedaan, is een belangrijke stimulans voor de docenten. Dat wordt vooral heel duidelijk op scholen waar de schoolleiding niet goed op de hoogte is van wat er in de ANW-sectie gebeurt.

De schoolleiding speelt daarnaast een belangrijke rol bij het scheppen van randvoorwaarden zoals beschikbare tijd, rooster, eigen lokaal, budget voor aanschaf van leermiddelen en ICT-mogelijkheden op school. Tegelijk met collega's les hebben in lokalen bij elkaar in de buurt, waardoor overleg en uitwisseling in de les mogelijk is, is plezierig, maar daarvoor is men volledig afhankelijk van beslissingen van de schoolleiding. Een dure kast die de administratie van opdrachten vergemakkelijkt, moet niet als overdreven luxe gezien worden door de budgethouder. Om een lokaal te krijgen met mogelijkheden om te internetten, practicum te doen en gemakkelijk in groepen te werken moet de schoolleiding overtuigd zijn van het belang van de opzet van ANW. Evenzo wanneer de sectie graag hoorcolleges wil verzorgen die door meerdere klassen kunnen worden gevolgd.

Open communicatie – Een factor die docenten niet altijd noemen, maar die opvallend in de onderzochte ANW-lessen aanwezig was, is een open communicatie met leerlingen over de inhoud en de vorm van het onderwijs.

- Er is interesse voor wat leerlingen bezig houdt.
- Leerlingen wordt gevraagd naar hun mening over het onderwijs.
- Er wordt gestreefd naar opdrachten die duidelijk en behapbaar zijn voor leerlingen.
- De begeleiding en beoordeling van opdrachten is doorzichtig.
- Leerlingen krijgen vertrouwen en verantwoordelijkheid.

Misschien is de open communicatie tussen docenten en leerlingen wel de belangrijkste noodzakelijke

voorwaarde om welk vak dan ook zinvol vorm te geven.

De portretten

Het boek 'Good Practice ANW' geeft een beeld van het onderwijs op negen scholen. In de artikelen zijn niet alle onderzoeksvragen systematisch voor iedere school beantwoord. Soms omdat scholen niet op alle terreinen specifieke, voor anderen interessante, ontwikkelingen te zien gaven. Soms omdat iets dergelijks al voor een andere school beschreven was.

Alle beschrijvingen beginnen met een algemeen beeld van de school, de sectie, jaarindeling en de toetsing. Daarna komen specifieke onderdelen van het onderwijs op een school aan de orde. Zoals dat in het projectteam genoemd werd: luchtfoto's en pareltjes.

In alle artikelen geven de kaders voorbeelden van concrete invullingen van werkvormen, leerlingactiviteiten, leermiddelen, praktische opdrachten of criteria voor beoordelingen. We hopen dat die informatie ook direct bruikbaar is in de klas.

Het is goed mogelijk om in het boek specifiek antwoord te zoeken op vragen. Dat kan zowel via de conclusies (waarbij in het boek, in tegenstelling tot dit artikel namen van scholen zijn genoemd), als via het register. Maar wanneer u tijd hebt om het boek in zijn geheel door te nemen, zult u zeker voorbeelden vinden waarvan u niet wist dat ze u ook konden inspireren.

Literatuur

Het boek 'Good practice ANW' is te bestellen door overmaking van 8,56 Euro (7 Euro + 1,56 Euro verzendkosten) op gironummer 619809 van de NVON Ledenservice te Prinsenbeek, onder vermelding van Good practice ANW, artikelnummer 3. Bij bestelling van meerdere exemplaren kunt u over de prijs van de verzendkosten contact opnemen met:

mevrouw Huysmans-Janssen

tel.: 076-5413522

e-mail: hhuysman@concepts.nl

Dit verslag is in aangepaste vorm ook gepubliceerd in NVOX nummer 2, februari 2002.

De volgende artikelen uit het boek verschenen al eerder in NVOX:

Meijkamp, B. (2001), ANW op het Bonifatius College in Utrecht. *NVOX*, 9, november 2001.

Meijkamp, B. (2001), ANW op het Maasland College: 'Bij ANW moet je er zelf over nadenken'. *NVOX*, 10, december 2001.

Pol, H. (2001), Een dagje Zutphen of actueel en praktisch ... *NVOX*, 9, november 2001.

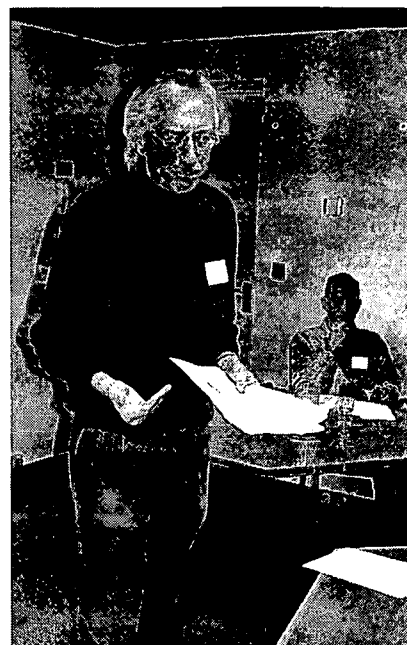
Pol, H. (2002), 'Ik kan wel zien dat ANW veel actualiteit heeft', ANW op de van der Capellen SG, Zwolle. *NVOX*, 1, januari 2002.

Van onderzoeksvaardigheden naar een natuurwetenschappelijke houding

Werkgroep 12

*R. Genseberger
& T. van der Valk*

Centrum voor β -Didactiek, Universiteit Utrecht



Globaal verloop van de werkgroep

Aantal deelnemers: 15

Onderwerp – Kennismaken met en toepassen van een ‘instrument’ dat leraren kunnen gebruiken om bij hun leerlingen een natuurwetenschappelijke houding te ontwikkelen.

Werkwijze – Inleiding en uitleg van het instrument (hierna volledig weergegeven), daarna in groepen aan het werk om het instrument zelf toe te passen op enkele natuurkunde-experimenten. Tot slot in de hele groep evaluatie van het instrument en de werkgroep.

Evaluatie – Bijna unaniem vond men het instrument geschikt om in de praktijk te gebruiken. Verreweg de meeste deelnemers gaven aan dit ook van plan te zijn. Enkele opmerkingen:

- Met name geschikt om ‘hogere doelen’ te systematiseren.
- Het geeft een meerwaarde aan experimenten doordat je nu accenten in het doen aanbrengt. Daarnaast maakt dit instrument het mogelijk om een systematische opbouw aan te brengen in de proeven die je door de jaren heen laat doen.
- Zoiets zou ook nodig zijn voor ontwerp opdrachten.

Samenvatting

‘Onderzoek doen’ in de tweede fase is niet bedoeld om van de leerlingen onderzoekers te maken! Daar is de universiteit voor. Het is wél bedoeld om hen te leren hoe zij actief op zoek kunnen gaan naar kennis, hoe wetenschappers dat doen en om bevindingen kritisch te benaderen en op hun waarde te toetsen. Als het om natuurkunde (en de andere bètavakken) gaat, moeten de leerlingen daarvoor een natuurwetenschappelijke houding ontwikkelen. Hoe kun je leerlingen in de tweede fase ertoe brengen, uitgaande van het ‘normale’ programma met practicum en onderzoek, zo’n *natuurwetenschappelijke houding* te ont-

wikkelen? Geregelde bezinning op hun activiteiten zal dat bevorderen. Denk daarbij aan authentieke vragen als: ‘Vind ik dit interessant?’, ‘Wat wil ik eigenlijk weten?’, ‘Wat is de zin hiervan?’, ‘Wat ben ik aan het doen?’. Maar ook vragen die je confronteren met intellectuele eerlijkheid zoals: ‘Is dit wel een betrouwbaar onderzoek?’ of ‘Onderzoek ik wel wat ik wilde weten?’

In het project ‘Bèta Profielen in het Studiehuis’ (BPS) hebben we een ‘instrument’ ontwikkeld dat leraren in de natuurwetenschappelijke vakken kan helpen die reflecties in hun lessen in te bouwen. Het geeft een structuur bij het uitkiezen of ontwerpen van onderzoeksopdrachten, het maken van een handleiding voor de leerlingen, het bespreken van een onderzoek in de klas, kortom bij alle aspecten van het begeleiden van leerlingen op weg naar een wetenschappelijke houding. Het instrument kan tevens helpen om een afstemming tussen vakken en een geleidelijke opbouw naar het profielwerkstuk te realiseren.

Inleiding

In de tweede fase van het voortgezet onderwijs is één van de doelstellingen in de profielen NT en NG leerlingen kennis te laten maken met natuurwetenschappelijk onderzoek. In de examenprogramma’s en methodes wordt daarom veel aandacht besteed aan onderzoeksvaardigheden, naast het aanleren van kennis over de natuurwetenschappen.

Het zou mooi zijn als leerlingen door hun schooljaren heen inderdaad een toenemend inzicht zouden krijgen in natuurwetenschappelijk onderzoek en als de verschillende vakken daar enigszins een afstemming over kunnen vinden. Aan een dergelijke opbouw door de jaren heen, samen met een afstemming tussen de vakken, werken we met de scholen in het BPS project (Bètaprofielen in het Studiehuis) van het Cen-

trum voor Didactiek van de Wiskunde en Natuurwetenschappen.

We zijn daarbij langzamerhand tot de overtuiging gekomen dat we de zaak beter kunnen omdraaien: niet de nadruk leggen op het leren van vaardigheden, maar er naar streven dat de leerlingen een wetenschappelijke houding ontwikkelen. De vaardigheden staan dan in dienst daarvan. We zijn bezig een instrument te ontwikkelen dat de docenten daarbij kan helpen. Zij kunnen het instrument gebruiken bij het maken van de onderzoeksopdrachten en de begeleiding van de leerlingen. We zijn nog niet zover dat we een uitlijning door de jaren heen hebben in de opbouw van de onderzoekshouding. Het is wel iets waar we momenteel aan werken.

Natuurwetenschappelijk onderzoek in het vwo

Examenprogramma's en methodes voor de profielen NG en NT van de tweede fase, omschrijven 'onderzoek' veelal in termen van vaardigheden. Maar is het leren van vaardigheden wel een geschikte weg om kennis te maken met natuurwetenschappelijk onderzoek? Scholen voor voortgezet onderwijs hoeven immers geen onderzoekers op te leiden: ook wwo-leerlingen volgen nog algemeen vormend onderwijs. Bovendien motiveert het aanleren van vaardigheden op zichzelf de leerlingen niet voor de natuurwetenschappen.

Veel leerlingen hebben wel een persoonlijke gedrevenheid, een authentieke behoefte om iets te willen weten. Die moeten we koesteren, het is immers een belangrijke drijfveer van wetenschap. Als leerlingen hun nieuwsgierigheid behouden, dingen doen waar ze zelf de zin van inzien en liefst plezier in hebben, bij onderzoek zelf hun vragen gaan stellen, zullen ze alleen daardoor al kennis maken met een belangrijk aspect van het werk van een goede wetenschapper. Een andere kant die wetenschap voortdrijft, is de behoefte van de maatschappij. Een algemeen belang is dat de onderzoeker integer is, het onderzoek niet manipuleert in een door zijn opdrachtgever gewenste richting maar een intellectuele eerlijkheid behoudt tijdens zijn onderzoek.

Deze persoonlijke eigenschappen, een authentieke behoefte om te willen weten en een intellectuele eerlijkheid, noemen we 'een (natuur)wetenschappelijke houding'.

Wij pleiten ervoor om in het vwo het ontwikkelen van een wetenschappelijke houding een belangrijke plaats te geven. We denken dat leerlingen daartoe gestimuleerd worden als ze zichzelf geregeld bezinnen op wat ze waarom aan het doen zijn. Denk daarbij aan authentieke vragen als: 'Vind ik dit interessant?', 'Wat wil ik eigenlijk weten?', 'Wat is de zin hiervan?', 'Wat ben ik aan het doen?'. Maar ook vragen die je confronteren met intellectuele eerlijkheid zoals 'Is dit wel een betrouwbaar onderzoek?' of 'Onderzoek ik wel wat ik wilde weten?'.

Kennis en vaardigheden staan dan in dienst van het beantwoorden van dit soort diepere vragen, bijvoorbeeld om ook werkelijk iets uit te kunnen zoeken en als hulpmiddel om een intellectuele eerlijkheid te kunnen bereiken.

Hoe bereiken we nu in de praktijk dat leerlingen zich bij het doen van onderzoek ook zo gaan bezinnen?

Het instrument

We presenteren hier een instrument dat docenten natuurwetenschappen in de tweede fase kan helpen die reflecties in te bouwen bij het onderzoek doen door leerlingen. Het kan gebruikt worden bij het plannen van onderzoeksopdrachten, het maken van handleidingen daarbij, het begeleiden van leerlingen tijdens een onderzoek en het bespreken van een onderzoek in de klas.

We hebben het instrument ontwikkeld op grond van onze eigen ervaringen en het praktisch natuurwetenschappelijk onderzoek op BPS scholen. We zijn begonnen met een lijst op te stellen van allerlei aandachtspunten die bij 'onderzoek doen' voor kunnen komen. Daarbij kunt u denken aan de meest uiteenlopende zaken zoals 'Wat is mijn onderzoeksvraag', 'Is mijn meetmethode nauwkeurig genoeg voor die onderzoeksvraag' tot 'Hoe noteer ik mijn waarnemingen'. De lijst is aangevuld door de open opdrachten natuur-, scheikunde en biologie van het CITO te bekijken en literatuur over 'onderzoek doen' te raadplegen.

Vervolgens hebben we de aandachtspunten gerubriceerd volgens belangrijke fases die in onderzoeken voorkomen. Iedere fase hebben we samengevat in een thema. We hebben zes fasen met bijbehorende thema's gekozen.

A. Helemaal aan het begin van het onderzoek – Thema: Wat wil ik eigenlijk weten? Wat is globaal de zin van wat ik ga onderzoeken? Waarmee heeft het te maken?

B. Vóór het praktische werk van het onderzoek begint – Thema: Weet ik nu precies wat ik wil gaan onderzoeken? Wat weet ik van de theorie?

C. Na een praktische oriëntatie (oriëntatiefase), vóór het echte onderzoek begint – Thema: Is het ook praktisch mogelijk te onderzoeken wat ik van plan was? Zal ik meten wat ik wil weten? (Validiteit)

D. Tijdens het onderzoek – Thema: Is de onderzoeksmethode betrouwbaar?

E. Tijdens of vlak na het onderzoek, vóór je de opstelling afbreekt en opruimt – Thema: Zijn er voldoende gegevens verzameld ter beantwoording van de onderzoeksvraag?

F. Bij het schrijven van het verslag – Thema: Evaluatie van het hele onderzoeksgebeuren. Kunnen er be-

trouwbaar uitspraken worden gedaan over het onderzoeksobject?

Als voorbeeld bekijken we thema A: 'Wat wil ik eigenlijk weten? Wat is globaal de zin van wat ik ga onderzoeken? Waarmee heeft het te maken?'

Zinnvolle vragen zijn hier bijvoorbeeld:

Op welk terrein speelt je onderzoek zich af? Met welke onderwerpen heeft het te maken? Wat zou je willen onderzoeken, wat zou je te weten willen komen?

Welk probleem kies je uiteindelijk om te onderzoeken? (Je hoeft hier nog geen onderzoeksvraag te formuleren, dat komt later wel.) Waarom kies je dat probleem uit?

Zijn er andere problemen die je misschien liever zou uitzoeken? Waarom zijn die afgefallen?

Hangt jouw probleemstelling samen met die van anderen in de klas?

Met dit reflectiemoment wordt beoogd dat leerlingen het vanzelfsprekend gaan vinden zich af te vragen: 'Wat zou ik eigenlijk graag willen weten en waarom?', 'Wat hoort hier nog meer bij?', 'Is het onderzoek dat ik uiteindelijk ga doen ook nog interessant voor me?'. Deze attitude zal niet alleen de blik verbreden maar kan ook de interesse stimuleren. Je weet nu beter waarom je iets doet, je kunt je onderzoek misschien plaatsen binnen een terrein dat je interesseert. Zoals gezegd willen we de leerling enige ervaring laten opdoen als 'onderzoeker die wil weten'. Die houding is de beste waarborg voor inzet en inventiviteit.

Om een goed beeld van het instrument te krijgen laten we na deze meer beschouwende vragen uit onderdeel A, nu vragen zien van onderdeel C. Het centrale thema is hier: 'Is het ook praktisch mogelijk te onderzoeken wat ik van plan was?'

In onderzoekstermen is hier de validiteit aan de orde. Een proefexperiment helpt om zicht op dit thema te krijgen. De hierbij gestelde vragen beogen de leerling bewust maken van de kwaliteit van de onderzoeksopzet. Om hier zinnige dingen over te kunnen zeggen, moet de leerling bijvoorbeeld de apparatuur kunnen bedienen en begrijpen wat die doet, een overzicht hebben over het terrein van onderzoek, enig idee hebben van onzekerheid in de metingen.

Denk bij een 'proefexperiment' ('pilot' proef, 'oriënterende proef', 'gidsexperiment') aan de volgende punten:

- Onderzoek je de dingen waarover je iets wil weten?
- Bevindt het onderzoeksobject zich ook onder de omstandigheden die je wilt?
- Kun je met dit experiment (en in deze opstelling) wel onderzoeken wat je wilt weten?
- Functioneert de apparatuur goed? Kun je alles goed hanteren?

- Aan welke dingen kun je zinvol meten bij dit verschijnsel?
- In welke gebieden of tussen welke waarden kun je zinvolle waarnemingen doen?
- Ga je nu andere dingen waarnemen/meten dan je eerst van plan was?
- Ga je de opstelling en/of waarnemingen anders aanpakken dan je eerst van plan was?
- Hoe verwerk of noteer je de waarnemingen en/of metingen?
- Verwacht je een 'patroon' in de resultaten van je waarnemingen (bij metingen: lineair verband, sterker of juist zwakker toenemend of afnemend, nog geen patroon, ...)?
- Als je een paar keer achter elkaar eenzelfde waarneming doet, krijg je dan steeds hetzelfde resultaat?
- Weet je globaal hoeveel de uitkomsten van twee dezelfde waarnemingen kunnen verschillen?
- Is je meetmethode nauwkeurig genoeg voor je onderzoeksvraag?
- Kun je een systematische fout verwachten?
- Wil je de onderzoeksvraag veranderen?
- Wil je de hypothese veranderen?
- Wil je het onderzoeksplan veranderen?

De docent kan bij een bepaald experiment enkele bezinningsvragen kiezen uit de lijst, die enerzijds passen bij het experiment, anderzijds bij de fase waar volgens hem zijn leerlingen in zitten betreffende het experimenteren. Vraag bijvoorbeeld de ene keer bezinning op de onderzoeksvraag, de andere keer op de nauwkeurigheid van het experiment. De docent kan zo ook een opbouw plannen in aspecten waar hij de leerlingen op wil wijzen, eenvoudig door steeds andere elementen uit de lijst te kiezen. We hebben er naar gestreefd de lijst bruikbaar te maken voor alle natuurwetenschappelijke vakken. Ze kan daarom dienen als een hulpmiddel bij de communicatie tussen docenten van verschillende vakken en de afstemming over het ontwikkelen van een onderzoekshouding bij hun leerlingen.

Literatuur

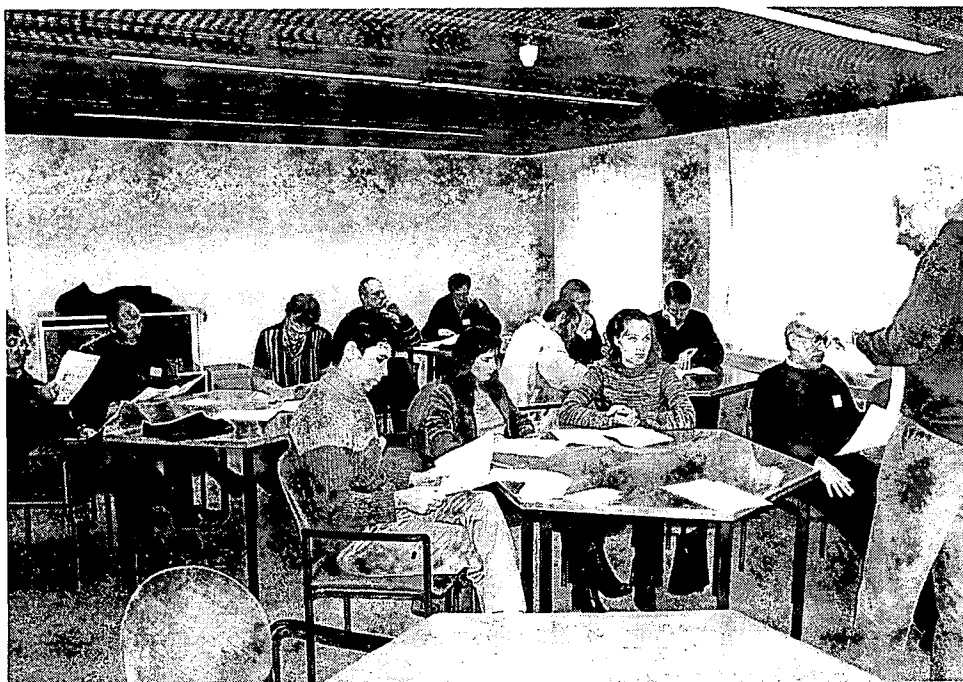
Het instrument is ontwikkeld bij het Centrum voor Didactiek van de Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Utrecht. Het kan daar ook aangevraagd worden.

Driel, J. van & J. van den Akker (red.) (2000), *Leren onderzoeken en ontwerpen*. Themanummer van *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 17 (1).

Hodson, D. (1993), Rethinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education* 22, 85-142.

Krogt, M. van der & R. Sinkeldam (1998), *Handleiding praktische opdrachten*. Arnhem: CITO.

- Smits, Th., P. Lijnse & Th. Bergen (2000), Leerling-onderzoek met kwaliteit. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 17 (1), 14-30.
- Lijnse, P.L. (1985), Zijn natuurkundigen anders? *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 12 (3), 246-260.
- Stokking, K.M. & M.F. van der Schaaf (1999), *Beoordeling van onderzoeksvaardigheden van leerlingen*. Utrecht: ISOR.
- Stokking, K.M. & M.F. van der Schaaf (2000), *Ontwikkeling en beoordeling van onderzoeksvaardigheden*. Utrecht: ISOR.
- Tilburg, P. van & N. Verloop (2000), Kennis over opvattingen over het onderwijzen van onderzoeksvaardigheden *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 17 (1), 60-75.
- Vos, W. de & R.J. Genseberger (2000), 'Onderzoek doen' in de natuurwetenschappelijke vakken. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen* 17 (1), 4-13.



Vraag en antwoord in de natuurkundeles

Werkgroep 15

*B. Westerveld, E. Blomberg
& W. Schraven*

St. Vituscollege, Bussum



In deze werkgroep werd voortgeborduurd op de werkgroep van vorig jaar. Toen presenteerden we de uitgangspunten van onze zelf ontwikkelde methode. Daarna zijn er nog twee artikelen in NVOX verschenen.

De vraag aan de deelnemers nu was een actieve: 'wilt u (delen van) onze methode bij u in de les implementeren?'. Daarvoor was de werkgroep bedoeld en de invulling werd dan ook dat deelnemers nog eens op hun gemak de verschillende delen konden doorbladeren om te kijken welk deel het beste aansloot bij hun lesprogramma. Wij overlegden met de afzonderlijke deelnemers over mogelijkheden die de leergang hen bood en welke keuzes moesten worden gemaakt. Veel deelnemers zagen vooral mogelijkheden in de

boeken voor de onderbouw. Niemand zag zichzelf de hele methode invoeren.

Deelnemers die een deel van de methode wilden implementeren kregen van ons het WP-bestand dat men dan kon aanpassen voor de eigen situatie. Wat we niet boden was een docentenhandleiding, maar overleg met Bussum was altijd een optie. Wat we graag wilden was feedback van de gebruikers.

Deelnemers (en overigens iedereen) die de hele methode op CD-rom wilden, konden deze kopen voor 100 euro. Dat is nog steeds mogelijk. Bestellen kan via onze web-site: <http://home.wxs.nl/~wigsch/> waar u trouwens ook de inmiddels grote verzameling applets naar onderwerp gerubriceerd vindt.



Studio Courses: activerende werkvormen in het eerstejaars universitair natuurkunde-onderwijs

Werkgroep 17

H. van Bommel

AMSTEL Instituut, UvA



Inleiding

De Universiteit van Amsterdam en de Universiteit Utrecht werken samen aan een door SURF medegefinancierd project: 'Interactieve Bèta Leeromgeving'. Binnen dit project worden zogenoemde Studio Courses ontwikkeld, uitgevoerd en geëvalueerd. In de werkgroep, waaraan evenveel mensen uit het voortgezet onderwijs als uit het hoger onderwijs deelnamen, werd eerst de onderwijskundige achtergrond van het Studio Course Model besproken, daarna de opzet van de Studio Courses, vervolgens kwam concreet voorbeeldmateriaal aan de orde, ten slotte werden de eerste reacties van studenten besproken.

Achtergronden van het Studio Course Model

Om het Studio Course Model te kunnen plaatsen, schetsen we eerst enkele ontwikkelingen in het voortgezet en het hoger onderwijs. In zekere zin groeien beide naar elkaar toe door tegengestelde trends: met de invoering van het studiehuis is de scholier zelfstandiger gaan werken, terwijl in het universitair onderwijs bijvoorbeeld het mentoraat en bonusregelingen zorgen dat de student meer gevolgd wordt. Een ontwikkeling die juist wel parallel loopt, is de kleinere rol die de klassikale les en het hoorcollege gaan innemen.

De bestaande praktijk van het universitair natuurkunde-onderwijs is dat een docent in een hoorcollege de beginselen van een vakgebied uiteenzet, waarna studenten in een werkcollege oefenen met de stof. Het practicum heeft een eigen programma, met aparte leerdoelen die onder andere het opzetten van een meetplan, het omgaan met instrumenten en het verslagleggen betreffen. De problemen die gesignaleerd worden, zijn dat de student tijdens hoorcolleges enigszins passief is en dat de verschillende activiteiten niet als een eenheid worden ervaren.

Een belangrijk uitgangspunt van het Studio Course Model, zoals dat door Jack Wilson op Rensselaer Polytechnic Institute is opgezet en op de UvA verder is ingevuld, is dat studenten actief zijn in alle fases van het leren, van oriëntatie op het onderwerp tot reflectie op het geleerde. Op die fases gaan we hieronder nader in.

Vooraf is het goed een onderscheid te maken tussen onderwijsvorm en onderwijsomgeving. De onderwijsvorm, het Studio Course Model, omvat activerende werkvormen, waarbij hoorcollege, werkcollege en practicum zijn geïntegreerd in bijeenkomsten die in het algemeen een dagdeel duren. Deze bijeenkomsten vinden plaats in een ruimte die 'Studio Classroom' wordt genoemd. Hier hebben studenten een werkplek waarvandaan zij de uitleg van de docent kunnen volgen, waar ruimte is voor experimenten en waarbij per twee studenten een computer beschikbaar is. Doordat de studenten op verrijdbare stoelen zitten, kunnen zij afwisselend luisteren, zich omdraaien en een computeropdracht uitvoeren, en bij elkaar gaan zitten en discussiëren.

Ter vergelijking noemen we heel kort enkele hoofdkenmerken van andere onderwijsvernieuwingen die recht doen aan het inzicht dat het goed is als studenten activiteiten zelf uitvoeren. In het studiehuis plant de docent niet meer alles, maar doet de leerling dit voor een deel zelf. In Workshop Physics is het zelf formuleren van conclusies een belangrijk uitgangspunt. Bij Peer Instruction leggen studenten elkaar de stof uit. Probleemgestuurd onderwijs en projectonderwijs leggen in verschillende fases van het leren de nadruk op actieve deelname van de student.

Het Studio Course Model: activerende opdrachten in verschillende fasen van het leren

Een student begint niet als onbeschreven blad aan een nieuw onderwerp. Binnen ons model wordt in een eerste fase in oriëntatieopdrachten de voorkennis over de stof van een blok onderzocht. Ook kan gekeken worden naar de interesse van studenten. Dit alles kan gebeuren door vragenlijsten, bijvoorbeeld in de vorm van stellingen, waarbij de student aangeeft welke juist zijn. Door oriëntatieopdrachten te doen zal de student nadenken over waar hij staat. Later kan hij reflecteren op de vooruitgang sinds deze oriëntatiefase. In een traditioneel hoorcollege zal deze fase veelal door de docent worden ingevuld: hij schetst de doelstellingen van het college en maakt aannames over de voorkennis.

Ook in de tweede fase, die van de geleide verkenning, is in een traditioneel hoorcollege de docent de meest actieve persoon. De kern van het Studio Course Model is in deze fase de uitleg af te wisselen met opdrachten. Studenten vullen daardoor een deel van de stof zelf in. Dat kan gebeuren door het trekken van conclusies uit een experiment, uit een berekening, of uit een animatie. Discussie tussen studenten wordt hierbij bevorderd. Omdat de docent uiteindelijk toch degene is die de grote lijn kent, is het wel een *geleide* verkenning: de docent bepaalt met welke opdracht hij iets duidelijk wil laten worden, de conclusies worden ook gezamenlijk nabesproken.

De derde fase, die van de vrije verkenning, omvat wat uitgebreidere opdrachten, waarbij er vaak meerdere mogelijke uitwerkingen zijn. Uiteraard bestond deze fase altijd al, in het werkcollege. In het Studio Course Model wordt ernaar gestreefd hier afwisseling in aan te brengen: behalve rekenopdrachten zijn er ook op kwalitatief redeneren gerichte opdrachten en op de praktijk gerichte opdrachten, bijvoorbeeld aan de hand van websites over technieken waarin de principes van het vakgebied worden toegepast.

In de vierde en laatste fase, de reflectiefase, kijkt een student of hij vooruitgang heeft geboekt en klaar is voor de toetsing.

Samengevat is de kern van het Studio Course Model dat de student in elke fase geactiveerd wordt door middel van opdrachten. Dit leidt vooral in de fase van geleide verkenning tot een verandering ten opzichte van de bestaande praktijk, omdat een deel van de kennis door de student wordt geconstrueerd.

Voorbeelden van programma's en opdrachten

Het eerste dagdeel van het college Elektromagnetisme en Licht (de getallen geven een schatting van het aantal minuten vanaf het begin van het college):

000-010 Welkom, gang van zaken, inhoudsopgave

010-030 Vragenlijst over elektrische velden, waarvan een deel over vwo-stof

030-070 Powerpoint over Coulombkracht, vraag over welk veldlijnenpatroon het juiste is, waarover gediscussieerd moet worden, koffie, powerpoint over dipool

070-130 Powerpoint over het integreren over ladingen, opdracht waarbij dat meteen wordt geoefend (met de hand), opdracht over dipool en lading waarbij geoefend wordt in systematisch probleemoplossen

130-170 Opdracht waarbij het elektrisch veld als functie van de afstand tot een eindig, uniform geladen draadje met behulp van Mathematica wordt berekend en geplot

170-180 Terugblik en vooruitblik

In de werkgroep hebben de deelnemers gekeken naar de concrete opdrachten. Deze zijn hier niet bijgevoegd. Binnenkort zullen de programma's met de opdrachten via de volgende projectwebsite beschikbaar zijn:

<http://neutron.phys.uu.nl/onderwijs/ibl/index.html>

Eerste ervaringen

De belangrijkste vraag van de deelnemers aan de werkgroep was hoe studenten reageren op een dergelijke opzet van het college. Dit zal in de loop van het project uitgebreid worden geëvalueerd, zowel wat hun beleving betreft als wat het leereffect betreft. De eerste ervaringen zijn dat de opkomst bij de dagdelen met geïntegreerde werkvormen hoger is dan bij hoorcolleges; dat het lukt om studenten te laten discussiëren en dat men de meer visueel gerichte ICT-opdrachten waardeert. Toen we vroegen of men de integratie van werkvormen waardeerde, bleken sterke meningen veel voor te komen: sommigen zeiden liever thuis alles uit te zoeken, sommigen zeiden de samenhang nu veel meer te ervaren dan bij een traditionele indeling. Ook over opdrachten die anders zijn dan anders vonden veel studenten iets krachtigs. Over bijvoorbeeld de reflectie-opdracht 'bedenk een tentamenopgave' werd opgemerkt dat die nutteloos was ('daar wordt ú voor betaald'), maar anderen meldden dat ze nergens zo veel van hadden geleerd als van juist deze opdracht.

@-Na project en Virtueel Practicum: digitaal lesmateriaal voor het studiehuis

Werkgroep 18

P. Molenaar, R. Knoppert & T. Wieberdink



In het AMSTEL Instituut van de Universiteit van Amsterdam is voor de vakken natuurkunde, scheikunde en biologie in het project 'Virtueel Practicum' een digitale leeromgeving ontworpen. Het materiaal bevat theorie (een overzicht van de benodigde concepten), kleine onderzoeksopdrachten, practicumactiviteiten (zowel kleine als grote opdrachten, waarbij praktische activiteiten uitgevoerd kunnen worden of een aantal metingen uitgewerkt kunnen worden). Verder zijn er opgaven op verschillende niveaus (al dan niet met hulp) en toetsen. In alle onderdelen wordt veel met interactieve video, modellering en ook wel geluid gewerkt. Daarbij wordt gebruik gemaakt van Coach 5 en Interactieve Natuurkunde.

Het lespakket beoogt de leerlingen te brengen tot een meer formele begripsvorming door ze op verschillende manieren te confronteren met de begrippen die ze eerder tijdens de oriëntatie op het onderwerp in de les reeds gezien hebben. Het is in het studiehuis of thuis te gebruiken. Kenmerk van het materiaal is dat voor een beperkt aantal studielasturen vele uren materiaal beschikbaar is. Iedere leerling kan een eigen planning maken; hij kan uit allerlei werkvormen kiezen en daardoor zijn eigen leerweg vinden. Juist de wat zwakkere leerling, zo blijkt uit didactisch onderzoek, heeft zo de mogelijkheid tot begripsvorming te komen.

De cd-rom is zeer gebruikersvriendelijk voor leerling en docent. Er is geen instructie nodig.

De leerling moet allerlei soorten vragen beantwoorden, zowel meerkeuzevragen als open vragen en opdrachten met modellering en interactieve video. De activiteiten evalueert de leerling zelf door credits te geven. Na het scoren van een aantal credits wordt de leerling beloond met een spelletje. De leraar kan de zelfevaluatie van de leerling nog controleren omdat alle activiteiten van de leerlingen worden vastgelegd op een diskette, zodat de leraar de verrichtingen van de leerling kan bekijken.

De eerste ervaringen zijn zeer bemoedigend:

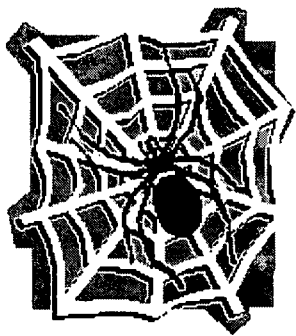
- Veel leerlingen werken thuis met het materiaal om te controleren of ze de leerstof beheersen. Soms werkten leerlingen tot diep in de nacht aan de opdrachten.
- De zelfevaluatie fungeert heel goed. Gemiddeld beoordeelt de leerling de eigen activiteiten wat strenger dan de leraar.
- De leerlingen zoeken zelf hun leerweg. Een faalangstige leerling doorloopt alle testen, praktisch ingestelde leerlingen doen meer experimenten.
- Ook blijkt er transfer op te treden. Doordat de leerling gewend is een concept op een aantal verschillende manieren te benaderen, is de leerling beter in staat tot het oplossen van verwante problemen.

De eerste modules van het materiaal zijn gereed en worden getest op een aantal scholen.

Studiehuis Project Internet en Natuurkunde (SPIN)

Werkgroep 19

*A. de Jong, F. Lapoutre, J. Rasing,
J.P. Borgonjen & R. Scheepens*



SPIN bestaat uit vier natuurkundedocenten en een vakdidacticus natuurkunde uit de omgeving van Nijmegen. Doel van dit gesubsidieerde project is om in een periode van drie jaar, waarvan er nu één om is, vier modules te maken binnen een leeromgeving op het internet. Tijdens de werkgroep op de Woudschotenconferentie hebben de deelnemers iets gehoord over de achtergronden van het project; men heeft zelf met de module 'Remweg' geëxperimenteerd in de internet corner; en tot slot zijn de indrukken uitgewisseld en is gerapporteerd over de ervaringen met het materiaal in de klas tot nu toe.

Achtergronden van het project

SPIN wil nadenken over het gebruik van internet in de natuurkundeles. Waarvoor zou je het internet gebruiken? Waar is het internet goed voor? Wat kun je beter aan de docent overlaten? Wat doe je als docent terwijl je leerlingen achter de computer zitten?

Wij zijn als groep geïnteresseerd in het verbeteren van het gebruik van het internet. We zien internet niet alleen als een bron van mooie beelden, maar ook als een kans om leerlingen te leren om kritisch met informatie om te gaan, en als een kans om leerlingen op een gestructureerde manier met elkaar te laten samenwerken.

Om deze doelen in de praktijk te brengen maken we gebruik van de WISE leeromgeving die ontwikkeld is aan de universiteit van Berkeley, USA. In het eerste jaar van het project hebben we de leeromgeving vertaald naar het Nederlands, we hebben een module over licht vertaald en bewerkt, en we hebben een eigen module 'Remweg' bedacht, ontwikkeld en uitgeprobeerd in de klas. Versie 2 is als praktische opdracht gebruikt in 4-havo bij natuurkunde NT, met groot succes.

Module Remweg

Kern van de module zijn drie zeer betrouwbare bronnen op het internet: 3VO, het ministerie en de politie (figuur 1). Deze drie bronnen geven ieder verschillende getallen voor de stopafstanden van personenauto's bij verschillende snelheden. Hoe komt dat nou? Dat is de puzzel die de leerlingen moeten oplossen.

De eerste stap bestaat uit het vergelijken van de gegevens door ze in een grafiek te zetten. Hiervoor krijgen de leerlingen de keuze tussen de grafische rekenmachine, een spreadsheetprogramma of een vel grafiekpapier.

De tweede stap bestaat uit het herkennen van patronen in de grafiek. Hier wijken we iets af van de gangbare natuurkundeles: in plaats van direct met de mechanicaformules aan te komen, laten we de leerlingen eerst modelleren met behulp van twee simpele vuistregels.

De derde stap bestaat uit het verkennen van de twee factoren die samen de stopafstand bepalen: de reactietijd en de remvertraging. Hiertoe bekijken de leerlingen allerlei informatie op het internet en doen ze zelf kleine reactietijdexperimenten met een liniaal of op de computer.

Tenslotte worden de bronnen 'gekraakt': nu wordt de mechanicaformule in de grafiek gezet met telkens andere aannamen voor de waarden van de reactietijd en

remvertraging, en wel net zolang totdat de leerling kan zeggen welke aannames ieder van de drie bron-

nen heeft gemaakt om tot de gegeven resultaten te komen.

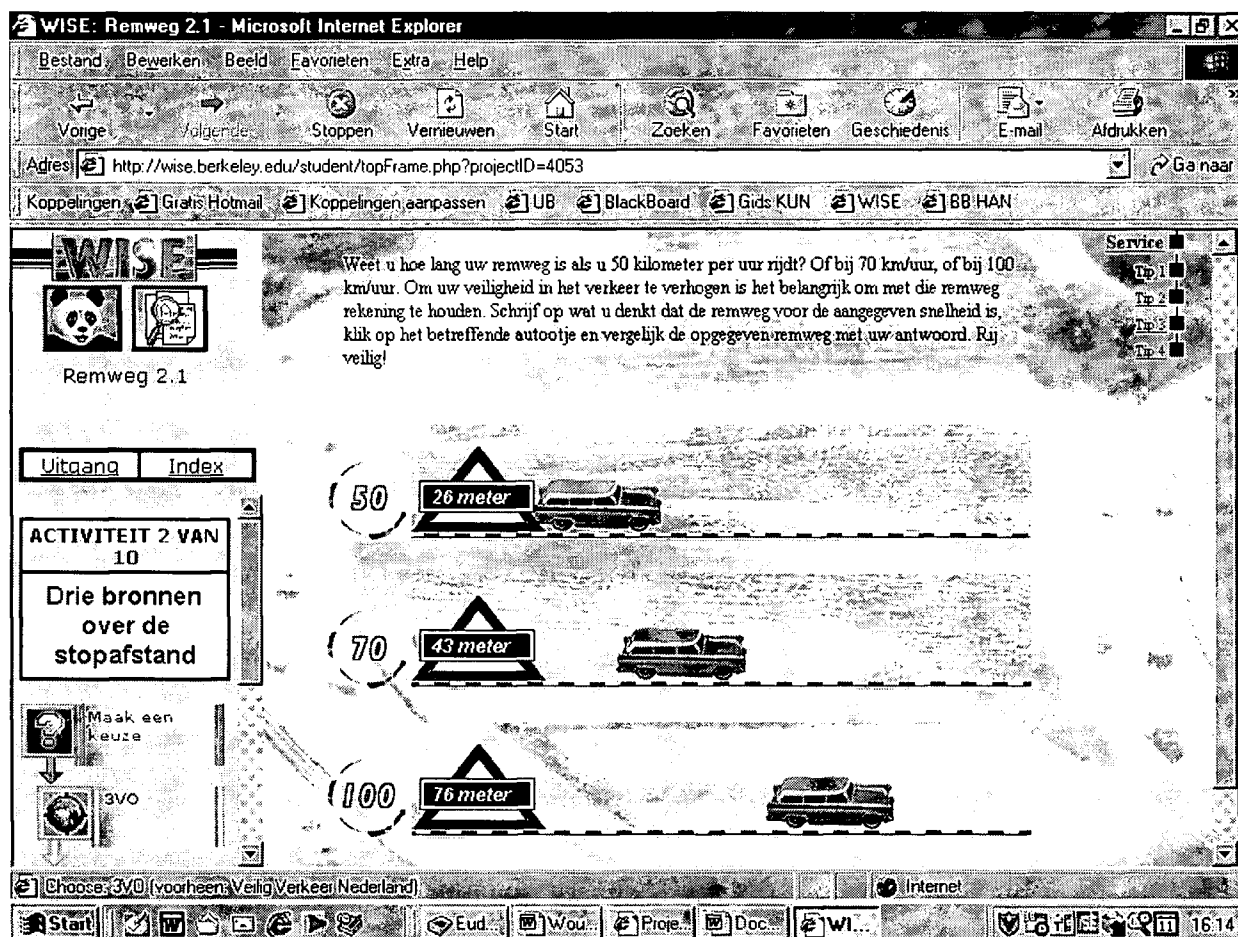


Fig. 1 Een voorbeeldscherm uit de module 'Remweg'.

1. Introductie
2. Drie bronnen over de stopafstand
3. Verwerking van de gegevens
4. Twee vuistregels
5. Reactietijd
6. Remvertraging
7. Eigen model
8. Het model van de drie bronnen
9. Afronding
10. Extra materiaal voor de liefhebber

Fig. 2 Inhoudsopgave van de module 'Remweg' 2.1

Reacties van deelnemers aan de werkgroepen

"Heel leuk, indrukwekkend, een uitdaging. Ik ga het proberen met mijn leerlingen."

"Heel knap dat je niet het risico hebt gelijk vast te lopen. Het is redelijk dichtgespijkerd."

"Een mooi programma om mee te werken in de klas."

"Waarschijnlijk is het de generatiekloof, maar ik werk liever met een boek."

"Ik mis het gemak waarmee je even terug kan. Navigatie zou wat mij betreft eenvoudiger kunnen."

"Erg interactief. Ik zie hier meer perspectief in dan in een boel andere elektronische leeromgevingen."

"Didactisch zeer interessant en dat kraken vind ik een geweldige vondst."

"Een prachtig programma, maar ik mis toch het natuurkunde element."

"Het idee van die drie gegevens die niet klopten vond ik verrassend. Het programma op zich vind ik te gesloten."

"Goede opdracht maar iets te chaotisch via het internet."

"In het examenprogramma staat ook dat leerlingen uit informatie de relevante onderdelen moeten kunnen halen en informatie op waarde moeten kunnen beoordelen. Dat komt hier heel erg goed naar voren. Fantastisch."

"Positief, juist omdat het wel gestructureerd is."

"Ik denk dat dit echt goed internetgebruik is."

"Zinvol, hier ben ik al lang naar op zoek."

"Je mag in de handen knijpen dat die drie bronnen verschillend zijn, want dat maakt het juist zo boei-

end. Het lijkt me wel lastig om dit soort voorbeelden te vinden bij andere stukken stof. Maar dit vond ik erg leuk."

Slotopmerking

Zoals uit bovenstaande citaten mag blijken was er veel interesse in de module en in deze manier van werken. Alle complimenten en suggesties voor verbeteringen zijn met dank meegenomen. De navigatiemogelijkheden en de lay-out van de leeromgeving zijn ondertussen al verbeterd en zullen in de volgende versie van Remweg te zien zijn.

Het gebruik van Remweg en de rest van de WISE leeromgeving is kosteloos. Wie zelf met Remweg aan de slag wil als docent moet zich wel eerst laten registreren op de homepage van WISE:

<http://wise.berkeley.edu>.

Het SPIN team bestaat uit Ad de Jong, Frans Lapoutre, Jan Paul Borgonjen, Jan Rasing en Roel Scheepens. Voor meer informatie kunt u het beste een email sturen aan Roel Scheepens:

r.scheepens@ils.kun.nl.



Het LTW systeem: eens wat anders met techniek ondergeschikt aan inhoud!

Werkgroep 22

P. Uylings

AMSTEL Instituut/Bonhoeffer College, Castricum

Het idee: LTW=Learning, Teaching, Writing

U kunt het direct aan het logo (figuur 1) zien: de drie letters LTW staan voor de begrippen Learning, Teaching en Writing, die zijn verweven in een Venn-diagram.

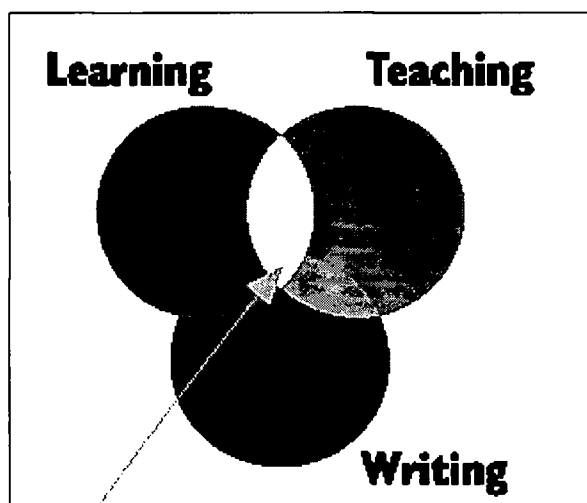


Fig. 1

Dit raakt onmiddellijk de kern van de zaak: hoe kan men een leersysteem ontwikkelen waarin leren, onderwijzen en schrijven onderling gelijkwaardig en uitwisselbaar worden, bruikbaar voor zowel leraar als leerling? Laten we eerlijk zijn, dit klinkt nogal als een vaag-idealistische en onderwijstheoretische constructie, leuk om over te schrijven en te filosoferen maar in de nuchtere praktijk van alledag onwerkbaar. En dat zou het inderdaad zijn als er niet een degelijk ICT-instrument was ontwikkeld waarbinnen LTW 'als vanzelf' wordt gerealiseerd.

Als onderwijsproject (ESPACE) van de Europese Commissie is het LTW-systeem oorspronkelijk in Wenen opgezet om de belangstelling vanuit het



voortgezet onderwijs voor deeltjes- en astrofysica te stimuleren, en dat natuurlijk(!) op een hedendaagse manier.



Fig. 2

Ondersteund door multimedia technologie op de achtergrond werken studenten en leraren beurtelings als leerling, leraar of auteur aan kenniselementen op dit gebied. Multimediagebruik biedt uiteraard leuke mogelijkheden: je kunt leerlingen wel vertellen over kometen, maar je zou het ook graag laten zien (figuur 3).



Fig. 3

De auteurs claimen dat het binnen het LTW-systeem 'onmogelijk' is om niet-didactische producten te ontwikkelen. Dat wilt u natuurlijk zelf beoordelen: voor-beelden van de ontwikkelde leermodules staan op de projectsite <http://www.espace-cd.net/> en een excursie hiernaartoe zult u zeker de moeite waard

vinden! Nog meer voorbeelden (o.a. van de producten van een internationale lerarenwerkgroep) vindt u op:

<http://cdfinfo.in2p3.fr/~bellefon/CD-Espace/>.

Het LTW-systeem is gelukkig net zo makkelijk op elk ander terrein van de natuurwetenschappen te gebruiken. En daardoor is het zinvol om er op Woudschoten even naar te kijken: het breidt uw arsenaal aan lesvormen uit op een simpele en aantrekkelijke manier!

Moet dat LTW er óók nog bij in de Tweede Fase?

Er lijkt soms geen eind te komen aan de lijst van zinnvolle vernieuwingen die volgens Den Haag essentieel zijn in de tweede fase:

- Nieuwe methodieken (figuur 4)
- Werkstukken
- Verslagen
- Nadruk op vaardigheden
- Het gebruik van hardware:
 - Metingen met de computer
 - Integratie van Techniek: automatisering, sturen, ontwerpen, robots
- Het gebruik van software:
 - Het geven van (science) presentaties
 - Modelleren, data (digitale) video, applets
 - Gebruik van Internet
- Profielwerkstukken
- ...

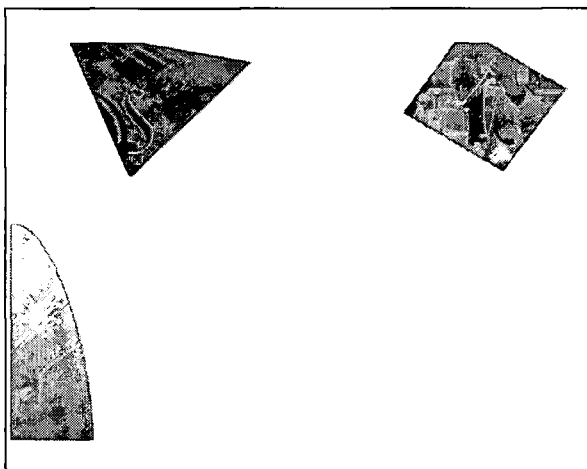


Fig. 4

Bij dit alles valt op dat *de rol van de leraar en de leerling* in nogal wat gevallen is *omgekeerd*! Een leraar heeft dus behoefte aan een geschikt gereedschap om daarop in te spelen zonder het wiel zelf te moeten uitvinden en tot in de kleine uurtjes aan het werk te zijn.

Het LTW-systeem geeft de drie onderwijspartijen auteur, leraar en leerling toegang tot leerelementen en eenvoudig auteursgereedschap. Een praktische LTW opdracht bestaat uit het maken van een multi-

media leermodule over een gegeven onderwerp. U hoeft zich daarbij niet druk te maken om pedagogie of web-technologie – die zijn geautomatiseerd binnen LTW – en er geldt: ‘content is king’!

Het LTW-systeem is ontworpen om leerlingen, leraren en studenten in staat te stellen het onderwerp te verkennen, begrip te kweken en zelfstandig kennis op te bouwen.

Door een lage drempel naar simpele auteursgereedschappen en leerelementen kan een leraar dus even student worden en een student even leraar. Samenvattend: gebruik van LTW zal voor de zwaarbelaste leraar die desondanks typische tweede fase elementen in zijn les wil inpassen, eerder winst dan verlies betekenen.

Hoe werkt het en wat heeft u nodig?

- Internet toegang (zou met het huidige kennisnet geen probleem moeten zijn).
- FileMaker Pro 4 (standaard TCP/IP installatie) Licentie in de orde van € 20,- (figuur 5).
- De connector: LTWopener.fp3 (83 kB) (figuur 6). Dit bestandje kan her en der gedownload worden, bijv. vanaf de site: <http://espace.kph.tuwien.ac.at/manual/started.html> Hier op de publiek toegankelijke site <http://espace.kph.tuwien.ac.at/manual/manual.html> staan een volledige gebruikershandleiding en veel praktische aanwijzingen.
- Een gebruikersnaam en wachtwoord: hiervoor moet u contact opnemen met Prof. Dr Heinz Oberhammer, ohu@kph.tuwien.ac.at.



Fig. 5



Fig. 6

Het LTW-systeem is uitgetoetst in Oostenrijk en Italië en is nog nieuw in Nederland. De basis is een database die zowel leerelementen (tekst) als media-elementen bevat. Bij gebruik van het LTW-systeem is de scherm lay-out geautomatiseerd, multimedia programmeren is dan ook overbodig. U kunt een groepje leerlingen (2 à 4) opdracht geven eerst als referee op te treden bij modules die u bijvoorbeeld zelf heeft gemaakt. Vervolgens kunnen deze leerlingen een eigen leermodule over een tevoren afgesproken onderwerp maken. Uiteindelijk kunnen de leerlingen weer onderling als elkaars referee optreden. De eindproducten zijn goed beoordeelbaar. Christian Gott-

fried heeft bij het uitproberen in Wenen de vergaande stap gemaakt door zijn natuurkundelessen volledig te vervangen door LTW-lessen, maar is daar gedeeltelijk op terug gekomen. Zijn advies is LTW naast de andere, 'gewone' lessen te gebruiken.

Inhoudelijke opzet

- De bouwsteen van een onderwerp is het leerelement (LE).
- Die leerelementen worden samengevoegd tot modules die hoofdstukken omvatten. Een 'onderwerp' kan uit clusters van modules bestaan.
- Ieder leerelement heeft een titel, een leeratoom (tekst van één tot drie regels), een media element (2D- of 3D-graphic, audio, video, animatie) en een leeractiviteit (quiz, zelf-doen).

Een voorbeeld: als u als auteur dit erin stopt (figuur 7), is het resultaat op de website als volgt (figuur 8).

ESPACE Extraterrestrial Life Peter Uylings

Europa, Jupiter's moon: candidate for life? (2 of 15)

near the origin of the solar system, Jupiter was more like a miniature sun than a planet, due to the heat of the planet's collapse. It may have been shedding enough heat on its moon Europa, to allow Europa's surface to be covered with an open ocean for the Sun to shine its ultra-violet rays on. The same could have been the case with Saturn and its moon Titan, however (as may be seen on the accompanying photograph) Europa is since long a cold, frozen world.

Activity: What is the difference between a moon and a planet? Are there moons in our solar system larger than planets? How unique a situation do we need to have a solar system at all? (two planets the size of Jupiter would ruin a solar system!).

Further reading: NASA information on other planets

Fig. 7

LTW MODULE: EXTRATERRESTRIAL LIFE

REPLACEMENT URL: [] TEST URL: []

LEARNING ATOM: []

ACTIVITY AWAY FROM COMPUTER: []

FOR FURTHER READING: []

QUESTION: []

ANSWERS: []

REFERENCES COMMENTS: []

AUTHORS SCRIPROOM: []

Fig. 8

Tot slot

Gebruik van het LTW-systeem stimuleert de zelfwerkzaamheid en is uitstekend geschikt voor projecten. Anders dan bij de bekende overvloed aan verslagen is het resultaat goed en snel te beoordelen. Ook profielwerkstukken kunnen uitstekend binnen dit systeem gepresenteerd worden: 'maak een website waarin je uitlegt hoe je je experiment gedaan hebt, en welke resultaten je daaruit hebt verkregen' is een geschikte LTW-opdracht.

Aan de infrastructuur van de school hoeft niets spectaculairs te gebeuren: het verwerven van de File-Maker Pro 4.1 CD en de toegang tot de centrale database in Wenen (email) is voldoende. Succes!

Virtuele Practica

Werkgroep 24

T. Bonsen & J. Hellemans



De werkgroep startte met een inleiding en discussie over de mogelijkheden en de wenselijkheid van virtuele practica, dus practica met de computer als simulatie van de experimenteeromgeving, als aanvulling op de 'gewone' practica.

Ingegaan werd op de mogelijke leerdoelen die met virtuele practica kunnen worden bereikt, zoals het begrijpen van concepten, het nagaan van wetmatigheden, het samenwerkend leren en zelfstudie.

Ook kwam aan de orde op welke wijze virtuele practica ingepast zouden kunnen worden in de les, als demo-experiment door de docent, als kwalitatief of kwantitatief experiment en als onderzoek door de leerlingen. Ook de mogelijkheid om thuis te werken bleek een optie (maar misschien voor de verre toekomst).

Uiteraard spelen de financiële mogelijkheden een grote rol bij het toepassen van virtuele practica: voldoende computers zijn nodig, liefst met Internet-aansluiting, als ook de leerlingen virtueel willen experimenteren en voldoende licenties voor het betreffende simulatieprogramma.

In het vervolg van de werkgroep werd vooral ingegaan op het gebruik van Interactieve Natuurkunde als simulatieprogramma voor experimenten op het gebied van mechanica en elektriciteit. Niet in het minst omdat de inleiders met hun medewerkers een website hadden gemaakt, waarin simulaties werden voorzien van de daartoe benodigde werkbladen.

Deze site is te zien op:

<http://www.fontys.nl/lt/na/grens> en via

<http://www.fys.kuleuven.ac.be/alon>

De keuze voor Interactieve Natuurkunde als simulatieprogramma was een voor de hand liggende; het

programma is uitermate gebruiksvriendelijk en open, er zijn veel voorbeeldsimulaties op het net te vinden en een demoversie voor gebruik door leerlingen is gratis van het net te downloaden.

De inhoud van de site werd besproken aan de hand van voorbeelden:

- korte demo's van begrippen, die de docent als illustratie kan gebruiken,
- leerlingenpractica van ca. 45 minuten waarbij het werkblad niet alleen is uit te printen, maar ook digitaal beschikbaar is voor de verwerking van de antwoorden
- onderzoekjes met een open einde.

In het tweede deel van de werkgroep werden een paar voorbeelden van de site en de bijbehorende werkbladen door de deelnemers zelf uitgevoerd.

Het eerste voorbeeld betrof 'een skiër op de helling', waar leerlingen erachter moeten zien te komen wat de krachten en versnellingen zijn die werken op een skiër, wanneer hij/zij bergop of bergaf glijdt (zie figuur 1).

Het tweede voorbeeld betrof 'bungee-jumpen', een wat meer open onderzoek, waarin de beweging van een bungee-jumper wordt gesimuleerd en waar de leerling erachter moet komen onder welke condities de springer al dan niet de grond raakt (zie figuur 2).

De deelnemers kregen de werkbladen van deze experimenten en van hen werden voorspellingen verwacht die dan met behulp van de simulatie al dan niet konden worden gevalideerd. Gaande de werkgroep werden de (individueel bedoelde) opdrachten steeds meer geïnterpreteerd als groepsopdrachten.

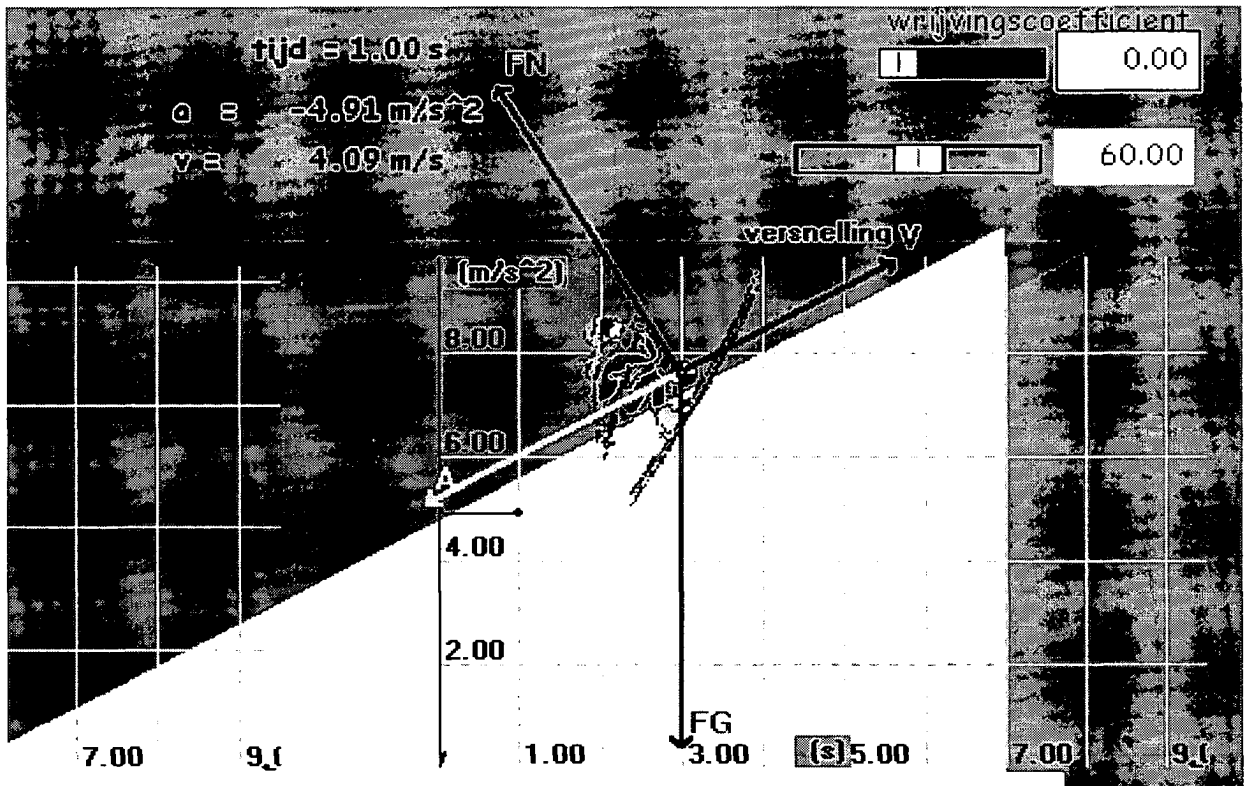


Fig. 1

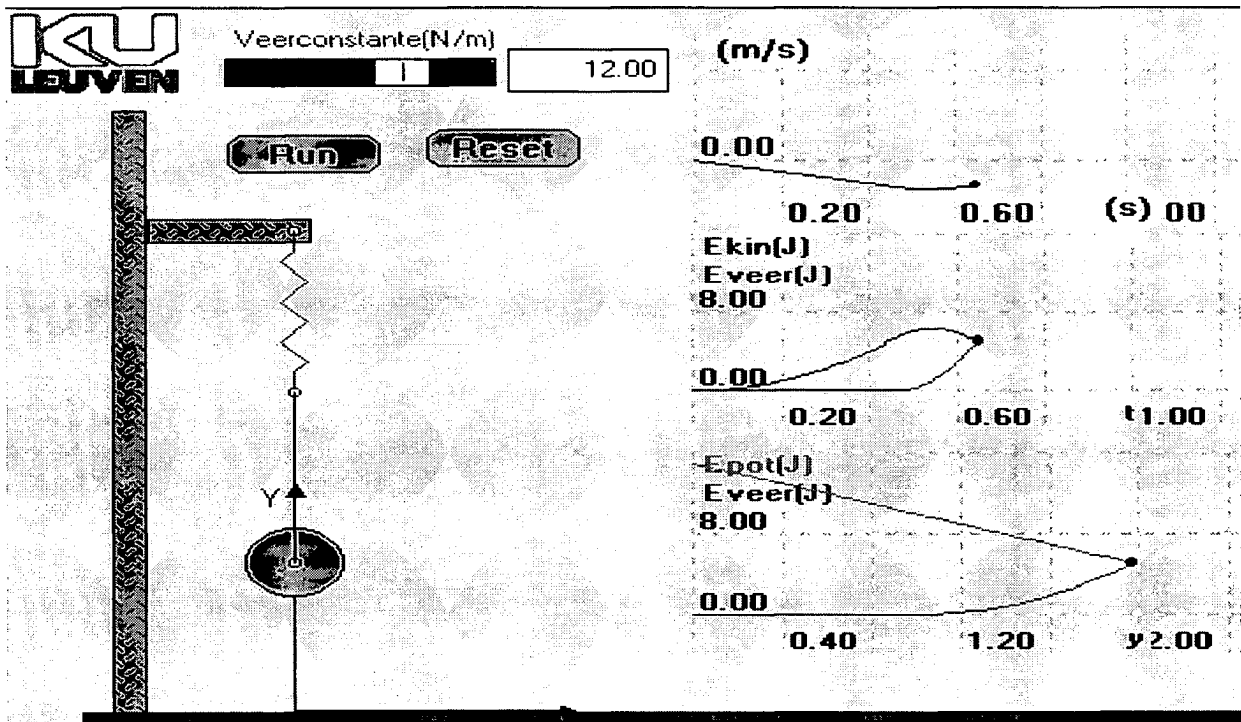


Fig. 2

Over de ervaringen met leerlingen werd tenslotte uitgebreid gediscussieerd, waarbij duidelijk werd dat leerlingen door gebruik van simulaties wel meer gemotiveerd werden, maar dat niet evident was dat begrippen beter gekend werden. Gaandeweg blijkt wel dat leerlingen steeds minder problemen hebben met

het omgaan met het programma en het veranderen van parameters.

De werkgroep werd door meer mensen bezocht dan vooraf verwacht, maar de sfeer was niettemin prima.

Computerondersteund modelleren in de NG/NT-profielen: een vak-overstijgende aanpak

Werkgroep 26

E. Savelsbergh, K. Kortland & G. Prins

Centrum voor β -Didactiek, Universiteit Utrecht

In het project 'Computerondersteund modelleren' wordt onderwijsmateriaal ontwikkeld waarbij leerlingen zelf modellen construeren en beoordelen. Op die manier kunnen ze een deel van de leerstof herontdekken en hopelijk beter begrijpen. Bovendien kan het een startpunt zijn om na te denken over het ontstaan, de geldigheid en de bruikbaarheid van een model.

We richten ons specifiek op computermodellen van dynamische systemen. Daarvoor zijn verschillende redenen. Ten eerste blijft de dynamiek van systemen in het gebruikelijke onderwijs vaak onderbelicht. Bovendien hebben computermodellen bij het bestuderen van dynamische systemen een duidelijke meerwaarde t.o.v. een leerboek. En tenslotte is een computermodel een herkenbaar en concreet soort model waar leerlingen veranderingen in kunnen aanbrengen en waarbij ze de consequenties van deze veranderingen kunnen nagaan.

Voor deze onderwijsaanpak is het nodig dat leerlingen de vaardigheden verwerven om zelf te kunnen modelleren. Modelleren begint met het waarnemen van een verschijnsel dat je wilt voorspellen of verklaren. Vervolgens selecteer je onderdelen, eigenschappen en relaties. De geselecteerde elementen worden benoemd en samengevoegd tot een model dat voorspelt wat er gebeurt. Daarbij zijn 'modellerbegrippen' nodig zoals, in het geval van dynamische systemen, feedbackloop, systeemgrens en stabiliteit. Vergelijking tussen de voorspelling en het werkelijke verschijnsel kan tenslotte aanleiding zijn om het model te verbeteren of uit te breiden.

Voor zover nu in het onderwijs gewerkt wordt met computermodellen, wordt gebruik gemaakt van teksten en formule-gebaseerde modelleromgevingen. Dit le-



vert moeilijk leesbare computermodellen op en bij het schrijven van zo'n model komt de nadruk al snel te liggen op het abstracte, kwantitatieve formalisme. In de hier gekozen benadering wordt gewerkt met de grafische modelleromgeving Powersim, die beter leesbare modellen oplevert en waarin meer nadruk ligt op kwalitatieve aspecten van het model.

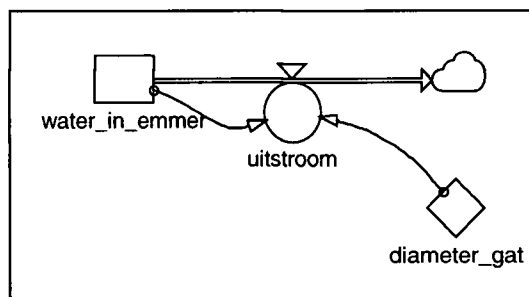


Fig. 1 Het model van een lekkende emmer in Powersim.

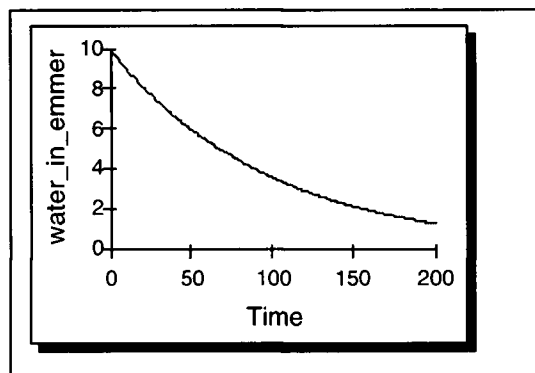


Fig. 2 De uitvoer van het emmer-model.

In de workshop bouwden we, in discussie met de aanwezige docenten, een model van een afremmende schaatser. De docenten waren zeer te spreken over de bruikbaarheid van het gepresenteerde modelleertool voor leerlingen.

Omdat modelleren een rol speelt in alle natuurwetenschappen hebben we in het project gekozen voor een vakoverstijgende benadering. We ontwikkelen inleidend onderwijs voor natuurkunde, scheikunde en biologie in 5-vwo, en een afsluitend leerlingproject in de vorm van een praktische opdracht of een profielwerkstuk. De module natuurkunde behandelt versnelde en vertraagde bewegingen in de context van sport. Deze module vormt tevens voor leerlingen de eerste kennismaking met Powersim. De module scheikunde behandelt de processen die optreden bij het reinigen van textiel. De module biologie behandelt de regeling van lichaamstemperatuur en water- en zoutgehalte bij de mens. In het afsluitende leerlingproject kiezen leerlingen een opdracht rondom het thema 'Systeem Aarde'. Voorbeelden van opdrachten zijn: Daisyworld of Ieworld (verschillende klimaatscenario's), het uitsterven van de dinosauriërs en ozonkinetiek. Het volledige lesmateriaal en de benodigde software zijn beschikbaar via:
www.cdbeta.uu.nl/model

De drie inleidende modules zijn inmiddels in de praktijk getest op twee deelnemende scholen. De ervaringen zijn positief: de leerlingen werkten tijdens deze lessen opvallend gemotiveerd en zowel docenten als leerlingen konden goed met het materiaal overweg. Opvallend was verder dat het gebruikte modelleerprogramma na een korte inwerktijd als vanzelfsprekend gebruikt werd en dat de meeste discussies tussen docenten en leerlingen en tussen leerlingen onderling gingen over de vakinhoud.

Tenslotte hebben we het vervolg van het project en de mogelijkheden voor modelleren in het natuurkundeonderwijs in de komende jaren besproken. Naast alle positieve ervaringen valt er natuurlijk nog het nodige aan het materiaal te verbeteren. In 2002-2003 zal daarom een tweede ronde van het project plaatsvinden, waarin zowel de aanpak als het materiaal wordt bijgesteld. Bovendien willen we onderzoeken aan welke eisen het materiaal moet voldoen om ook op andere scholen bruikbaar te zijn. Voor dit vervolg zoeken we nog nieuwe deelnemende scholen. Als uw school belangstelling heeft om hieraan deel te nemen dan kunt u contact opnemen met de auteurs. Nadere informatie is ook te vinden op het genoemde WWW-adres.



Inventa educatief meetsysteem

Werkgroep 28

P. van Damme



Het Inventa educatief meetsysteem wordt in het Vlaamse onderwijs al een tiental jaren gebruikt door een kleine 400 scholen.

Het meetsysteem dat ontwikkeld is in samenwerking met het Limburgs Universitair centrum, bestaat uit:

- een (industriële) meetkaart
- een controlepaneel (voor een didactische opstelling van de meting)
- diverse sensoren
- het LabSoft 4 programma.

Hiermee is het mogelijk om talrijke (meet)experimenten uit te voeren tijdens de lessen natuurkunde (en biologie, scheikunde, elektriciteit, ...).

Tijdens de werkgroep werden de volgende 'experimenten' behandeld:

- studie van het spanningsverloop in een seriekring bestaande uit een weerstand, een spoel en een condensator
- studie van een RLC resonantieketen.
- studie van het op- en ontladen van een condensator op gelijkspanning
- meten van de geluidssnelheid
- samenstellen en meten van geluidsgolven
- studie van de eenparige rechtlijnige beweging
- studie van de inductiespanning in een spoel onder invloed van een veranderlijk magnetisch veld
- studie van de hydrostatische druk

- bepalen van de warmtecapaciteit van water
- opmeten van het verband tussen spanning en stroom in een gloeilamp.

Al deze experimenten werden uitgevoerd met de zogenaamde 'open' variant van het meetsysteem. Met 'open' bedoelen we dat de docent volledig zelfstandig de experimenten bedenkt, opstelt, ... Uiteraard bestaat er veel uitwisseling tussen de verschillende gebruikers.

Hiernaast bestaat er nog een zogenaamd 'gesloten' variant van het systeem. Dit zijn de 'basisexperimenten'. In feite zijn dit kant-en-klare experimenten die de leerkracht samen met zijn leerlingen kan uitvoeren. De drempel om deze experimenten uit te voeren ligt veel lager: de leerkracht kan als het ware meteen aan het werk, weliswaar binnen het kader van de basisexperimenten. Bij het Inventa meetsysteem worden steeds een viertal basisexperimenten geleverd. Er bestaan basisexperimenten over RLC, de condensator, gaswetten, fotosynthese, geluid, resist, diodes, transistoren, titraties, ...

Voor verdere informatie verwijzen wij u naar:

www.inventa.be

contactpersoon: peter-vandamme@pi.be

De toepassing van technische natuurkunde in de industriële ontwikkeling van deeltjesversnellers bij IBA

Werkgroep 29

W.J.G.M. Kleeven

Ion Beam Applications, Louvain-La-Neuve, België

Het bedrijf Ion Beam Applications (IBA), gelocaliseerd in Louvain-La-Neuve in België, is wereldleider op het gebied van ontwerp en productie van industriële en medische versnellers. Een belangrijke component van het gamma bestaat uit verschillende types van cyclotrons die gebruikt worden voor de productie van medische radio-isotopen.

Daarnaast is er een groot cyclotron van 235 MeV dat gebruikt wordt voor bestralingen van kankerpatiënten. Deze cyclotrons kunnen protonen en deutronen versnellen.

Een andere belangrijke productielijn is het Rhodotron. Dit is een hoog-vermogen elektronenversneller die gebruikt kan worden voor sterilisatie van medische artikelen, voor de pasteurisatie van etenswaren en ook voor de verbetering van bepaalde materiaaleigenschappen.

Bij het ontwerp van bovengenoemde deeltjesversnellers komt de toegepaste natuurkunde op verschillende niveaus naar voren. Onder andere bij de modellering van complexe cyclotron magneten met behulp van software voor de berekening van statische elektromagnetische velden in drie dimensies. Voor een versneller als het Rhodotron spelen natuurkundige aspecten van elektromagnetische trilholttes een be-



langrijke rol. Bovendien is het voor alle versnellers van belang om de vorm van de banen van de geladen deeltjes in het gebruikte elektromagnetische veld precies te kunnen voorspellen. Hiervoor wordt in huis ontwikkelde specifieke software gebruikt.

Een andere belangrijke component met fysische aspecten bestaat uit de interactie van een versnelde deeltjesbundel met materie. Vaak is het van belang om een goed gedefinieerde en uniforme stralingsdosis aan een product af te geven. De fysische processen die hieraan ten grondslag liggen kunnen met statistische methodes gebaseerd op veeldeeltjes berekeningen gesimuleerd worden.

Momenteel is IBA betrokken bij het spectaculaire en grootschalige project MYRRHA. Dit is een ~25 MW subkritische reactor gecontroleerd door een intense neutronenbron die zelf door een hoog vermogen deeltjesversneller wordt aangedreven. 'Subkritisch' betekent dat de reactor op zichzelf geen splijtingskettingreactie kan onderhouden, wat het potentiële risico van het op hol slaan van de splijtingskettingreactie tot een minimum herleidt. Bovendien is één van de voornaamste voordelen van dit systeem dat het nucleair afval kan verbranden.

Leskist 'duurzame energie' als hulpmiddel bij het profielwerkstuk

Werkgroep 30

D. en S. Idzenga



Inleiding

Na de invoering van 'de tweede fase' in de bovenbouw van havo en vwo is er op de verschillende scholen ervaring opgedaan met het begeleiden van de eerste generatie(s) studiehuisleerlingen bij de profielwerkstukken. Die ervaringen blijken in de praktijk nogal uiteen te lopen. Zo blijkt het moeilijk om tot een goede keuze van een onderwerp te komen, voor de oefening van de nodige vaardigheden als voorbereiding op de profielwerkstukken is vaak te weinig tijd beschikbaar en de begeleiding laat door allerlei oorzaken ook nog wel eens te wensen over. Hieronder wordt geprobeerd een duidelijk kader aan te geven, waarin het werk aan profielwerkstukken (nog) beter uit de verf kan komen. Het gaat daarbij om een mogelijke opzet voor de *organisatie* en om een koppeling van verschillen werkstukken via het gemeenschappelijk *thema* 'duurzame ontwikkeling'. Daarbij kan een *leskist* (met materiaal voor experimenten op het gebied van 'duurzame energie') een handig hulpmiddel zijn.

Voorstel voor de organisatie: het 'werkgroepenmodel'

Om een aantal problemen bij de begeleiding op te vangen, wordt voorgesteld om een organisatievorm te kiezen, die gangbaar is in het wetenschappelijk onderwijs. Daarin wordt gewerkt met een onderzoeksgroep met een bepaald thema (bijvoorbeeld 'duurzame ontwikkeling') en één of twee begeleiders. Zo'n onderzoeksgroep is dan weer verdeeld in *werkgroepen* (van verschillende grootte), elk met een eigen onderzoek. In de onderzoeksperiode worden regelmatig (bijvoorbeeld eens per twee of drie weken op de 'onderzoeksmiddag', goed in te passen in het rooster) 'werkbesprekingen' gehouden met de hele onderzoeksgroep. De begeleiders kunnen het voorzitten en notuleren in de groep laten rouleren.

Ook op die manier is er dan sprake van onderlinge begeleiding en ook worden presentatie-vaardigheden (weer?) geoefend.

Duidelijke voordelen van deze opzet voor de begeleider zijn dat die zich kan toeleveren op een onderwerp dat haar/zijn interesse heeft, en dat de begeleiding zich meer kan toespitsen op het onderzoeksproces (en niet alleen op de inhoud).

Voorstel voor een thema: 'duurzame ontwikkeling'

Een thema dat een duidelijke relatie heeft met de buitenschoolse wereld en dat voorziet in motiverende contexten voor met name de natuurwetenschappelijke vakken, is 'duurzame ontwikkeling'. Daarbij denken we al gauw aan de verschillende vormen van *duurzame energie* en de (nieuwe) mogelijkheden van scheiding en het hergebruik van *afval* als deelonderwerpen (waarbij ook koppelingen met de 'maatschappijprofielen' zijn te vinden!)

Voor een goede invulling van het werk aan een profielwerkstuk is het heel goed als de relatie met de praktijksituatie aandacht krijgt, maar daarnaast is er behoefte aan proefopstellingen en experimenteermateriaal dat op school gebruikt kan worden.

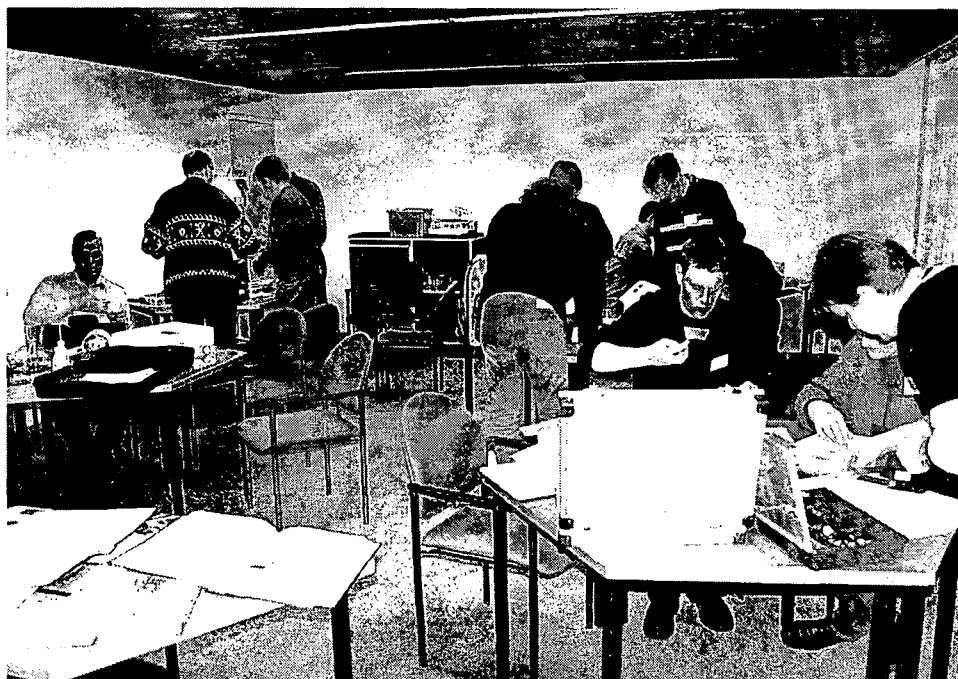
Opzet van een leskist 'duurzame energie'

In de gemeente Smalingerland is daarom een samenwerking (onder de naam SMILE) opgezet tussen het Steunpunt Milieu Educatie, het afvalbedrijf REGON en de middelbare scholen. In dat kader zijn *suggesties voor onderzoek* verzameld en is een voorlopige *leskist* ontwikkeld rond het thema 'duurzame energie'. Daarin is materiaal beschikbaar voor proeven over zonnecellen, brandstofcellen, zonnepanelen, windenergie, passieve zonne-energie, ...

Er is enige (goede) ervaring opgedaan met componenten uit de leskist (proeven met de brandstofcel

en metingen aan zonnepanelen) bij profielwerkstukken, maar ook bij het vak Algemene Natuurwetenschappen bleek het materiaal geschikt voor de uitwerking van een praktische opdracht, die werd afgerond met een presentatie (zonneauto, zonnepaneel, zonnepaneel, zonnepaneel, brandstofceltoepassing in modelauto). De eerste ervaringen met de leskist zijn van dien aard, dat er alle reden is om hiermee door te gaan. Daarbij wordt ook gekeken naar de mogelijk-

heid om het materiaal over 'duurzame energie' te gebruiken voor een soort *mini-profielwerkstuk*, als voorbereiding (in de voorexamenklas) op het profielwerkstuk. Verder wordt er ook gekeken naar mogelijkheden voor toepassing van een leskist 'duurzame energie' in de *onderbouw*, maar daarvoor moet een aantal onderdelen worden vervangen door minder kwetsbare opstellingen.



Geluid analyseren, produceren en opnemen met de computer

Werkgroep 32

J. van der Meulen



Regelmatig kiezen leerlingen geluid als onderwerp van een praktische opdracht. Hij of zij neemt zelf een gitaar of saxofoon mee naar school met de bedoeling het geluid op te nemen en te onderzoeken op boventonen. De geluidsmeting gaat meestal via IPCOACH of Pasco Science Workshop en de leerling doet zijn of haar best om een mooie geluids'sinus' in beeld te krijgen. Dat betekent dat er één of twee periodes zichtbaar zijn met veel details die duiden op de aanwezigheid van boventonen. Om dit 'mooie' beeld te krijgen kiest men bij voorkeur een kleine tijdstap van bijvoorbeeld 20 microseconde. Dit komt overeen met een zogenaamde samplefrequentie van 50 kHz.

Het is deze samplefrequentie die het uiterlijk van het Fourierspectrum bepaalt en meestal de reden dat er geen mooie scherpe pieken tevoorschijn komen maar brede kerktorenachtige resultaten. De Fourier-analyse wordt doorgaans uitgevoerd met dezelfde standaard-programmatuur waarmee het geluid werd opgenomen. Deze programma's kijken niet eerst intelligent naar het aangeboden geluidssignaal om er een grondtoon uit te filteren maar werken rechttoe rechtaan wat de Fourier-analyse betreft.

Als voorbeeld is in de werkgroep de situatie behandeld dat een geluidssignaal met een samplefrequentie van 50 kHz geanalyseerd werd in 512 componenten (het aantal componenten is een macht van 2 en kan bijvoorbeeld ook 1024, 256 of 128 zijn). Vervolgens scant de computer het geluidssignaal af in het frequentiegebied van 0 tot 50 kHz met stapjes van 98 Hz ($50.000 : 512 = 98$). Dit is een bijzonder grove analyse als het gaat om geluiden met een grondfrequentie van enkele honderden hertz en leidt tot de ongewenste brede pieken in het Fourier-spectrum. Het getoonde spectrum loopt altijd van 0 Hz tot de helft van de maximale frequentie, in dit geval 25 kHz.

De remedie is om het geluidssignaal op te nemen met een veel grotere tijdstap. Bij een tijdstap van 0,5 miliseconde is de samplefrequentie 2000 Hz en zal het frequentiegebied gescand worden met stapjes van $2000 : 512 = 3,9$ hertz. De pieken worden dan scherper, maar het frequentiespectrum stopt bij 1000 Hz (de helft van de maximale frequentie) Het nadeel is dus dat hogere boventonen dan buiten beeld kunnen vallen.

Voor een goede Fourier-analyse moet dus een compromis gezocht worden voor het aangeboden geluidssignaal. Om scherpe pieken te krijgen wil je een lage samplefrequentie. Om alle boventonen te zien wil je een wat hogere samplefrequentie. Een goede manier van werken is om zelf eerst de grondfrequentie in het signaal te schatten en vervolgens nog een keer te meten met een samplefrequentie van 5 tot 10 keer de grondfrequentie. Op grond van de Fourier-analyse kan dan alsnog gekozen worden voor een iets hogere of lagere samplefrequentie.

Belangrijk voor het doen van uitspraken over de relatieve aanwezigheid van boventonen in een signaal is de reproduceerbaarheid van de resultaten. Het moet zo zijn dat een herhaling van de meting bij benadering hetzelfde antwoord oplevert.

De deelnemers aan de werkgroep zijn verder zelf aan de slag gegaan om handmatig een geluidssignaal te produceren met behulp van Excel. De opdracht was om 2000 punten met een tijdstap van 0,001 seconde te maken van een signaal waarin de frequentie 220 Hz en 440 Hz voorkomen. Het bestand moest als *.CSV type opgeslagen worden. Dit is een zogenaamd ASCII bestand met een puntkomma als scheidingsteken. Dit bestand werd vervolgens in het tekstverwerkingsprogramma Word ingelezen en bewerkt om het geschikt te maken voor:

- import in PASCO Science Workshop voor Fourier-analyse
- import in IPCOACH5 voor Fourier-analyse
- import in GOLDWAVE om het te beluisteren.

De *.CSV file moest dus drie keer worden ingelezen in Word en er werden drie verschillende importbestanden gemaakt en weggeschreven als tekstbestand. De bewerking in Word had als doel om het bestand te laten voldoen aan de specifieke importcondities van elk der programma's. Eén van de dingen die aangepast moesten worden was bijvoorbeeld de decimale komma die een punt moest worden. PASCO Science Workshop vereist een TAB als scheidingsteken en daarvoor moest de puntkomma in een TAB worden veranderd (een TAB in Word kan gegeneerd worden via zoek en vervang als ^t). Een bijzonderheid van GOLDWAVE is dat het signaal zonder tijdkolom aangeboden moet worden; dit vereist dus een aanpassing via Excel. Verder vereist GOLDWAVE een speciale eerste regel waarin o.a. de samplefrequentie en het aantal punten staat.

De meeste deelnemers slaagden er ondanks de beperkte tijd in om hun handgemaakte signaal te importeren in PASCO Science Workshop en er een Fourier-analyse van te maken. Hetzelfde werd gedaan met IPCOACH5.

De derde speciaal geprepareerde file werd ingelezen in GOLDWAVE. Dit programma kan zowel signalen hoorbaar maken via de geluidskaart en de koptelefoon als geluidssignalen omzetten in een ander bestandstype. Met name dit laatste maakt het tot een onmisbaar vertaalprogramma. De deelnemers aan de werkgroep moesten hun signaal namelijk omzetten in een *.WAV file die afgespeeld kan worden via het programma SOUND RECORDER (GELUIDSRECORDER) dat tegenwoordig standaard op elke multimedia PC zit: Start – Programma's – Accessoires – Entertainment – Sound Recorder.

Als oefening voor thuis kregen de deelnemers de opdracht mee om ook eens de omgekeerde weg te bewandelen: een echt geluid opnemen via SOUND RECORDER, het signaal opslaan als *.WAV file, de *.WAV file via GOLDWAVE omzetten in een tekstbestand, het tekstbestand bewerken in Word en vervolgens in Excel en misschien nog een keer Word om het geschikt te maken voor analyse.

Download sites: www.goldwave.com voor GOLDWAVE en www.pasco.com voor Pasco Science Workshop.

Belangstellenden kunnen voor meer informatie contact opnemen met de werkgroep leider via onderstaand e-mailadres.

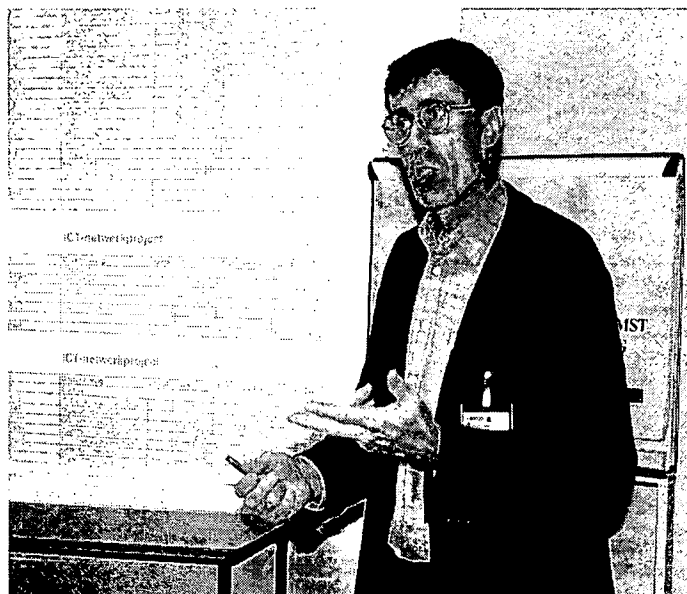
j.vandermeulen@tn.utwente.nl

Subsidie voor ICT-practica mogelijk

Werkgroep 35

P. Geerke

AMSTEL Instituut, UvA



Voor havo/vwo bij science en voor vmbo natuur/scheikunde zijn in de eindtermen ICT-vaardigheden en -toepassingen vastgelegd. Daarbij is het gebruik van de computer zowel hulpmiddel als doel. Op havo/vwo-scholen wordt hier meer en meer aan gewerkt, maar is er van een algemeen gebruik binnen de bèta-secties nog geen sprake. De meeste vmbo-scholen beginnen pas recent met de invoering van deze doelen. Geschikte software (Coach 5, ElektriX, applets) is meestal niet het probleem. Men ziet op tegen de organisatie en de aanschaf is relatief kostbaar.

Het ontbreekt nog aan tijd en middelen en aan practica welke op maat zijn gemaakt voor de eigen lessituatie. Toch komen er steeds meer voorbeelden beschikbaar. Uitgevers gaan het gebruik van Coach in hun methode integreren. Voor het DBK-na-project zijn concrete ICT-toepassingen op cd-rom gezet. Lesmateriaal wordt ondersteund op websites. Het AMSTEL Instituut heeft meerdere vakspecifieke practica ontwikkeld en geeft u de kans om tijdens een cursus deze practica uit te voeren, voor te bereiden of uw eigen practica op maat aan te passen.



Concrete practica om mee te beginnen (binask):

De gloeilamp.
Knipperend licht.
Leeglopend vat.
Geluid hard, zacht, hoog, laag, stem.
Lopen.
Geluidssnelheid.
Veerconstante.
Zwart-Wit.
Afkoelen met en zonder isolatie.
Eigen Lab.
Hartslag meten.
Reactiesnelheid testen.
Reflex tijden.
Iedereen zweet!
CO₂-productie.
Kiemende erwten.
Verdamping van een vloeistof.
Aquaria.
Kom in de Kas.
Reactiewarmte.
Vlamtemperatuur.
Endotherm en Exotherm.
Stollen.
Oploswarmte.
De vorming van waterstofgas.
pH-curve meten.
Oplosbaarheid via geleidbaarheid.
Colorimetrie.

Subsidie

Het Ministerie stelt onder voorwaarden subsidie beschikbaar voor scholen, die ICT in de lespraktijk willen integreren in samenwerking met minstens één andere onderwijsinstelling. Met dit doel worden er ook het komende jaar ICT-netwerkprojecten gesubsidiëerd voor 80% van de projectkosten. Per netwerk is maximaal € 22.700,= beschikbaar. In een netwerk

werken docenten, toa's en ICT-coördinatoren van bijvoorbeeld twee scholen samen met anderen, zoals op- leiders, aan de integratie van ICT in het onderwijs. Doel is in samenwerking te komen tot de implemen- tatie van een bestaand ICT-product of een ICT-les- praktijk. Deze subsidie kan worden besteed aan aan- schaf hardware/ software, voor loonkosten en nascho- ling. Deze subsidie wordt gegeven in het kader van ICT-netwerkprojecten en kan worden aangevraagd tot medio 2002, zie: <http://www.ictonderwijs.nl/subsidie/>.

Korte omschrijving ICT-project

Het AMSTEL Instituut wil in samenwerking met twee¹ of meer scholen les- en practicummateriaal tes- ten, aanpassen en invoeren voor de vakken biologie, natuur-/scheikunde. Wij verzorgen de projectaan- vraag met bijkomende administratie en – bij goed- keuring – de nascholing en ondersteuning.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van bestaand (voor- beeld)-ICT-les/practicummateriaal en/of lesmateriaal dat al in de door u gebruikte methode voorkomt. In dit lesmateriaal wordt met name gebruik gemaakt van de softwarepakketten Coach 5 en ElektriX, maar ook

van applets. Met dit lesmateriaal bieden wij concrete computerpractica die aansluiten bij de kerndoelen en waarmee leerlingen redelijk zelfstandig werken, ont- dekkend leren en vaardigheden trainen.

De bijbehorende projecten zullen methode-onafhan- kelijk worden aangeboden. Er is een ook vmbo-ver- sie. Gedurende het project (looptijd max. 1 jaar) wor- den deze practica door u getest in uw lessituatie en zonodig aan uw lessituatie aangepast. Verder is er aandacht voor aansluiten en inrichten en organisatie van de computerpractica. Na afloop van het project beschikt u dan over passende practica en over een bruikbare organisatie van deze practica.

Wanneer u toch al van plan bent dergelijke ICT-prac- tica meer bij u lessen te betrekken is dit de kans om daarvoor tijd, ondersteuning en subsidie te krijgen!

Hoe te starten?

Scholen kunnen via het AMSTEL Instituut een ge- subsidieerd ICT-netwerk vormen. Voor informatie kunt u bellen 020 5255886 of kijken op: www.cma.science.uva.nl (keuze nascholing).

¹ Omdat het AMSTEL Instituut een onderwijsinstel- ling is, kunnen wij ook een netwerk met één school vormen. Samenwerking met ook een partnerschool heeft naar ons idee veel voordelen bij opzet, uitwisse- ling en evaluatie.

CERN

Wergroep 36

R. van Peteghem



Sinds 1998 biedt CERN (Europees Laboratorium voor Hoge Energie Fysica te Genève) leraren de mogelijkheid zich in juli gedurende drie weken onder te dompelen in de deeltjesfysica. Het feit dat in de tweede helft van de twintigste eeuw meer dan een derde van alle Nobelprijzen natuurkunde werden toegekend aan mensen die in dit gebied werkzaam waren, geeft het belang ervan aan.

Hoge energie fysica of deeltjesfysica dringt immers door tot de allerkleinste bouwstenen van de natuur.

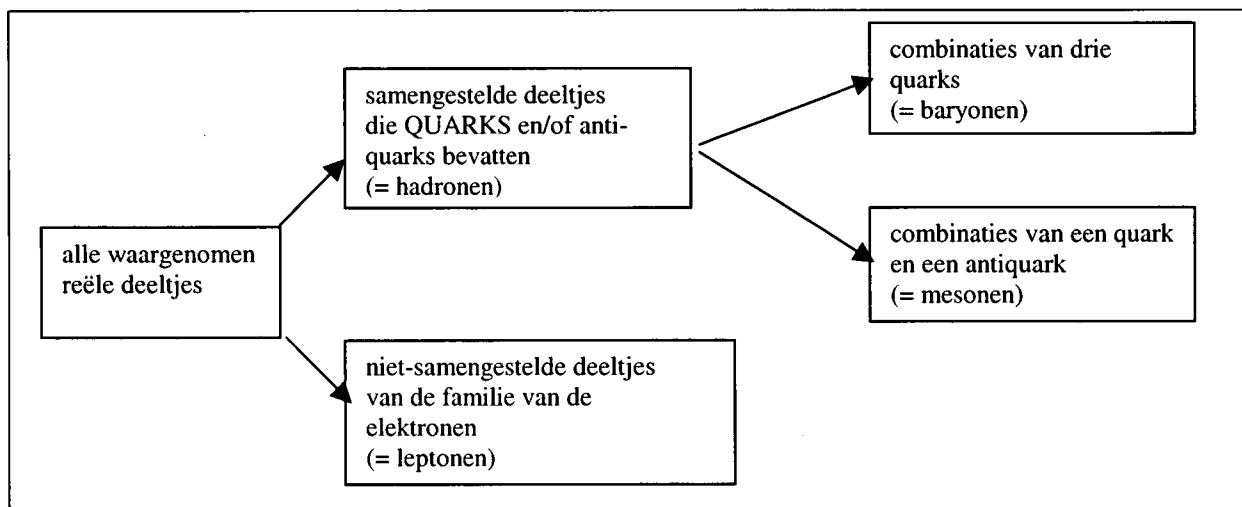
Men heeft de fundamentele bouwstenen en de wisselwerkingen ertussen kunnen achterhalen via botsingsexperimenten waarbij de beschikbare botsingsenergie in materie wordt omgezet.

Detectoren rond de botsingsplaats onthullen de eigenschappen van de nieuw gevormde deeltjes (figuur 1).

Dat er hoge energieën nodig zijn om detecteerbare massa's te vormen is duidelijk vanuit de formule $m = E/c^2$, wegens de enorm grote waarde van de noemer. Om een voldoende hoge botsingsenergie ter beschikking te stellen zal men in onderzoekscentra zoals CERN versnellers gebruiken (zie website CERN).

In de chaos van de enorme hoeveelheid aldus gevormde reële deeltjes werd slechts orde geschapen door de hypothese van Murray Gell-mann en Yuval Ne'eman in 1964 dat alle deeltjes die niet tot de familie van de elektronen (=leptonen) behoren, zijn opgebouwd uit quarks.

De vorige mijlpaal in het zoeken naar ordening van de bouwstenen werd ongeveer een eeuw vroeger uitgezet door Mendeljev (1869) door de chemische elementen te ordenen op basis van het atoomnummer.



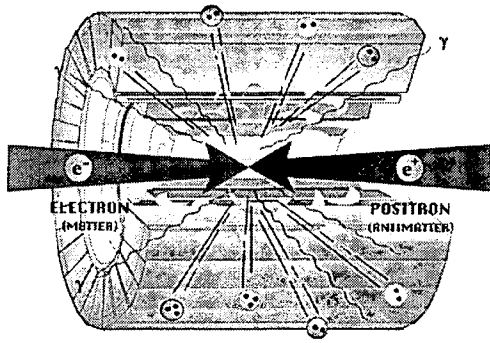


Fig. 1

Het huidige Standaardmodel dat de basisbouwstenen en de basisinteracties beschrijft werd, voor wat die fundamentele deeltjes en die fundamentele interacties betreft, volledig door experimenten bevestigd. Ontwikkeling van deze experimenten gaat samen met voortdurende nieuwe technologische ontwikkelingen. (Het laatste lepton, nl. het tau-neutrino, werd in juli 2000 gemeten!)

	Quarks		Leptons	
Generation 3	Top	Bottom	Tau	Tau-neutrino
Generation 2	Charm	Strange	Muon	Muon-neutrino
Generation 1	Up	Down	Electron	Electron-neutrino

Fig. 2

Opmerking: De gewone wereld rondom ons is opgebouwd uit deeltjes van de eerste generatie (een proton is een combinatie van 2 up-quarks en 1 down-quark, een neutron bestaat uit 2 down-quarks en 1 up-quark). Materiedeeltjes van de tweede en derde generatie komen voor in kosmische straling en worden gecreëerd in onderzoekscentra zoals CERN.

De fundamentele interacties (gravitationele, elektromagnetische, zwakke en sterke) komen tot stand door het uitwisselen van virtuele boodschapperdeeltjes (respectievelijk graviton, foton, W^{+-} , W^- en Z^0 -boson en gluon) die de materie binden.

Deze basisbouwstenen en basisinteracties zijn sinds de oerknal dezelfde gebleven. Door expansie en afkoeling is materie sinds de Big Bang gaandeweg samengeklit in steeds grotere structuren. Door toestanden te creëren met steeds grotere energiedichtheid creëren fysici omstandigheden zoals die verder en verder terug in de tijd bestonden: deeltjesfysica als tijdmachine! (Zelfs quasars nemen kosmologen slechts mee terug in de tijd tot ongeveer 2/3 van de

leeftijd van het heelal. Voor een begrip van het allereerste begin is deeltjesfysica nodig.)

In het tweede deel van de workshop werd ingegaan op de huidige versnellers en detectoren.

De belangrijkste componenten van een versneller-machine werden bondig besproken en heel wat beelden gaven een idee van de onderzoekswerkelijkheid. Dan gingen de deelnemers in kleine groepjes zelf op exploratie aan de hand van een ter plaatse verkregen CD-ROM.

Enkele gegevens over de versnellers:

LEP (Large Electron Positron) opslagring:

- van 1989 tot november 2000
- 4 bundels elektronen en 4 bundels positronen bewegen in tegengestelde zin
- elke bundel bevat 250 miljard deeltjes
- elke bundel is 1 cm lang en fracties van een mm hoog en breed
- de omtrek van de ringvormige vacuümruimte van de versneller, die zich 100 m onder de grond bevindt, is 27 km
- elk elektron en elk positron maakt 11.200 toeren per seconde (mogelijk doordat hun snelheid de lichtsnelheid benadert)

LHC (Large Hadron Collider):

- gepland voor 2006
- de te gebruiken protonen hebben een grotere massa, dus zijn er sterkere magneetvelden nodig om ze op hun baan te houden
- supergeleidende magneten! ($B = 8,4 \text{ T}$) (1300 afbuigende dipoolmagneten) (overal supervloeibaar He van 1,9 K)
- 2880 hoopjes protonen in wijzerzin én 2880 in tegenwijzerzin (met 10^{11} protonen per hoopje) protonbundels kruisen elkaar 40 000 000 maal / s elke 25 ns een botsing
- grotere reken capaciteit nodig voor de computers die de meetresultaten moeten verwerken (elke seconde is er een hoeveelheid informatie te verwerken die overeenkomt met 10 000 Encyclopaedia Britannica's)
- de energiedichtheden die men creëert zijn die van 10 μs na de Big Bang

Op vier plaatsen in de circulaire opslagring laat men in tegenovergestelde zin bewegende bundels van deeltjes (elektronen en positronen bij LEP, protonen bij LHC) tegen elkaar botsen. De detectoren die rond die botsingsplaatsen aangebracht worden, maken het mogelijk de interactie bij botsing te reconstrueren. Verscheidene subdetectoren, die in cilindrische lagen na elkaar geplaatst zijn, geven verschillende aanduidingen over de identiteit van de wegvliegende deeltjes.

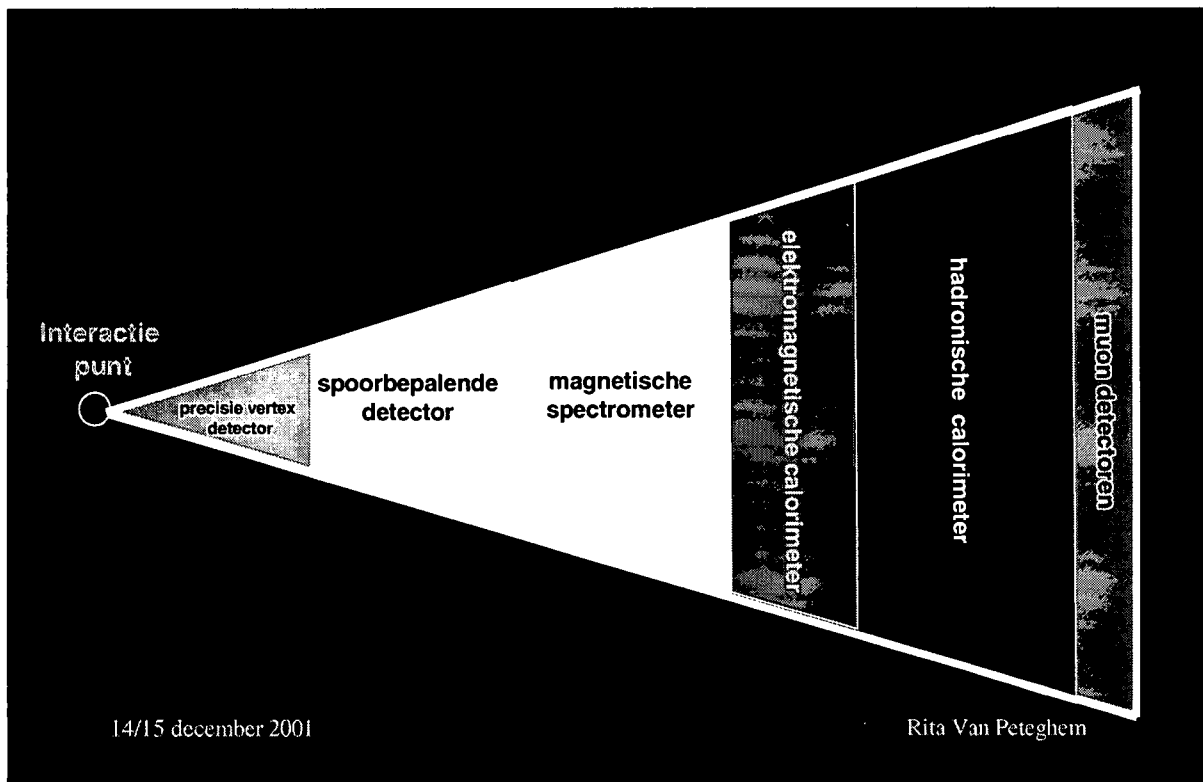


Fig. 3

Het correct interpreteren van de signalen van de sub-detectors is een belangrijke vaardigheid voor de deeltjesfysicus. Gebruikmakend van animaties en reële voorbeelden van metingen met de LEP-versneller op de aangeboden CD-ROM, hebben de deelnemers aan de workshop zich hierin geoefend.

In een derde deel van de workshop werden de fysische achtergronden van enkele detectoren besproken. Hedendaagse detectoren zijn te vergelijken met 'elektronische ogen'. De aanwezige leraren kunnen hun leerlingen nu bijvoorbeeld uitleggen hoe het eenvoudige fenomeen van ionisatie gebruikt wordt in de spoorbepalende gasdetectoren.

Een uitgebreide Powerpointpresentatie over detectoren is te downloaden van:

<http://teachers.web.cern.ch>

2001

'Detectors'

Honderden reële metingen van de DELPHI-detector van de LEP-versnellingmachine staan op de aangeboden CD-ROM 'Particle Physics – A keyhole to the birth of time'¹.

De achtergrond van het op de CD-ROM voorgestelde projectwerk werd bondig toegelicht.

Als leraar kan je interessant materiaal vinden op:

<http://public.web.cern.ch>

<http://microcosm.web.cern.ch>

<http://teachers.web.cern.ch>

Hier kan je eventueel je kandidatuur voor deelname aan de zomerschool doorsturen.

Hier vind je, in de bijdrage van 1999, een overzicht van de Nederlandstalige artikelen die in Natuur & Techniek over deeltjesfysica de laatste jaren verschenen zijn.

<http://webcast.cern.ch>

Projects

Web Lecture Archive Project

Summer Student Lectures

Hier kan je video-opnames bekijken van lezingen die in CERN gegeven worden, en de dia's van de gebruikte presentaties voor eigen klasgebruik downloaden.

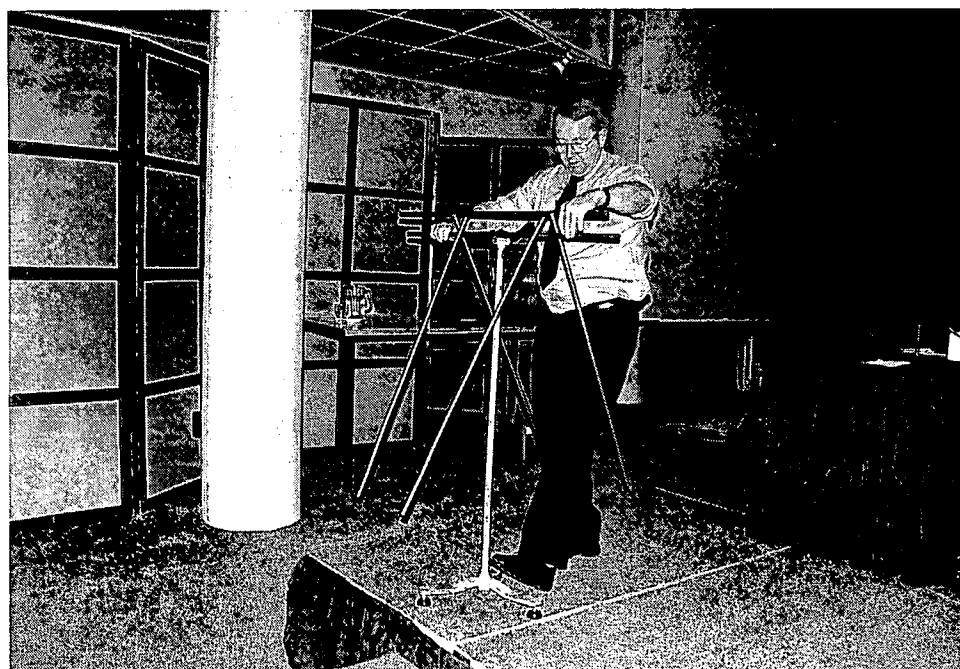
¹ De CD-ROM is aan te vragen bij

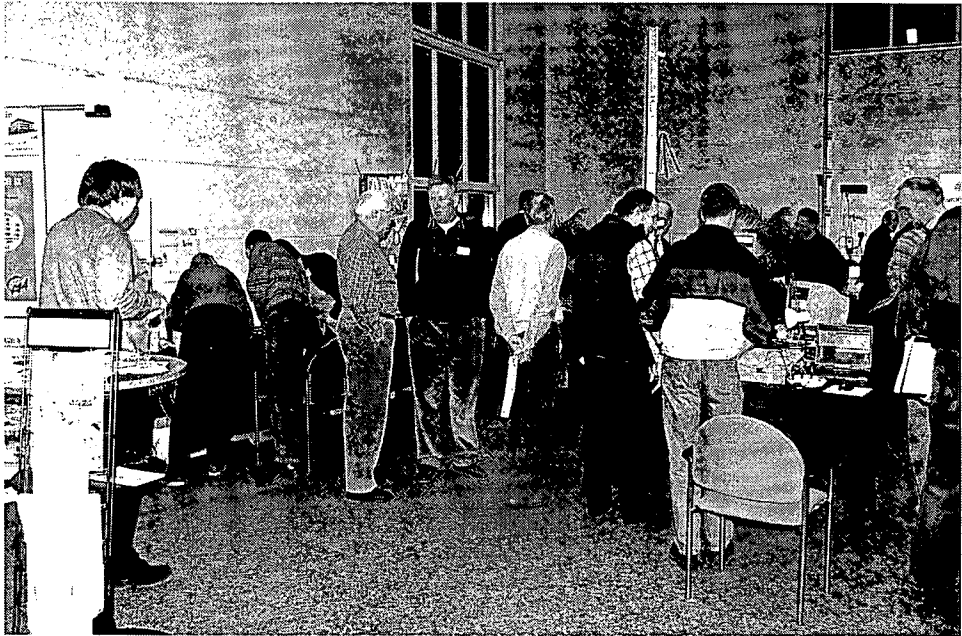
Richard.Jacobsson@cern.ch

Een Nederlandstalig wetenschappelijk beeldverhaal is aan te vragen bij vv1-onderwijs@pandora.be (€ 5,5).

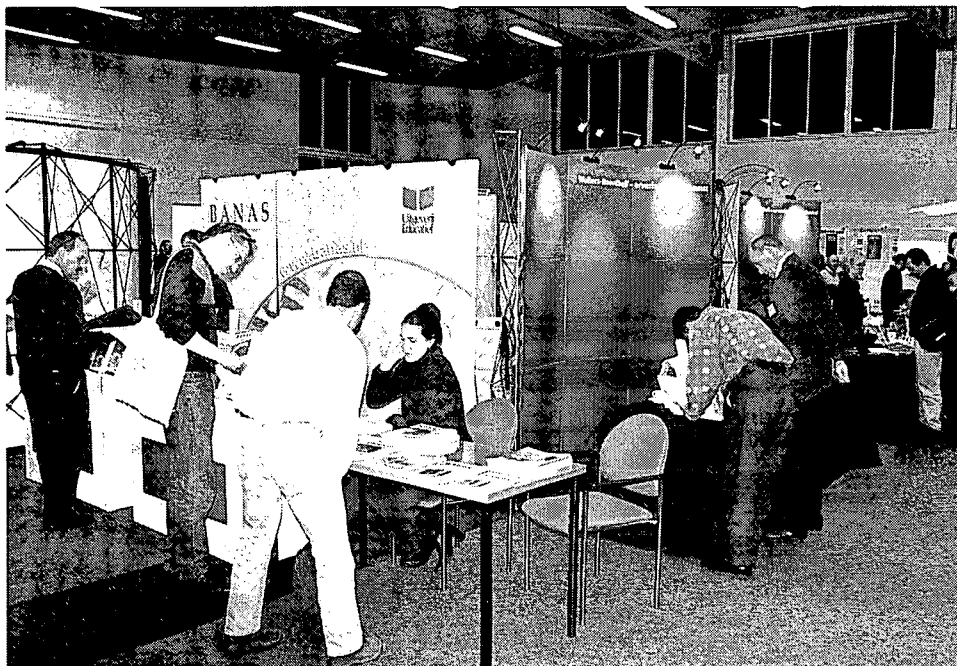


Afsluiting





Markt



Nijgh *Verstuys*

SYSTEMATISCHE NATUURKUNDE

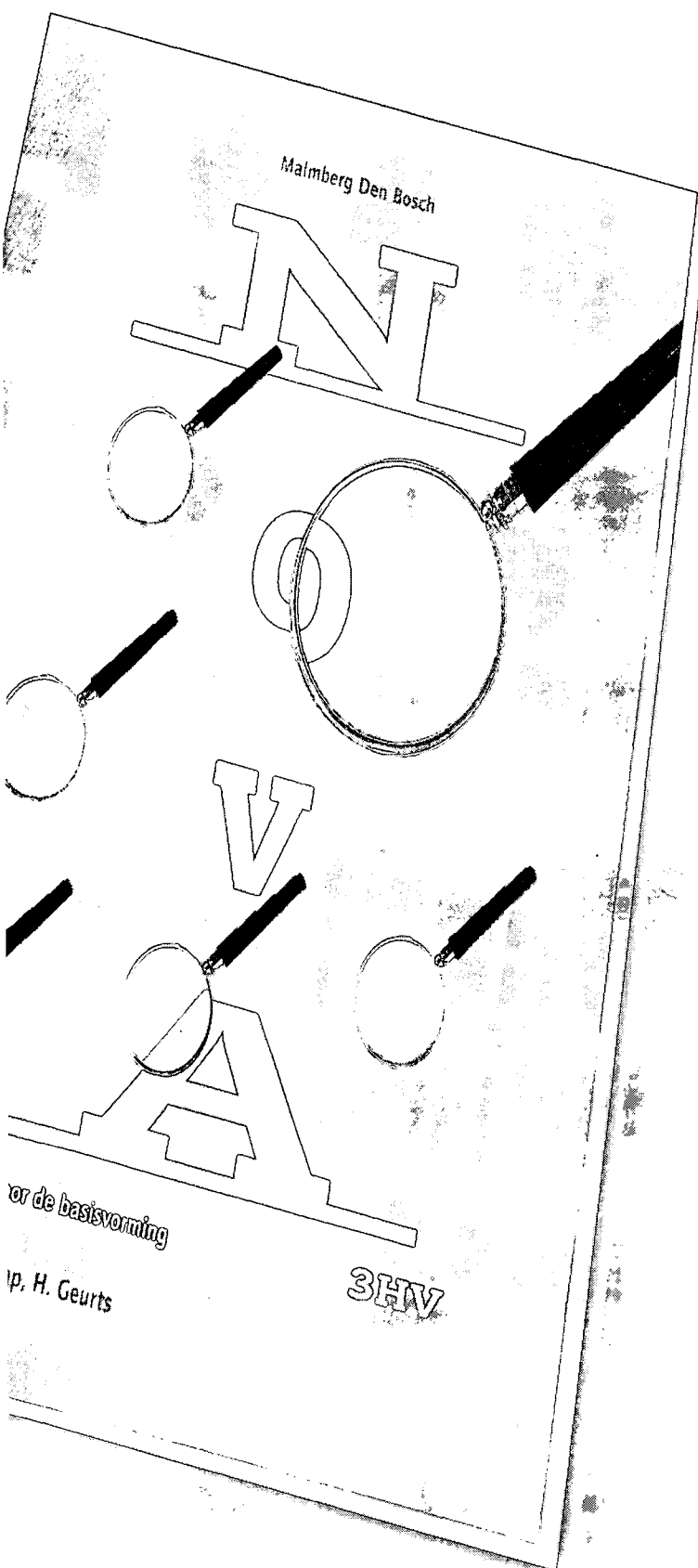


Maak uw methode interactief



www.nijghversluys.nl
tel.: 035-5482470
voorlichter: Ernst Scholten
tel.: 035 - 5482263
escholten@nijghversluys.nl

Nova: succes verzekerd



Nova, de natuur-/scheikundemethode voor basisvorming en vmbo, is een succes! Het aantal gebruikers is in vrij korte tijd explosief gegroeid en – nog belangrijker – de docenten én leerlingen die met Nova werken, zijn erg enthousiast.

Geschikt voor alle leerlingen

De drie edities sluiten vakinhoudelijk en qua taalgebruik goed aan op de verschillende niveaus van individuele leerlingen. Daarnaast draagt ook de aantrekkelijke lay-out bij aan een succesvolle formule voor jongeren van deze tijd.

Zelfstandig op weg

Binnen een editie volgt de leerling zijn eigen route. Door de heldere structuur en het overzichtelijke werkboek met duidelijke practica kan hij zelfstandig met de methode aan de slag. En met de diagnostische toetsen op de leerlingen-cd-rom kunnen de leerlingen hun eigen leerprestaties controleren.

Voor meer informatie en/of een beoordelings-exemplaar:

Uitgeverij Malmberg

Postbus 308 - 5201 AH 's-Hertogenbosch

T (073) 6 288 766

E voorlichting.vo@malmberg.nl

I www.nova-malmberg.nl

GEWOON

... en GOED. PHASER automatisering. Een rechttoe, rechtaan automatiseringsbedrijf dat complete oplossingen biedt. Gedreven en enthousiast vanuit persoonlijk karakter. Voor klanttevredenheid en scherpe tarieven moet alles wijken. Zonder ophef want we doen liever gewoon.

- PHASER is een landelijke, allround automatiseerder met als voornaamste doelgroep het onderwijs. U kunt bij ons terecht voor heldere adviezen op maat, voor de aanschaf van hard- en software, voor cursussen en trainingen, voor detachering van deskundigen en voor een uitgebreide after sales ondersteuning. Van installatie en onderhoud tot beheer.
- Sterke basis
PHASER maakt deel uit van Paradigit Computers. Eén van Nederlands grootste onafhankelijke computerfabrikanten. Vraag onze brochure aan voor meer informatie of bel voor een afspraak. Wij komen graag, vrijblijvend, kennismaken.

- Arnhem
- Amersfoort
- Deventer
- Eindhoven
- Maastricht
- Utrecht
- Wageningen

PHASER automatisering

is een onderdeel van Paradigit Computers B.V.

Hoevenweg 9
5652 AW Eindhoven
Tel.: +31 (0)40 242 30 77

E-mail: info@phaser.nl
www.PHASER.nl
www.Paradigit.nl





Mededeling voor
makers van een
profielwerkstuk

Holiday on ice: de meerwaarde van je profielwerkstuk

win

Eén van de leuke elementen van je profielwerkstuk is dat er prijzen mee te winnen zijn. Vijf universiteiten in Nederland dagen je uit om jouw profielwerkstuk N&T of N&G in te zenden en zo mee te dingen naar de prijs die zij uitloven voor de tien makers van de beste profielwerkstukken: **een expeditie IJsland.**

Je profielwerkstuk moet dan wel iets met de aarde te maken hebben. Want de prijs gaat uit van de gezamenlijke opleidingen Aardwetenschappen in Nederland.

inspiratie

Juist als je één van de natuurprofielen gekozen hebt is het maken van een aardeprofielwerkstuk helemaal niet ingewikkeld. Eerder uitdagend omdat de keus aan onderwerpen enorm is. Aardwetenschappers passen namelijk exacte vakken toe bij de bestudering van processen op, in, om en onder de aarde.

Op **www.aarde.nu** vind je een greep uit de talrijke onderwerpen die aardwetenschappers met allerlei achtergronden bijeen brachten. Deze onderwerpen geven je aanwijzingen voor de uitwerking tot een profielwerkstuk compleet met achtergrondinfo. Goed te gebruiken als inspiratiebron! Je mag natuurlijk ook uit je eigen inspiratie putten. **Je vakdocent** kan tot slot bij ieder onderwerp verrijkingstof en exo-ideeën aanvragen.

meedoen

Tot 21 april 2002 kun je jouw profielwerkstuk insturen om mee te dingen naar die expeditie IJsland. Op www.aarde.nu staat het adres en het complete wedstrijdreglement.

dus:

Aan de slag! Experimenteer met aarde-theorie. En wie weet tot in IJsland.

Dit laat je niet koud!



aardwetenschappen

www.aarde.nu





Werkstukpakketten

Experimenteel Onderzoek

VWO-Ardenennexcursie

Gastlessen



Lespakketten Tweede Fase

Proefcolleges

Meeloopdagen

Experimenteerkoffers

Techniek & Geowetenschappen in de klas!!



EEN BREED AANBOD VOOR 3, 4, 5 EN 6 VWO
OPLEIDINGEN TECHNISCHE AARDWETENSCHAPPEN EN GEODESIE/TU DELFT

www.ta.tudelft.nl/pr (voor werkstuk, exo, spreekbeurt)

Email: Wereldstudie@ta.tudelft.nl

Telefoon (015) 278 3277/2586

Stuur voor een informatiepakket onderstaande bon
(zonder postzegel naar)

TU Delft/TA

Antwoordnummer 10191

2600 VB Delft

(of verstuur uw aanvraag via e-mail)



• **AANVRAAGBON**

- Naam
- Voorletters
- Adres
- Postcode en plaats
- Naam school
- Plaats school
- Functie
- Opmerkingen