

**WOUDSCHOTEN**

**'90**

**1965**  
**1990**  
**2015**

**in het  
natuurkunde-  
onderwijs**



# Voorwoord

Een jubileumconferentie: het 40-jarige bestaan van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek en de 25e Woudschotenconferentie. Een overzichtskonferentie zou het moeten zijn, een terugblik naar het verleden en een vooruitkijken naar de toekomst met het heden als referentiepunt. Reflecteren op ontwikkelingen in practicum, schoolboeken, vakdidactiek, taak van de leraar etc.

Is er eigenlijk veel veranderd in de laatste 25 jaar? Ik herinner mij mijn eigen natuurkundelessen op een rooms Katholieke patersschool in Venlo. Practicum was er niet, soms wel eens een demonstratieproef. Verder lag mijn leraar meestal in zijn favoriete houding: de stoel leunend op de achterpoten en de voeten op tafel. Zo dicteerde hij ons, brave leerlingen, een heel boek. Daaruit leerden wij dan natuurkunde. Ons natuurkundeboek, Houdijk, staat nu nog ongebruikt in mijn boekenkast.

Vijfentwintig jaar later ben ik zelf natuurkundeleraar. Ik werk met PLON. Nogal een verschil, dacht ik altijd. Op de conferentie sprak ik een aantal collega's die daar heel anders over dachten en nu twijfel ik. Is er wel zo veel veranderd in de gemiddelde natuurkundeles? De conferentie geeft wel een beeld van ingrijpende veranderingen op velerlei terrein, maar we weten niet hoe het er in het algemeen in een natuurkundeles aan toe gaat. Hoe zit het met de lessen van die meerderheid van docenten die geen enkele bijscholingscursus bezoekt? Nu alle boeken vernieuwd worden geeft het marktaandeel van de verschillende methodes misschien enig inzicht. Ik ben benieuwd of Middelink zijn koppositie handhaaft. Hij ook, denk ik.

Uit de evaluatie van de conferentie bleek dat de deelnemers tevreden waren. Ook het bezoekersaantal was hoog, kortom, het bestuur is weer gelukkig. Nou, is dat weer wat al te optimistisch. De markt is ons zorgenkindje. Iedereen moppert maar dat er tegenwoordig alleen nog maar firma's en uitgeverij komen. Dat dat wel aardig is maar waar zijn al die leraren met die leuke proefjes? Kan het bestuur daar nou niet eens wat aan doen? Nee, dat kan het bestuur niet. Wij hebben alles geprobeerd wat wij kunnen bedenken. Zouden leraren tegenwoordig te saai zijn om nog wat leuk te be-

denken? Of te druk? Of is alles al bedacht? Of durven ze niet meer? Wij weten het niet.

De daad is verder aan U. Iedereen heeft wel wat aardigs; neem dat nou eens mee en zet het op een tafel met een briefje erbij.

Het bestuur dankt allen die op een of andere wijze bijgedragen hebben aan het welslagen van de conferentie: werkgroepvoerders, lezinghouders, voorzitter, technici, fotograaf en de vele mensen die achter de schermen hard aan de conferentie hebben gewerkt.

En zij werkt noest door aan de voorbereidingen van de volgende conferentie, zij het zonder ondergetekende. Ook voor mij was het een jubileumconferentie, de tiende waarvan ik in het bestuur meewerkte. Het is wel mooi geweest.

P. Verhagen  
secretaris WND



# Inhoud



Voorwoord	1	8. Rekenmodellen in de kinematica; ervaringen met gebruik van NEMO in 4-VWO <i>J.W. Drijver</i>	82
Inhoud	3	9. Flitsjes <i>I. Frederik</i>	84
Programma	5	10. Invoeren van techniek op een HAVO/VWO-school <i>R.P. Frederik</i>	85
 		11. Natuur- en scheikunde geïntegreerd in heterogene groepen, kan dat? <i>R. Genseberger</i>	87
Lezingen		12. Eigen experimenteel onderzoek (EXO) in 6-VWO <i>R. van Haren</i>	88
De bedoeling van het natuurkunde-onderwijs. <i>Prof.dr. E. Boeker</i>	11	13. De mogelijkheden en ontwikkelingen van Multi-Media <i>F. Havekes</i>	91
Onderwijs in heterogene groepen: vooroordelen, illusies en werkelijkheid. <i>Dr. H. Bonset</i>	19	14. Beoordeling open onderzoek <i>K. Hellingman</i>	92
Wie maakt er nou van een mug een olifant? <i>R. Hablé</i>	27	15. Toetshulp <i>J. Hendricx</i>	93
Better science for both girls and boys: teaching strategies in science education <i>Doris Jorde, Ph.D.</i>	33	16. Natuurkunde overall <i>P. Hogenbirk, A. de Jager &amp; K. Walstra</i>	94
Naar een nieuw schoolconcept voor de jaren negentig <i>Prof.dr. N.A.J. Lagerweij</i>	37	17. Invoering nieuwe programma's <i>F. Jansen &amp; J. Tromp</i>	97
De rol van het practicum. <i>G. Verkerk</i>	41	18. Examenvragen in context <i>H. Joosten</i>	99
Op zoek naar het beste boek. <i>P. Wippoo</i>	45	19. Hoe kan natuurwetenschap op school relevanter voor meisjes én jongens: McClintock strategieën voor gebruik in de klas <i>J. Klaus, E. van Swieten &amp; M. Man in 't Veld</i>	102
 		20. Natuur- en scheikunde in de basisvorming <i>R.J. de Kievit</i>	104
Minnaertprijs	51	21. Radioactiviteit in de onderbouw <i>K. Klaassen, W. Moerman &amp; C. Janssen</i>	106
WND-aanmoedigingsprijs	53	22. Verkeerseducatie in het voortgezet onderwijs <i>R. Knoppert</i>	109
 		23. Energie in klas 4: een alternatieve aanpak <i>P. Licht</i>	110
Werkgroepen		24. Modelleren met de computer zonder computer <i>A. Moes</i>	111
1. McClintock in de klas: Stroomsterkte en spanning spelenderwijs <i>A. Alting &amp; R. Bouwens</i>	57	25. Meten met de Jacobsstof <i>H. Mulder</i>	112
2. Fysische informatica <i>C. de Beurs</i>	58	26. IP-Coach 3.0 <i>C. Neuvel</i>	114
3. Wat gebeurt er als de TL-verlichting wordt aangedaan? <i>M. Bollen &amp; R. Hablé</i>	62	27. Een andere rol <i>J. van Rooijen</i>	115
4. Kunnen we onze leerlingen stapsgewijs opleiden tot een open onderzoek? <i>P. Claassen &amp; R. Bouwens</i>	70	28. Basisvorming natuur- en scheikunde <i>J. Schipper</i>	116
5. Hoe helpen we leerlingen op het juiste idee te komen? <i>M. Cornelisse &amp; F. de Mink</i>	73	29. Het eventuele nut van cognitieve psychologie voor het structureren van natuurkunde-onderwijs <i>G. Schutte</i>	117
6. Energiebeheer op school als onderzoeksproject <i>P. Dirkson</i>	78	30. Sterrenkunde in/buiten de les <i>J. Snoeks &amp; H. Vunderink</i>	120
7. Natuurkundig didactisch werk aan weerszijden van de Noordzee <i>H.M.C. Eijkelhof &amp; R. Drijver</i>	80		

31. Aandacht voor het oplossen van vraagstukken in de bovenbouw <i>R. Taconis</i>	124
32. Kinetische energie of bewegingsenergie? <i>T. v.d. Valk</i>	127
33. Differentiërend materiaal voor ibo/lbo(/mavo)-leerlingen: zorgbreedte natuur/scheikunde via natuuronderwijs <i>B. Verwijmeren</i>	128
34. Experimenteren en modelleren met de computer <i>A. Schaper &amp; W. Vriend</i>	129
Woudschoten aan zee	137
Markt	169
Evaluatie	171
Lijst van deelnemers	173

# Programma 25e "Woudschoten" Conferentie

## *Vrijdag 14 december*

13.30 - 14.40	Ontvangst
14.40 - 14.50	Opening van de conferentie door de voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek <b>Dr.Th.Wubbels</b>
14.50 - 15.05	Informatie over de conferentie door de voorzitter van de conferentie <b>Prof.dr.H.P.Hooymayers</b> Uitreiking aanmoedigingsprijs
15.05 - 15.55	Lezing door <b>Prof.dr.N.A.J.Lagerweij</b> (R.U.Utrecht), getiteld: Naar de school van morgen?
15.55 - 16.25	<i>Thee</i>
16.25 - 17.15	Keuze uit drie lezingen - <b>Dr.H.Bonset</b> - <b>Dr.D.Jorde</b> - <b>Dr.G.Verkerk</b>
17.20 - 17.50	Aperitief
18.00 - 19.15	<i>Diner</i>
19.30 - 21.00	Werkgroepen
vanaf 19.30	Markt
vanaf 19.45	Bar open

**Zaterdag 15 december**

<b>7.45 - 8.45</b>	Ontbijt
<b>8.55 - 9.05</b>	Uitreiking extra Minnaertprijs (t.g.v. 40-jarig bestaan Werkgroep Natuurkunde Didactiek)
<b>9.05 - 9.50</b>	Lezing door <b>Prof.dr.R.Driver</b> (Universiteit Leeds, Engeland), getiteld: Old agendas and new horizons; how research in science education can inform teaching
<b>9.55 - 10.45</b>	Keuze uit drie lezingen: - <b>Prof.dr.E.Boecker</b> - <b>Drs.R.Hablé</b> - <b>Drs.P.Wippoo</b>
<b>10.45 - 11.10</b>	Koffie
<b>11.10 - 12.35</b>	Werkgroepen
<b>12.40 - 13.35</b>	Lunch
<b>13.35 - .....</b>	De afsluiting omvat een overzicht van buitenexperimenten. Deze experimenten zijn opgesteld op het strand bij Langevelder Slag. Tijdens een excursie over het strand zijn er experimenten te zien, zoals: . raketten . vliegers . afstandsbepaling . golven e.d.







# Lezingen



# De bedoeling van het Natuurkunde Onderwijs

*Prof.dr. E. Boeker*



## 1. Inleiding

In de vooraankondiging van deze voordracht schreef ik, dat drie elementen een rol spelen bij onze motivatie om natuurkunde onderwijs te geven:

- a. natuurkunde is een geweldig boeiend vak en bepaalt ons wereldbeeld-het culturele aspect
- b. natuurkunde heeft veel technische toepassingen, die op zich ook heel interessant zijn-het economische of technologische aspect
- c. vanwege deze beide aspecten heeft de natuurkunde grote importantie voor de maatschappelijke ontwikkelingen en de inrichting van de samenleving; de burger zal hierop invloed dienen uit te oefenen-het democratische aspect.

Natuurkunde is een oud vak. Reeds de vorige eeuw werd op het gymnasium en de HBS onderwijs in de natuurkunde gegeven en in de 20e eeuw buigen commissies zich met de regelmaat van de klok over verbetering en modernisering van dit onderwijs. Later, in paragraaf 4 zal ik nagaan hoe de drie bovengenoemde aspecten zijn te herkennen in de documenten van de commissies. Laat ik de commissies even opsommen:

1. Commissie-Fokker, 1928, rapport aan de NNV (ref.1)
2. Commissie-Grootmuller, 1938, rapport aan NNV en Velines (ref.2)
3. Commissie-Houdijk, 1948, rapport aan Velines (ref.3)
4. Commissie-Rekvelde, 1966, rapport aan Velines over havo (ref.4) en vwo (ref.5)
5. Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde, CMLN, 1974, rapport aan de Minister van Onderwijs over mavo (ref.6), havo (ref.7) en vwo (ref.8)
6. Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde, WEN, 1988, rapport aan de Minister van Onderwijs over vwo en havo (ref.9)
7. Eindtermen Natuur- en Scheikunde, 1988, rapport aan de Minister van Onderwijs over de basisvorming van het voortgezet onderwijs (ref.10).

Men kan hieruit aflezen, dat zo'n iedere tien jaar er een rapport verschijnt, wat betekent dat op het moment dat de voorgestelde verbeteringen langzamerhand in het veld zijn

doorgevoerd een nieuw rapport zal worden geproduceerd. Een leraar natuurkunde zal in zijn beroepsleven dus 4 grote veranderingen meemaken en voor wie dat te vermoeiend vindt is er maar één uitweg: zelf in een commissie gaan zitten, dan kun je althans meepraten.

Interessanter is de verschuiving die optreedt in de geadresseerde van de rapporten. Was dat eerst de beroepsvereniging van alle natuurkundigen, de NNV, al gauw werd Velines (Vereniging van leraren in Natuurkunde en Scheikunde), de voorloper van NVON (Nederlandse Vereniging van Onderwijsgelovenden in de Natuurwetenschappen) er bij betrokken. Misschien is dit een aanwijzing dat de academische en industriële natuurkunde van de NNV zich verwijderde van het middelbare-onderwijs veld. De rapporten van na de Tweede Wereldoorlog werden uitgebracht aan de Minister, die voor het onderwijs verantwoordelijk was, een indicatie dat de overheid zich realiseerde hoe belangrijk het kennisniveau van de bevolking was voor de economische ontwikkeling: het tweede aspect dat hierboven werd opgevoerd.

Deze observatie is niet onbelangrijk. Hoewel de commissies steeds zijn samengesteld uit het onderwijsveld natuurkunde, is het voor de formulering van het rapport van betekenis wie de geadresseerde is. In rapporten aan de overheid bijvoorbeeld zal het belang van de natuurkunde worden benadrukt en de noodzaak om voldoende uren aan dit vak te besteden, ten einde economisch niet aan de grond te raken. En in tijden dat burgerparticipatie aan besluitvorming van belang wordt geacht zal men in rapporten verwijzingen verwachten naar dit aspect van het onderwijs. In 'no-nonsense' tijden zal dit accent weer afnemen, zo zou men verwachten.

De organisatie heeft mij gevraagd te spreken over de ontwikkeling in de doelstellingen van het natuurkunde onderwijs. Ik heb daarvan gemaakt "de bedoeling" van dit onderwijs omdat daarin zowel het doel alsook de zingeving van het onderwijs doorklinkt. Bovendien vind ik deze titel wat minder pretentieus. Ik kan dan wat gemakkelijker spreken

vanuit eigen ervaring en vanuit eigen intenties en onmiddellijk toegeven dat ik niet de hele internationale literatuur over dit onderwerp heb bestudeerd.

De meeste documenten over doelstellingen van het Natuurkunde Onderwijs verwijzen terug, expliciet of impliciet naar het rapport van de commissie-Fokker uit 1928. Vandaar dat het zinvol is de samenvatting van deze commissie te citeren, waarbij alleen wat wit tussen de zinnen is aangebracht ter wille van de overzichtelijkheid:

*Het doel van het onderwijs in de natuurkunde bestaat in het aanbrengen van kennis der voornaamste natuurkundige verschijnselen en der wetten, waardoor zij worden beheerst*

*op een wijze die uit de proefondervindelijke waarneming opklimt tot het natuurkundig begrip, om de uit zulk een begrip volgende conclusies wederom aan het experiment te toetsen*

*zodat de leerling ervaart hoe natuurkennis wordt verkregen en is verkregen.*

*Het moet leiden tot kennis van de belangrijkste theorieën,*

*bekendheid met de voornaamste toepassingen der natuurkunde in het dagelijks leven en in de techniek*

*en inzicht in de historische ontwikkeling van enkele problemen.*

Hierna zal ik in par. 2 eerst aangeven hoe het rapport-Fokker voortborduurde op een aantal oude denkbeelden en daarna dat het de bedoeling van de natuurkunde ietwat onderbelicht (par.3). In par. 4. bespreek ik bovengenoemde rapporten voor zoverre ze iets zeggen over doelstellingen; het WEN rapport blijkt me dan wel aan te spreken. In par. 5 geef ik een voorlopige balans waaruit blijkt dat een analyse van de wereld waarin we leven slechts fragmentarisch aan de orde te komt. Vandaar dat in par. 6 de analyse van de hoofdredacteur van het Engelse blad The New Scientist wordt besproken en gevraagd wat we daaraan hebben. In par. 7 sluit ik daarbij aan met enige beschouwingen over Europa en in par. 8 rond ik af met enkele opmerkingen over het natuurkunde onderwijs in het jaar 2015, het eind van de tijdsspanne, waarop de conferentie betrekking heeft.

## **2. De methode van de natuurkunde**

In de meeste rapporten wordt expliciet of impliciet verwezen naar de verworvenheden der natuurkunde, waarbij men het oog heeft op de natuurwetenschappelijke methode als middel tot kennisverwerving (zie-Fokker) en de technische toepassingen.

Als we terug gaan in de geschiedenis, naar de periode 1600-1700 waarin de moderne natuurkunde werd geboren, dan herkennen we deze elementen inderdaad. Francis Bacon bijvoorbeeld toont op het vignet van zijn boek Novum Organum - een verwijzing naar Organum, de bundeling van de logische geschriften van Aristoteles - de zuilen van Hercules: het einde van de Oude Wereld en het begin van de nieuwe (ref. 11). In zijn invloedrijke werk betoogt hij hoe de empirische methode en een versterking van de band

tussen natuurwetenschap en techniek zal leiden tot een veelheid van nuttige toepassingen. Daarvoor was een organisatie nodig van samenwerkende geleerden, die door onderlinge taakverdeling systematisch nieuwe kennis zouden verwerven- door Bacon beschreven in New Atlantis. De Engelse Royal Society, opgericht in 1662, zag zich als een verwezenlijking van zulk een organisatie.

Iets idealistischer nog was de Duitse geestelijke Andreae, die een driehoekig eiland beschreef met als hoofdstad het dorp van de vrede. De hoofdpersoon van zijn boek Christianopolis (ref. 12) leidt schipbreuk op het eiland en wordt geëxamineerd op zijn kennis van instrumenten en van de beweging der hemellichamen voordat hij in de stad wordt rondgeleid. De modernste theorieën worden onderwezen (het Copernicaanse stelsel) aan jongens en meisjes beiden (!); een kwart van de stad wordt ingenomen door laboratoria en de muren van de stad waren bedekt met leerzame natuurwetenschappelijke voorstellingen. Kom daar nu eens om in onze steden vol graffiti. Het doel van de wetenschap was het oplossen van praktische problemen en het verlichten van de zware lichamelijke arbeid.

Het rapport-Fokker geeft in kort bestek een aanvaardbare samenvatting van de natuurwetenschappelijke methode, maar zegt in de eerder geciteerde definitie weinig over de bedoeling van het onderwijs behalve dan het nut van de toepassingen. In de ondersteunende tekst doet de commissie dat wel en wijst op de vormende kracht, die van de natuurkunde uitgaat, de scholing tot opmerkingsgave en de oefening in objectieve beschouwing der gegevens. Het rapport zegt echter weinig over de lol van het vak.

## **3. Vreugde in de natuurkunde**

Mensen als Bacon en Andreae schreven over de natuurkunde en beoefenden het vak niet echt. Geen wonder, dat de toepassingen dan op de voorgrond treden. De meeste lezers, en stellig de bezoekers van de Woudschoten conferentie, hebben echter ooit gekozen een natuurkunde opleiding te volgen, niet vanwege de toepassingen en evenmin om later les te gaan geven, maar vanwege het vak zelf.

Het rapport-Fokker is daar nogal droog over: "de taak der fysische wetenschap is de dingen en processen in deze fysische wereld waar te nemen, als feiten uit de grote chaos der verschijnselen te isoleren". Natuurkunde lijkt dan op het schrijven van 100 strafregels. Zo droog is ons vak niet. De meeste natuurkundigen, grote en kleine, worden in hun werk gemotiveerd door de aandrift de natuur wezenlijk te begrijpen. Ze werken lange dagen om een experiment te doen slagen of iets van de wereld in een theorie te vatten.

Mensen uit vorige eeuwen waren daarbij vaak religieus gemotiveerd. Kepler ging net zo lang door met het rangschikken van de metingen van Tycho Brahe tot hij de regelmaat van de ellipsbanen vond en de vastheid van de perkenwet. Hij was niet bereid te sjoemelen met de meetgegevens omdat hij de waarheid wilde weten. En toen hij na 20 jaar verder zoeken naar regelmaat tussen de planeetbanen onderling zijn 3e wet vond (het kwadraat van de omlooptijd evenredig met de derde macht van de gemiddelde afstand tot de zon) schreef hij een hymne die Hooykaas ooit de 151e psalm noemde.

Hoewel de expliciet religieuze motivatie thans goeddeels verdwenen is, leidt het geen twijfel, dat de dorst naar echte kennis van de natuur, betrouwbare kennis, reproduceerbare kennis nog steeds een sterke bron van motivatie is.

Dit blijkt - ter zijde- ook uit de belangstelling die het grote publiek heeft voor onderwerpen uit de sterrenkunde en de kosmologie. Lezingen over het ontstaan van het heelal, over de eerste drie minuten, over zwarte gaten en over het ontstaan en het vergaan van sterrenstelsels trekken veel belangstelling. En zelfs de belastingbetaler heeft veel geld over voor waarschijnlijk nooit toepasbare kennis over quarks, verkregen met kostbare versnellers.

Naast dit grote is er ook het kleine. Iedere bezoeker van de Woudschoten conferenties kent het genot van het bijwonen van een fysische demonstratie waarmee een nieuw aspect van een bekend verschijnsel wordt belicht. Of beter nog, het genoeg zelf iets te ontdekken, dat misschien al lang bekend is, maar het eigen fysisch inzicht vergroot.

Het rapport-Fokker schrijft dat het ons voor de natuurkunde weinig interesseert of aan de buitenwereld in filosofische zin een reële betekenis toekomt, en welke die moge zijn. Het lijkt mij buiten kijf dat voor fysici zelf de fysica wel degelijk te maken heeft met de wereld waarin wij leven.

Een gevolg hiervan is voor natuurwetenschappelijk geschoolden een ontmythologisering van het wereldbeeld. De hemellichamen bewegen volgens de wetten van Newton en zullen ons leven niet beïnvloeden. Bliksem en donder zijn gevolgen van elektrische ontlading; wij hoeven ons daardoor niet te laten intimideren. Allerlei soorten bijgeloof en magie verliezen hun grond met het verdwijnen van de geheimzinnigheid achter de natuurverschijnselen. Tvenaars en waarzeggers kunnen de mens niet langer manipuleren.

In kort kan men zeggen, dat de natuurkunde - of natuurwetenschap - de mens heeft bevrijd, zowel van harde lichamelijke arbeid als van de vrees voor demonen. De mens kan zijn toekomst in eigen hand nemen. Misschien is deze 'bevrijding' wel de bedoeling van de natuurkunde en daarmee van het onderwijs in ons vak. Aan het eind van mijn stukje zal ik wat kanttekeningen plaatsen bij deze redenering (13). Eerst bespreken we de eerder opgesomde rapporten over het Natuurkunde Onderwijs.

#### **4. De doelen van het natuurkunde onderwijs volgens de rapporten**

**cie-Fokker (1928)**

Het rapport-Fokker (ref. 1) is hierboven reeds uitvoerig besproken. De door mij geplaatste kritische kanttekeningen doen niets af aan de waardering voor dit rapport, waar uitvoeriger en grondiger dan later is geprobeerd de essentie van de natuurkunde te formuleren.

Als men het rapport leest is duidelijk, dat in 1928 de culturele factor (mijn aspect a.) verreweg de belangrijkste wordt gevonden. De toepassingen staan op de tweede rang (mijn aspect b.). Interessant is, dat aspect c. reeds wordt aangeduid. Het rapport schrijft, dat men van mening kan verschillen over de vraag of men de invloeden van de natuurkunde op het economisch leven en op de mentaliteit van het mens-

dom in de les moet bespreken. Hoewel dit geen positief advies is, wordt de optie hier terdege open gelaten.

Ik kan het niet laten nog te wijzen op een van de motieven, die de commissie geeft voor het af en toe behandelen van een historische lijn in de les: dat kan de leerling vervullen met eerbied voor het onderzoek en voor de onderzoeker. Als onderzoeker spreekt mij dit zeer aan, maar ik moet zeggen dat ik dit (neven) doel niet meer in de latere documenten ben tegen gekomen.

**Cie-Groosmuller (1937)**

Deze commissie komt niet verder dan het geven van berekeneerde leerstoflijsten en examenstof.

**Cie-Houdijk (1948)**

Deze commissie onderschrijft nadrukkelijk de beschouwingen van de cie-Fokker, maar wijst op de door de Tweede Wereldoorlog gewijzigde maatschappelijke omstandigheden. Door de atoombom, zo schrijft de commissie, is de betekenis van de natuurkunde werkelijk spectaculair duidelijk geworden en in brede lagen van de bevolking gevoeld. De wereld staat (misschien) wel voor een nieuw tijdperk.

Wat Nederland betreft, aldus de commissie is (door de overheid) gekozen voor industrialisatie. Naast een toenemend aantal natuurkundigen en ingenieurs zal men in tal van beroepen te maken krijgen met natuurkundige begrippen. De commissie noemt hier onder andere juristen en predikanten. Zij moeten op het (toenmalige) V.H.M.O. (Voorbereidend Hoger en Middelbaar Onderwijs) genoeg natuurkundige bagage meekrijgen om later goed te kunnen functioneren. Een pleidooi dus voor een brede natuurkundige basisvorming.

Het culturele aspect (a) van de natuurkunde is even sterk aangezet als bij de commissie-Fokker. Toegevoegd wordt dat leerlingen natuurwetten moeten zien als benaderingen der werkelijkheid, waarbij de natuurkunde geen afgesloten terrein is, zodat de natuurwetten een beperkte geldigheid bezitten- ze zijn immers samenvatting van experimenten met een beperkte geldigheid. Hier weerspiegelt zich de opkomst van de Quantum Mechanica tussen 1928 en 1948.

Het toegepaste aspect (b) komt, zoals aangegeven, vrij sterk naar voren. Aspect (c), het democratische, komt op zijn best zeer indirect uit de verf, waar gezegd wordt dat veel beroepsbeoefenaars iets van de natuurkunde moeten weten.

**Cie-Rekveid (1966)**

Hier worden slechts enkele regels gewijd aan de doelstellingen van het natuurkunde onderwijs. Voorzover er iets wordt gezegd kan men iets van het culturele herkennen in de aan het Natuurkunde Onderwijs toegeschreven 'vormende' waarde.

**CMLN (1974)**

De Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde schreef afzonderlijke rapporten over mavo, havo en vwo. In het eerste rapport schrijft ze het meeste over het onderwijs zelf. Dit is bovendien het interessantste, omdat het gaat om een zeer brede groep leerlingen voor wie natuurkunde vaak eindonderwijs zal zijn.

De commissie gebruikt het woord doelstellingen voor wat wij eindtermen zouden noemen, maar er is voldoende over doelen uit af te leiden. Het is uitdrukkelijk de bedoeling dat de leerlingen (punt 3.8 van het rapport) 'enig inzicht krijgen in de betekenis van de verworvenheden der natuurwetenschappen (N.B. breder dan natuurkunde alleen, EB) voor de cultuur en de samenleving van deze tijd'. Het culturele aspect (a) is daarmee in de formuleringen aanwezig; elders vindt men elementen van de fysische methode terug en aandacht voor de benaderende waarde van fysische modellen. De strekking van het rapport komt voor wat betreft aspect (a) overeen met de cie-Houdijk uit 1948.

Interessant is de toelichting op punt 3.8 uit het mavo-rapport van de CMLN. Zonder het met zoveel woorden te zeggen behelst het een uitwerking van het begrip 'verworvenheden' van de natuurwetenschappen. Er wordt gezegd, dat het ingrijpen van de mens zowel veel positieve als negatieve kanten heeft gehad. Aan de positieve kant scoren de communicatie-technieken, energievoorziening en het verdwijnen van veel ziekten. Aan de negatieve kant staan oorlog en milieu vervuiling.

De CMLN meent, dat de leerling op beide kanten van de zaak moet worden gewezen, maar is zeer bevreesd de negatieve kanten te benadrukken. Men voorziet dat dan de leerlingen zich van de natuurwetenschap zullen afkeren waardoor de aarde onbewoonbaar zal worden. Integendeel, het onderwijs zal verbreed moeten worden, opdat politici (dank zij hun brede vooropleiding) de juiste beslissingen kunnen nemen over zaken van wetenschap en techniek.

Aspect (c), de democratische besluitvorming, komt hier al een beetje om de hoek kijken. De CMLN schrijft als gevolg op bovenstaande discussie, dat het onderwijs de opdracht heeft 'informatie te bieden op basis waarvan de jonge mensen zich een mening kunnen vormen over de rol van de natuurwetenschappen in de wereld van morgen'.

De toon van de CMLN is nogal defensief. Dat zal wel passen in de periode van de jaren '70, waarin de Groenen (onder andere namen) opkwamen en natuurwetenschap en techniek in diskrediet raakten. Interessant is, dat in het wvo-rapport de mogelijkheid van keuze-onderwerpen (twee van 15 lessen) werd opgenomen. Dat had de bedoeling om nieuwe natuurkunde onderwerpen uit te proberen. Ik vind het achteraf gezien amusant, dat dit de mogelijkheid heeft geopend om 'Natuurkunde en Samenleving' in het lespakket op te nemen. Dit boekje (14) probeerde een evenwichtige beoordeling te geven van de natuurkunde en was stellig minder juichend dan de CMLN graag had gezien.

In de CMLN rapporten mis ik het meeste aspect (b), de toepassingen. Misschien is dit toe te schrijven aan het feit, dat de meeste negatieve aspecten van de natuurwetenschappen via de toepassingen naar buiten komen. Deze kritiek doet overigens niets af aan de verdienste van de CMLN haar opvattingen over de natuurkunde expliciet neer te schrijven.

WEN (1988)

In het hoofdstuk, dat het WEN rapport schrijft over doelstellingen kan men de 3 aspecten (a), (b) en (c) gemakkelijk

terug vinden. De culturele factor (a) komt naar voren in kennis van de natuurkunde en van de natuurkundige methode; de technische toepassingen (b) worden uitdrukkelijk genoemd en de democratische besluitvorming (c) kan men herkennen in de doelstelling 'voorbereiding op bewust burgerschap'.

Dit laatste wordt uitgewerkt in termen als 'weerbaarheid in een technische omgeving' en 'kritische instelling t.a.v. maatschappelijke problemen met fysische en technische aspecten'. Belangrijk is ook de passage, waarin WEN schrijft dat de leerling een meer realistisch beeld moet krijgen van de natuurkunde. Met name moet hij/zij de beperkte mogelijkheden leren zien van de natuurkunde bij het oplossen van belangrijke maatschappelijke problemen. Ik onderschrijf van harte deze visie, dat bij het 'oplossen' van die problemen kennelijk een grote maatschappelijke component behoort. De keerzijde, waar WEN niet op in gaat is dan wel dat de verantwoordelijkheid van de natuurkunde voor het ontstaan van de problemen weliswaar beperkt is, maar niet geheel afwezig.

Ik heb me afgevraagd waarom WEN niet nadrukkelijk schrijft dat de leerling voorbereid moet worden op deelnemen aan democratische besluitvorming over zaken van wetenschap en techniek. Durfde men dat niet aan of is het een vanzelfsprekendheid? Ik ben er niet helemaal gerust op, maar ik vergeef het WEN graag.

De grote verdienste van WEN is immers de aandacht voor natuurkunde in context. Dit lijkt mij een noodzakelijke voorwaarde om verstandig mee te doen aan besluitvorming; het zal ook stellig bijdragen tot een realistisch beeld van het vak, waarmee die besluitvorming evenzeer is gediend.

Mijn verhandeling gaat niet over didactiek. Bij de vergelijking van WEN en CMLN is mij echter opgevallen, dat de CMLN niet voelt voor de behandeling van natuurkunde 'in het vrije veld, dus buiten de deur, omdat de leerling daar te vaak te emotioneel bij betrokken is. Kennelijk denkt men dat gevoelens slecht zijn voor natuurkunde onderwijs. Ik had het gepast gevonden als de WEN daarop had gereageerd.

Eindtermen commissie Natuur- en Scheikunde (1988)  
Deze commissie bespreekt de eindtermen van de basisvorming en geeft daarmee aan wat alle leerlingen van het voortgezet onderwijs van natuurkunde en scheikunde dienen te weten. De inhoud van het rapport spoort op de 3 aspecten (a), (b) en (c) met WEN, wat niet te verwonderen is, omdat ze in dezelfde periode zijn ontstaan. Ook hier leest men termen als weerbaarheid, een kritische instelling en het verwerven van eigen standpunten. Ook hier staan positieve opmerkingen over de PLON en NAS projecten en is aandacht voor leren in context.

##### 5. Een voorlopige balans (1990)

Wij kunnen concluderen, dat de 3 aspecten, het culturele (a), het technische (b) en het democratische (c) op een aanvaardbare manier in de onderwijsprogramma's zijn geïntegreerd. Althans op papier.



Wat daarvan in de praktijk terecht komt is natuurlijk een andere zaak en het onderwerp van een andere discussie. Enkele kanttekeningen uit de praktijk van een docent, die al jaren aan eerste jaars studenten inleidende colleges mechanica geeft mogen thans volstaan.

De eerste is, dat naar mijn indruk de technische component (b) thans te veel overheerst. Niet zozeer, omdat de aankomende student te veel weet van techniek, maar veeleer omdat hij/zij teveel gespitst is op het overnemen van formules uit een boek, te gauw getallen invult en veel te weinig besef heeft van de fysische methode die eruit bestaat dat een natuurkundige zijn eigen formules afleidt en pas aan het einde van een berekening symbolen vervangt door getallen. Ik hoop dat het werken in context deze numerieke en technische benadering niet te zeer in de hand werkt.

De tweede is, dat aspect (c) onderbelicht is gebleven, ondanks de openingen die zelfs de CMLN daarvoor bood. Van mijn huidige eerste-jaars (naar ik aanneem de meest geïnteresseerde leerlingen van het VWO) had er slechts één vaag gehoord van het verband tussen natuurkunde en samenleving. Hij had een boekje daarover (14) in zijn kast staan en was verrast (ik weet niet of dat blij was of verdrietig) toen hij hoorde dat zijn eerste-jaars docent daaraan had meegewerkt.

## 6. De technologische samenleving

Belangrijker is echter bij het geven van een les en het schrijven van een leerboek zich te realiseren dat het natuurkunde onderwijs niet in een vacuüm staat, maar wordt gegeven in een maatschappelijke werkelijkheid, een maatschappelijke context. Als het een van de onderwijsdoelen is om weerbaarheid van de leerlingen te bevorderen, dan moet de leraar immers een visie hebben op de sociale werkelijkheid en op de invloeden (zo U wilt de gevaren) waaraan de leerling in de klas of later bloot staat.

Het eerste waarop ik wil wijzen is de eerder gegeven karakteristiek van natuurwetenschap als een middel tot bevrijding. Zowel van harde lichamelijke arbeid als van onwetenschappelijke invloeden. Het opmerkelijke is dan, dat ik in een stad als Amsterdam merk hoe allerlei zaken die wij tot voor kort als onwetenschappelijk betitelden welig tieren. Er wordt druk geadverteerd met het trekken van horoscopen-met inschakeling van de computer, dat wel. Respectabele instellingen als de VolkUniversiteit geven cursussen in Chinese methoden om via dobbelen en wijze boeken levensvragen te beantwoorden, I Tching. Op de advertentiepagina's van het Parool van 8 december jl las ik verder de oproep cursussen te volgen in tarot, chakra's en natuurgeneeswijzen.<sup>4</sup>

De vlucht die dit circuit de laatste jaren heeft genomen blijkt uit de steun voor homeopathie en andere alternatieve geneeswijzen in de Tweede Kamer en de discussie in hoe verre dit door ziekteverzekeringen vergoed dient te worden. Een jaar of 10 geleden zou dit zijn weggehoond.

Ik wil hier niets kwaads van zeggen. De Stichter van mijn Universiteit, Abraham Kuypers, was een groot voorstander van homeopathie en wilde dat de kern maken van zijn geneeskundige faculteit. (Het is er niet van gekomen). Ik zou in dit verband willen aansluiten bij WEN, die de be-

perktheid van het natuurkundig kennen benadrukte. Ik zou deze grote hang naar het alternatieve, naar het niet natuurwetenschappelijk verantwoorde willen zien als een intuïtieve reactie tegen het overheersen van het rationele, het natuurwetenschappelijk-technologische in de huidige wereld. Bij voorbaat zou ik willen accepteren dat in deze reactie waardevolle elementen kunnen schuilen en liever spreken over een naast-wetenschappelijke dan van een onwetenschappelijke houding. Het meeste zorgen maak ik me nog over het ontbreken van controle en het al te gemakkelijke misbruik dat onverantwoorde lieden kunnen maken van goedgegelovige cliënten.

Het lijkt me zinvol de huidige technologische samenleving wat nader te analyseren aan de hand van een recent essay (15) van David Dickson, hoofdredacteur van het Engelse blad *The New Scientist*, dus zeker niet vijandig tegenover de natuurwetenschap. Ook voor hen die zijn maatschappij-analyse (links van het midden) niet ten volle delen blijft zijn betoog de moeite waard. Terzijde kan worden opgemerkt, dat Dickson eerder, in 1974, een boekje schreef over alternatieve technologie (16). Misschien was hij wel één van de mensen waartegen de CMLN zich afzette.

Dickson onderscheidt schematisch en als twee extremen de technologische cultuur en de humane cultuur (17); hij sluit daarbij aan bij eerdere analyses van Marcuse, Roszak en Ellul. De technologische cultuur is technocratisch van aard. Over de aard van het onderzoek, over de richting waarin die zou moeten gaan en over de toepassingen (proefmodel, prototype en marktmodel) besluiten alleen de beleidsmakers op grond van technische adviezen en hun internationale marktpositie. Uiteindelijk gaat het in de technologische cultuur om macht over het internationale productieproces, waarbij het enige criterium is om op lange termijn winst te maken en op kortere termijn om de concurrentiepositie tegenover Japan en de Verenigde Staten te handhaven.

Hierbij past, aldus Dickson- een kritiekloze aanvaarding van natuurwetenschap en techniek. Acties als 'Kies Exact' zijn er dan niet in de eerste plaats op gericht om leerlingen meer kansen te geven in hun persoonlijke ontplooiing, maar om meer potentieel op te leveren van menskracht, waaruit de hoogwaardig technisch-wetenschappelijke menskracht kan worden gerecruiteerd. In voorlichtingsprogramma's over natuurwetenschap en techniek, op TV, in de pers en in de schoolboekjes wordt slechts propaganda bedreven. Moeilijke kantjes aan de wetenschappelijk-technische ontwikkeling zoals de milieuproblematiek worden wel toegegeven, maar er wordt gesteld dat ze met technische middelen oplosbaar zijn. Laat dat maar aan de wetenschappelijk-technische deskundigen over- zo wordt gesuggereerd. Het gaat er daarbij niet in de eerste plaats om een basiskennis aan te kweken van natuurwetenschap en techniek, maar veeleer om een positieve houding, attitude, aan te brengen tegenover de technische verworvenheden (ja, precies hetzelfde woord, dat we in diverse rapporten tegenkwamen).

Voor landen als Nederland vindt deze beïnvloeding plaats op Europees niveau. De eerste Europese samenwerkingsverbanden op natuurwetenschappelijk gebied hadden prozaïsch afkortingen als CERN of ESA. De nieuwe programma's, bestuurd vanuit de Europese Gemeenschap, de EG,

uit Brussel hebben namen als reclame campagnes en auto-merken: FAST, BRITE (klinkt in het Engels als Bright), ESPRIT, RACE, SPRINT, COMETT en EUREKA. Ook volgens rapporten van de EG zelf hebben deze samenwerkingsverbanden in eerste instantie een cultureel effect gehad. Er wordt gesproken over een technologische renaissance van Europa en het ontstaan van één Europese cultuur, waarin de verschillen tussen de landen verdwijnen. Voor het onderwijs, zo betoogde een EG-commissie, zou er één basisstudiepakket moeten komen voor de natuurwetenschappen en de wiskunde, dat voor heel Europa zou moeten gelden (18).

In de technologische cultuur worden, zoals gezegd, beslissingen genomen buiten democratische besluitvorming om. De EG commissie wordt nauwelijks gecontroleerd door een gekozen orgaan en op de programma's met de mooie namen heeft de multinationale industrie grote invloed. De tientallen miljarden, die jaarlijks worden uitgegeven moeten een potentiële toepassing hebben en bij diverse programma's moet een industriële partner betrokken zijn, wil men voor subsidie in aanmerking komen.

Het beeld, dat Dickson schildert van de humane cultuur is wat minder uitgesproken. Het is inderdaad makkelijker om de hel af te beelden dan de hemel, zoals we van Jeroen Bosch kennen. In de humane samenleving staan de belangen van de mens centraal. Wetenschap en techniek zijn in de traditie van Andreae bedoeld om voor de mensen vrijheid te scheppen zich te ontplooiën en hun leven zonder al te veel zware arbeid en ziekte te voltooien. Beslissingen over wetenschap en techniek, over de vorm van energievoorziening, over genetische manipulatie e.d. worden genomen langs de weg van brede maatschappelijke discussies, waar alle argumenten worden afgewogen en menselijke gevoelens een rol mogen spelen.

Op Europees niveau zou een SOCRATES programma (Social Research and Appropriate Technologies for European Solidarity) worden ingesteld, waar het gaat om wijsheid, om wetenschap en techniek met een menselijk gezicht. Informatie, ook natuurkundige informatie wordt bij de afweging van opties aangeboden in een context. Ik weet niet of de medewerkers van PLON en de samenstellers van het WEN-rapport dit voor ogen hebben gehad bij hun pleidooi voor 'leren in context', maar Dickson doelt hier op de maatschappelijke en politieke context van bijv. stralingsrisico's en veiligheid van diverse soorten elektrische centrales.

## 7. Europa

Ik ben hier vrij uitvoerig ingegaan op de opvattingen van Dickson; niet omdat ik zijn opvattingen in ieder detail onderschrijf, daarvoor vind ik met name zijn schildering van de humane technologie te fragmentarisch, maar veeleer omdat ik veel van zijn redeneringen herken en kan onderschrijven.

Zo is het stellig waar, dat de richting van de wetenschappelijke ontwikkeling steeds meer van uit 'Brussel' wordt bepaald. De Universiteiten in Nederland en in de meeste andere Europese landen krijgen weinig researchgeld van de eigen overheid en zijn daarom aangewezen op externe

financiering. De EG komt dan steeds meer in het beeld. Universiteiten huren 'Liaison Officers' die in Brussel kijken welke EG programma's passen bij hun research en helpen daarna mee om onderzoeksvoorstellen in het gewenste EG jargon te formuleren, inclusief de verwijzing naar het economisch belang van het onderzoek. Dat lijkt nog heel onschuldig, maar het is duidelijk dat achteraf de claims op marktgerichte toepasbaarheid worden nagegaan en de uitkomst daarmee toekomstige financiering zullen beïnvloeden.

Doet het er voor ons in het Nederlandse Natuurkunde Onderwijs iets toe, wat er op Europees niveau gebeurt, en is de analyse van Dickson van enig belang? Ik denk het wel. We hebben immers gezien, dat volgens de genoemde rapporten het natuurkunde onderwijs als een van zijn doelen heeft het steunen van onze economische ontwikkeling; daarom is terdege van belang hoe die ontwikkeling zal verlopen en welke krachten die sturen.

Wat Nederland betreft zal de schets, die ik hierboven heb gegeven van de technologische cultuur velen misschien overdreven in de oren klinken. In ons land met zijn consensus cultuur worden de scherpe kantjes van nare zaken afgeslepen. Wij hebben een overheid, die via organisaties als NOTA (de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspecten Onderzoek) de uitgave van een studie als die van Dickson subsidieert en wij hebben onafhankelijke wetenschappers, die meehelpen om actiegroepen aan hun noodzakelijke expertise helpen.

Het is echter maar de vraag hoe lang dit nog duurt. Dank zij de enorme hoeveelheid aardgas kan onze maatschappij het zich permitteren om een mild sociaal klimaat te handhaven met evenwichtige behartiging van vele belangen. Hoe gaat het echter als over 25 jaar (of eerder) deze bron van inkomsten verdwijnt? Dan zullen we het moeten hebben van onze positie binnen Europa. En die is niet zo sterk. Ik was geschokt, toen ik onlangs het plaatje zag van de geplande TGV-trajecten, de supersnelle treinen door Europa. Amsterdam was het éne eindpunt van de lijn, met Palermo (Sicilië) aan de andere kant. Wordt Nederland straks het Palermo of het Roodeschool van Europa? Veel ruimte voor een eigen beleid zal er dan niet zijn.

## 8. Het Nederlandse Natuurkunde Onderwijs in 2015

De conferentie, waarvoor deze bijdrage wordt geschreven blijkt 25 jaar terug en 25 jaar vooruit. Zullen er in 2015 nog commissies zijn, die adviseren over het Nederlandse Natuurkunde Onderwijs?

Ik weet het niet. Aan de ene kant van ons land ligt het invloedrijke Duitsland, waar de afzonderlijke Länder hun eigen onderwijs regelen. Als dat het model voor Europa wordt, blijft er wat marginale vrijheid bestaan, waarbij de maatschappelijke realiteit dat het aardgas op is en Nederland een uithoek van Europa wordt, betekent dat 'Europa' de grote lijnen van het onderwijsbeleid en van de programmering zal bepalen. Ik ben er van overtuigd dat over 10 jaar de opvolger van WEN zich sterk zal oriënteren op Europa en ik weet zeker dat dit in de opdracht aan de commissie WEN-2 zal worden opgenomen.

Dat hoeft echter niet allemaal kommer en kwel te zijn. Er zijn bewegingen, die de ontwikkeling in de richting van de technologische cultuur aan de kaak stellen, zoals het boekje van Dickson illustreert en sterker nog denk ik dat de menselijke natuur zich niet in een strak technologisch keurslijf zal laten dwingen, getuige de hierboven gememoreerde hang naar naast-wetenschappelijke denkbeelden. Er zullen ook binnen de wetenschap en de natuurkunde altijd dissidenten blijven, al was het alleen maar omdat alleen non-conformisten vooruitgang mogelijk maken. De natuur zal sterker blijken dan de leer.

Terzijde wil ik wel opmerken, dat ik democratische besluitvorming over zaken van wetenschap en techniek in de toekomst moeilijk te implementeren acht. Het zal dan namelijk nodig zijn om naast overheids- en industriële expertise ook onafhankelijke wetenschappers in te schakelen. Als wetenschappers voor hun geld echter zijn aangewezen op economisch geormerkte financiering door de overheid en de industrie loopt hun onafhankelijkheid gevaar en zijn ze, ook als ze oprecht adviseren, niet geloofwaardig.

Wat kan men straks op Europees niveau formuleren als de bedoeling van het natuurkunde onderwijs? Beter nog, wat zal het ene Nederlandse lid van de Europese onderwijscommissie moeten inbrengen (hopelijk hebben we nog een eigen lid en hoeven we niet samen te doen met België en Luxemburg). Laten we de drie aspecten waarmee we begonnen langs lopen op hun betekenis voor het Natuurkunde Onderwijs.

#### Het culturele aspect

Hier zou ik willen benadrukken, dat de wetenschappelijke methode inhoudt, dat men altijd probeert afstand te nemen van zijn eigen vooronderstellingen en via experiment en theorie probeert een reproduceerbare werkelijkheid te achterhalen. Een kritische distantie tegenover vanzelfsprekendheden moet de leerling weerbaar maken tegen de culturele dwang van een technologische cultuur.

#### Het technische aspect

Toepassingen van natuurkunde zijn interessant en onmisbaar. Aandacht moet worden geschonken aan hun invloed op de mens. In ons boekje 'Natuurkunde in de Samenleving' gaven we als voorbeeld dat een telefoontje de liefdesbrief niet kan vervangen. De laatste geeft andere (en m.i. diepere) mogelijkheden tot communicatie. Een liefdesfax zou overigens een interessante nieuwe mogelijkheid bieden.

#### Het democratische aspect

Gezien Dickson's analyse vind ik het achteraf toch een gemis, dat WEN niet uitdrukkelijker heeft gesteld, dat het natuurkunde onderwijs de leerlingen moet helpen om (later) mee te doen aan besluitvorming over grote vragen van wetenschap en techniek. Het lijkt mij wezenlijk om dit bij uitwerkingen van WEN sterker naar voren te brengen.

Ook in het nieuwe Europa is humaan natuurkunde onderwijs mogelijk. Een onderwijs, waarin de leerling de natuurkunde leert kennen en op wetenschapsbijlages van de kranten in spanning de nieuwste ontdekkingen volgt. Lessen, waarin de technische toepassingen van de natuurkunde blijven fascineren. Scholen, waarin aan de leerlingen wordt

geleerd dat ze mede-verantwoordelijk zijn voor de inrichting van de wereld waarin zij leven.

De bedoeling van het natuurkunde onderwijs is daarom de menselijke samenleving.

#### Referenties

1. Het Onderwijs in de Natuurkunde aan Gymnasia, Hoogere Burgerscholen en Lycea, rapport uitgebracht aan het bestuur van de Nederlandsche Natuurkundige Vereniging, Wolters, Groningen en den Haag, 1928 (Cie-Fokker)
2. Rapport Cie-Groosmuller, Faraday 8 (1938) 153-168
3. Rapport van de commissie inzake het Natuurkunde Onderwijs op de H.B.S-B, Faraday 17 (1948) 61-81 (cie-Houdijk)
4. Natuurkunde Onderwerpen voor het H.A.V.O- eindexamen, Faraday 35 (1966) 61-68 (cie-Rekvelde)
5. Rapport van de natuurkundecommissie VWO-HAVO over de leerstof voor Natuurkunde bij het V.W.O., Faraday 35 (1966) 121-130 (cie-Rekvelde)
6. Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde, rapport 1974, deel IV MAVO, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1975.
7. Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde, rapport 1974, deel V HAVO, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1975.
8. Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde, rapport 1974, deel VI V.W.O., Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1975.
9. Examenprogramma Natuurkunde VWO en HAVO, Advies van de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde, WEN, Enscheder, 1988
10. Advies over de voorlopige Eindtermen basisvorming in het voortgezet onderwijs, Natuur- en scheikunde, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, Zoetermeer, 1989.
11. E.J. Dijksterhuis, De Mechanisering van het Wereldbeeld, Meulenhoff, Amsterdam, 1950
12. Johann Valentin Andreae, Christianopolis, 1619 (Vertaling uit het latijn in het Engels door Felix Held, Oxford University Press, 1916)
13. Liberation and the Aims of Science, an Essay on obstacles to the Building of a Beautiful World, Brian Easlee, Chatto and Windus, London, 1973
14. Natuurkunde in de Samenleving, H.M.C. Eijkelhof, E. Boeker, J.H. Raat, N.J. Wijnbeek, VU Uitgeverij, Amsterdam, 1978, 1980, 1982.
15. Het verval van de geest, De technologische cultuur in het post-moderne Europa, De Balie, Amsterdam, 1990; nog niet in het Engels gepubliceerd.
16. Alternative Technology and the politics of technical change, David Dickson, Fontana, 1974.
17. In de Nederlandse vertaling van ref. 15 wordt de term humanistisch gebruikt. Omdat dit in het Nederlands maatschappelijk is ingekleurd gebruik ik het meer neutrale woord humaan.
18. Education for Life: A European Strategy, geciteerd in ref. 15 pag 89.



# Onderwijs in heterogene groepen: vooroordelen, illusies en werkelijkheid

*Dr. H. Bonset*



De titel van deze lezing geeft blijk van een niet geringe pretentie. Het gaat om het onderscheiden van vooroordelen, illusies en werkelijkheid. Vooral het onderscheiden van de werkelijkheid, dat is natuurlijk nogal wat. Om alle misverstanden te voorkomen: ik denk niet dat er een objectieve werkelijkheid bestaat van onderwijs in heterogene groepen. Zo'n objectieve werkelijkheid wordt zelfs binnen het domein van de natuurkunde al niet meer aangenomen, als ik de wetenschappsjournalistische publikaties van de afgelopen decennia goed heb begrepen. U krijgt dus mijn constructie van de werkelijkheid te horen, gebaseerd op wat ik gelezen, gehoord en gezien heb. En daarom moet ik eerst iets meer over mijzelf vertellen.

Ik ben van huis uit leraar nederlands. En mijn interesse in onderwijs in heterogene groepen is op ruwe wijze gewekt eind jaren 60, namelijk in 1968 toen ik begon met les geven. Mijn eerste school was een lyceum: MMS, HBS en gymnasium. En dat lyceum homogeniseerde de brugklas bij aanvang in klassen 1a t/m 1f. 1a was de beste, daarna kwam 1b, daarna kwam 1c etc. tot 1f. En ik had 1f. Met kerst werden de klassen heringedeeld op grond van de geleverde prestaties. Er werd dus een nieuwe 1a t/m 1f gevormd, wederom was 1a de beste, daarna kwam 1b, 1c t/m 1f. En als beginner had ik wederom 1f. Het vrije-val-effect van leerlingen heb ik op die manier goed kunnen waarnemen, de vrije val waarin leerlingen eigenlijk steeds minder gaan presteren. Een interessante bijkomstigheid was natuurlijk ook dat ik mijn eigen vrije val vrij goed kon waarnemen.

De tweede school waar ik les gaf was een school voor LAVO, MAVO, HAVO en VWO met een heterogene brugklas van 1 jaar. Die heterogene brugklas bestreek uitsluitend MAVO, HAVO en VWO. En we spreken nu over het jaar 1970. Daar werd met de sectie nederlands het Basisstof-, Herhalingstof-, Verrijksstofmodel uitgeprobeerd. Dat was niet bevredigend, vonden wij. De belangrijkste vakonderdelen vonden wij niet opdeelbaar in basisstof, herhalingstof en verrijksstof, met name de taalvaardigheden. We vonden het wel stimulerend, omdat het aanzette tot het opnieuw denken over ons onderwijs en onze lesstof. Het lesgeven in heterogene groepen vond ik zonder meer

veel prettiger dan in klas 1f van mijn vorige school. Het grootste probleem dat wij ervoeren als sectie, was de selectie aan het einde van het eerste jaar ten behoeve van MAVO, HAVO of VWO, die uiteraard moest van de school en die volgens onze sectie nu net voor ons vak in één jaar niet kon, want we waren natuurlijk een eigenzinnige sectie nederlands, zoals die er ongetwijfeld op zoveel scholen zijn.

Vanaf 1980 ben ik als onderzoeker bezig geweest met onderwijs in heterogene groepen, en dan vooral als 'case-study' onderzoeker. Case-study wil in dit geval zeggen: langdurige observaties en interviews met leraren en leerlingen en andere betrokkenen in het schoolgebeuren, in één school, bij één leraar en veelal in één klas. Dat type onderzoek is gestart vanuit de onderzoeksgroep "Onderwijs in heterogene groepen", op touw gezet door professor Steven ten Brinke, van het Pedagogisch Didactisch Instituut van de Universiteit te Utrecht. De eerste case waaraan ik meegeedaan heb was een case biologie in de brugklas, een brugklas LBO tot en met VWO. Een heterogene brugklas dus. De tweede case was bij het vak nederlands in de brugklas. Ook weer een heterogene brugklas op dezelfde school. De derde case was wederom nederlands: een brugklas IBO tot en met VWO (IBO is Individueel Beroeps Onderwijs). En dit alles in het reguliere, niet experimenterende onderwijs. Op de tweede case, dus nederlands, tezamen met een literatuurstudie naar differentiatie en heterogeniteit ben ik gepromoveerd in 1987. Als onderzoeker van onderwijs in heterogene groepen, maar eveneens als leerplanontwikkelaar bij de Stichting Leerplan Ontwikkeling, bezocht ik in 1988 en 1989 de DDR. Ik weet uiteraard net zo goed als u dat die niet meer bestaat en opgegaan is in het verenigde Duitsland, maar ik zal verder gewoon van de DDR spreken. Ik kom daar later op terug.

## **Definitie heterogeniteit**

Ik wil eerst maar eens kijken met u naar de vraag wat een heterogene groep eigenlijk is. In deze lezing versta ik daaronder: een groep leerlingen die bewust gevarieerd is samengesteld qua schoolkeuzeadvis van de toeleverende basis-scholen. De heteroogste groep volgens dit criterium is een

groep IBO, LBO, MAVO, HAVO en VWO. Verschillen tussen leerlingen in sociale herkomst, geografische herkomst, sekse, belangstelling en leervermogen zijn zonder meer van belang, maar in dit verhaal hanteer ik alleen de bovengenoemde definitie van heteroëen.

### Actualiteit

Wat is het belang van heteroëen groeperen? Ik ga eerst op het actuele belang in en daarna op het dieper gelegen belang.

Over het actuele belang heb ik al iets gezegd in de introductietekst. Het ideaal van de overheid is duidelijk: als flankerend beleid van de basisvorming, fusering tot brede scholengemeenschappen. En volgens het Sociaal Cultureel Planbureau, zo las ik in de Volkskrant van 7 december j.l., valt met dit fusieproces uiteindelijk 500 miljoen te besparen. We kunnen er dus vrij zeker van zijn dat er de overheid veel aan gelegen is. In zo'n fusieproces moet onder andere beslist worden over heteroëen of homogeen groeperen en dan moeten alle argumenten voor en tegen weer op tafel komen. Ik durf dan ook te voorspellen dat de kwestie homogeen of heteroëen misschien niet de komende 25 jaar, maar toch nog vele jaren actueel zal zijn.

Een ander actueel belang is dat heteroëen groeperen bepaald geen randverschijnsel is, geen zeldzaamheid. In tabel 1 ziet u cijfers bijeen gebracht door De Vries & Van Laarhoven in 1987 via onderzoek. Het gaat om de eerste twee kolommen. Het betreft het reguliere onderwijs. En u ziet dan dat van alle typen scholengemeenschappen die daar genoemd worden, dus in tabel 1 en 2, meer dan de helft heteroëen groepeert. Van de LBO-AVO scholengemeenschappen, dat is dus de eerste tabel, groepeert een belangrijk deel zelfs twee jaar heteroëen. Dit ter ondersteuning van de stelling dat we het hier niet over een soort curiosum hebben.

Uit Didaktief, november 1987:

(de Vries & P. van Laarhoven)

**Tabel 1: Groepering lbo/avo scholengemeenschappen zonder experimenteerstatus**

Scholengemeenschappen	duur volledig heteroëen groeperen			
	0 jaar	1 jaar	2 jaar	3 jaar
lbo/mavo (n=120)	8 %	51 %	42 %	—
lbo/mavo/havo (n=4)	25 %	50 %	25 %	—
lbo/mavo/havo/vwo (n=17)	47 %	18 %	35 %	—

n = aantal onderzochte scholen

**Tabel 2: Groepering lbo/mavo/havo scholengemeenschappen zonder experimenteerstatus**

Scholengemeenschappen	Duur volledig heteroëen groeperen			
	0 jaar	1 jaar	2 jaar	3 jaar
mavo/havo/vwo (n=121)	44 %	54 %	3 %	—

**Tabel 3: Groepering van scholen(gemeenschappen) met experimenteerstatus**

Experimenteer-scholen met bovenbouw	duur volledig heteroëen groeperen			
	1 jaar	2 jaar	3 jaar	4 jaar
lbo/mavo (n=7)	—	29 %	71 %	—
lbo/mavo/havo (n=1)	—	100 %	—	—
lbo/mavo/havo/vwo (n=4)	—	—	75 %	25 %
mavo/havo/vwo (n=1)	—	—	100 %	—
mavo (n=3)	—	—	67 %	33 %
geen bovenbouw (2)	—	—	—	100 %

### Belang heteroëeniteit

Er zijn twee typen argumenten die ik wil onderscheiden voor heteroëen groeperen. Het eerste hangt samen met cognitieve leerresultaten. Het argument neemt dan de vorm aan van: zwakke leerlingen leren meer of beter natuurkunde of nederlands of biologie in heterogene dan in homogene groepen. Een tweede type argument voor heteroëen groeperen, heeft te maken met sociale/affectieve leerresultaten en dat ziet er dan als volgt uit: leerlingen van verschillende sociale achtergrond en/of prestatieniveau leren erdoor met elkaar samen te werken, wat ze later in hun beroep en burgerschap ook moeten kunnen. En homogene groepen bevorderen daarentegen kastevorming. Ik ga op beide soorten argumenten wat dieper in.

Het eerste argument is de *cognitieve* kant van de zaak. Er is zeer veel literatuur over de vraag of leerlingen meer of beter leren in heterogene groepen dan in homogene groepen of juist andersom. Daar is zoveel literatuur over dat nederlandse literatuuroverzichten geen overzichten van buitenlandse literatuur zijn, maar van buitenlandse literatuuroverzichten. Van die nederlandse literatuuroverzichten zijn dat van Winkler & Ritzen, (onze minister) uit 1976, en dat van Terwel uit 1986, de meest uitgesproken. Winkler & Ritzen concluderen, dat er geen verschil is in gemiddeld cognitief prestatieniveau van de leerlingen tussen schoolsystemen met homogene en heterogene groepen. Dus gemiddeld wordt er evenveel geleerd. Er is wel een verschil, in verdeling van de prestaties. Zwakke leerlingen doen het beter in heterogene groepen dan in homogene groepen, bij sterke leerlingen is het juist omgekeerd.

Terwel (1986) gaat met name in op de positie van de zwakke leerlingen en op recentere overzichtsstudies. Bijvoorbeeld Good & Marschall uit 1984: "Do students learn more in heterogenous or homogeneous forms". En ik citeer wat uit het artikel van Terwel: "Homogene groepering (stelt Terwel, in navolging van Good & Marschall dus) resulteert in inferieure onderwijsleersituaties voor zwakke leerlingen en heeft tot gevolg dat deze leerlingen op een laag niveau blijven staan of zelfs achteruit gaan."

Wat is de oorzaak hiervan? Het blijkt dat het voor leraren, vooral in het secundair onderwijs, vrijwel onmogelijk is om zwakke homogene klassen effectieve instructie te geven. De negatieve "peer" invloeden (dus de invloeden van de leerlingen onderling) zijn zo overheersend dat potentiële voordelen van het werken met homogene groepen niet kunnen worden benut. Veel zwakke presteerders in de klas betekent een zware last. Er wordt niet opgelet en er is sprake van gebrek aan interesse. Er is relatief veel gepraat, rumoer,

ruzie en de leerlingen blijven niet bij de taak. Het uitdagen en pesten van de leraar komt relatief veel voor en er is misbruik van lesmateriaal.

Good merkte voorts op dat de taakuitvoering van de leraar onder invloed staat van de klas. Leraren stellen minder eisen, nemen minder risico, zijn bang om te falen in klassen waarin het moeilijk of onmogelijk is om leerlingen te motiveren. Leraren klagen en waarschuwen wel veel meer in zwakke klassen, maar feitelijk doen ze veel minder om de orde te herstellen en leerlingen te motiveren dan in goede klassen. In de betere klassen geeft de leraar vaker complimentjes en is hij serieuzer en zorgvuldiger in zijn gedrag. Net als de leerlingen neemt de leraar de kleur van zijn omgeving aan. En Terwel concludeert dan: "Alle recente reviews en onderzoeken over de processen en leerresultaten in homogene zwakke klassen wijzen in dezelfde richting. Er blijkt niet één observatie-onderzoek te bestaan, waarin positieve gevolgen worden aangetoond voor leerlingen in zwakke klassen. Leerlingen in deze klassen bevinden zich in een ongunstige leeromgeving, waardoor hun vorderingen worden afgeremd."

Resumerend. Qua cognitieve leerresultaten lijdt het weinig twijfel dat de zwakke leerling gebaat is bij heterogeen groeperen. Voor de sterke leerling geldt dit niet. Die is meer gebaat bij een sterke homogene groep. Het dilemma zal u duidelijk zijn. Wie moet zich nu opofferen voor wie? Beleidsmatig gesproken, luidt die vraag: "In welke mate kiezen we voor een basisvorming voor allen en in welke mate voor de opleiding van een cognitieve elite?" Ik zeg expres "in welke mate", want het zal onmogelijk zijn om voor het één dan wel het ander te kiezen. Er zal een soort spanningsverhouding tussen beide opgelost moeten worden.

De tweede kant van de zaak is de sociale en affectieve kant. Leren samenwerken door leerlingen van verschillend prestatieniveau en vaak verschillende achtergrond.

Hier is niet veel onderzoek naar gedaan. Maar het is a priori plausibel dat zulke leerlingen in ieder geval niet leren samenwerken, als men ze direct uit elkaar haalt. Anderzijds bevordert de heterogene groep niet vanzelf het leren samenwerken. Naar mijn mening moeten leerlingen daartoe wel een bepaalde hoeveelheid tijd in doelbewust heterogeen samengestelde duo's of subgroepen werken, aan echte gezamenlijke eindprodukten.

Als het bovenstaande, het leren samenwerken tussen leerlingen van verschillende achtergrond, een zinnig doel is met het oog op individuele tolerantie en sociale integratie, dan geldt dat ook voor de sterke leerling, de toekomstige VWO'er. De zaak ligt hier dus wezenlijk anders dan bij het cognitieve aspect.

### **Realiseerbaarheid**

Ik kom nu op mijn volgende vraag. Dat is de vraag: "Is onderwijs in heterogene groepen realiseerbaar, en zo ja, in welke mate". Onder realiseerbaar versta ik dan:

Ten eerste: Uitvoerbaar voor de leraar. Onevenredige inspanning leidt tot overspanning.

Ten tweede: Dragelijk voor de leerlingen, op zijn minst.

Hierover zijn in het negatieve in het verleden krasse uitspraken gedaan. Daarvan wil ik er u een paar citeren:

De Ru uit 1980: "Wie in differentiatie binnen klasseverband (DBK) (dat is niet helemaal hetzelfde natuurlijk als heterogeniteit), gelooft doet dat, omdat wellicht een enkele uitzonderlijke begaafde docent het daarmee op den duur fikst.

Vooralsnog blijkt DBK alleen mogelijk als men een klas van 30 leerlingen van 3 docenten voorziet en vervolgens in het lokaal 2 tussenmuren plaatst."

Of Traas 1984: "Mijn opvatting is dat interne differentiatie in het reguliere onderwijs vrijwel niet te doen is. Het kan niet als men de hele begaafdheidsrange op het oog heeft. Het kan niet als men één leraar 29 lessen laat geven aan in totaal 250 leerlingen."

Nog een ander citaat: van een schoolleider in een artikel van Van den Bosch. Deze schoolleider vindt het eigenlijk onwenselijk alle leerlingen na de lagere school nog een aantal jaren bij elkaar te houden. Na de zesde klas zijn de kinderen er aan toe om uit elkaar te gaan". Mag je het de zwakkere leerling aandoen om nog langer de domkop van de groep te zijn?", zo vraagt deze schoolleider zich af.

Voor zulke vergaande uitspraken heb ik geen grond gevonden in mijn onderzoeken, noch in de literatuur, noch in de case-studies. Ik wil u daartegenover exemplarisch, dat is nu eenmaal het geval bij case-studies, een beeld schetsen van de situatie op de scholengemeenschap LBO tot en met VWO bij nederlands, waar ik 22 lessen heb geobserveerd, leraren en leerlingen geïnterviewd, leerlingen geënquêteerd, toetsresultaten geanalyseerd enzovoort.

De leraar in kwestie stelde in interviews die ik hem afnam, dat voorbereiding en correctie ten behoeve van de heterogene brugklas hem niet meer tijd kostte dan ten behoeve van andere klassen. De voorbereiding kwantificeerde hij op gemiddeld één uur per week. Het correctiewerk vertoonde enorme pieken, maar ook in dat opzicht sprong de brugklas er niet uit in vergelijking met andere klassen. De leraar deelde ook mee, zich in het algemeen prettig te voelen bij het lesgeven aan de heterogene brugklas.

De leerlingen van de onderzochte brugklas rapporteerden zich redelijk goed te voelen bij de lessen nederlands. Ze vonden de stof zinvol, vonden dat ze voldoende leerden, vonden de opdrachten meestal leuk en niet te moeilijk, vonden het tempo niet te langzaam of te snel, stonden in grote lijnen positief tegenover het groepswerk en waardeerden de leiderschapstijl van de leraar.

Blijkens de observaties wist de leraar het intern gedifferentieerd lesgeven in een breed heterogene brugklas ook te combineren met een goede orde. Wel bleek (wat je ook in de literatuur al vindt) dat het daarbij noodzakelijk is leergedruis van in duo's of groepjes werkende leerlingen te tolereren, binnen zekere grenzen. En het bewaken van die grenzen kost de leraar de nodige inspanning. De leraar slaagde erin om in relatief ruime mate groepswerk toe te passen in zijn lessen; 18% van de geobserveerde lestijd.

De bescheiden materiële middelen, waarmee de leraar werkte in de heterogene brugklas, bleken hem bij zijn taakuitoefening niet te hinderen. Documentatiecentra, audiovisuele apparatuur en aparte ruimtes voor zelfstandig werken zijn kennelijk toch geen noodzakelijke voorwaarden voor intern gedifferentieerd onderwijs. Begrijpt u me goed, het is natuurlijk beter als ze er wel zijn, maar het is dus geen *conditio sine qua non*.

Een aanzienlijk aantal leerlingen van de onderzochte brugklas profiteerde van het uitstel van selectie dat de heterogene brugklas hen bood. Elf van de 27 leerlingen kregen aan het eind van het brugjaar een hoger bevorderingsadvies dan het beginadvies van de basisschool. Daar staat tegenover dat er drie een lager advies kregen. Van de eerst genoemde elf

heb ik uitgezocht in hoeverre ze zich konden handhaven op het schooltype. Dat was bij negen het geval. De twee anderen verdwenen na een jaar weer naar het aanvankelijk geadviseerde schooltype. Je zou dus kunnen betogen dat dat een beter advies geweest zou zijn.

Het is heel moeilijk iets te zeggen over leereffecten bij het vak nederlands, omdat ze zo moeilijk meetbaar zijn. Ik kan er in ieder geval nog twee dingen over zeggen. De leerlingen vonden blijkens de enquêtes zelf dat ze voldoende leerden bij nederlands. Althans, 24 van de 27 vonden dat. En er waren aan het eind van het schooljaar geen onvoldoende rapportcijfers voor nederlands op het A-niveau; (LBO-MAVO-niveau).

Nu zult u zeggen, en terecht, dit is maar één case en bovendien maar één vak. Ik heb daarom nog een paar stukjes informatie aan elkaar gekoppeld, wat andere vakken betreft. De case biologie uit 1985, mede door mij uitgevoerd, brugklas LBO tot en met VWO. De leraar werkte met het BHV-model. Hij toonde zich tevreden over zijn lessen, maar een en ander, vooral het overschakelen van de ene op de andere leerling bij de begeleiding bij zelfstandig werken, kostte hem grote inspanning. De leerlingen toonden zich redelijk gemotiveerd en waren actief aan het werk.

Natuurkunde; een studie van Pieter Licht uit 1982, waarschijnlijk u wel bekend. In het tweede jaar MAVO tot en met VWO, heterogene klassen en het derde jaar HAVO en VWO, heterogene klassen. Het gaat om een effectonderzoek op 36 scholen naar een natuurkundecurriculum volgens het BHV-model. De leraren vonden hun taak in de basisstofperiode even zwaar als normaal, en in de herhalings- en verrijksstofperiode iets zwaarder, maar nog steeds uitvoerbaar. De leerlingen rapporteerden een hoge waardering voor de basisstof, herhalingsstof en toetsen. Voor de verrijksstof was de waardering minder algemeen.

Iets uit de hoek van moderne vreemde talen. Smeets & Willems (1987) hielden een enquête-onderzoek onder 126 scholengemeenschappen LBO, 88 scholengemeenschappen LBO-AVO en 10 Middenscholen. Allemaal met heterogene groepen, merendeels twee jaar lang. 56% van die moderne-talen-leraren is positief over het werken met heterogene groepen, 11% is negatief en de rest is neutraal. 88% vindt de leraarstaak zwaarder worden naarmate de leerlingengroep heterogener is. 63% van de respondenten werkt af en toe met interne differentiatie, meestal volgens het BHV-model. 25% is positief daarover, 25% negatief, de rest neutraal.

Mijn schattende conclusie: Ja, onderwijs in heterogene groepen is realiseerbaar, althans in de eerste twee jaar van het reguliere voortgezet onderwijs. Maar het kost de leraar een grote inspanning. Het zal dus wel aan het klimaat en de conjunctuur in het onderwijs liggen of die leraar dat er ook voor over heeft.

#### **Voorwaarden**

Dan een volgende vraag: "Wat is er minimaal nodig om onderwijs in heterogene groepen te realiseren?" Ik baseer mijn antwoord weer op de bestudeerde literatuur en de drie cases die ik zelf heb uitgevoerd of mede uitgevoerd. Om te beginnen is het nodig om enige vorm van interne differen-

tiatie toe te passen. Onder interne differentiatie versta ik: het treffen van maatregelen die binnen het groepsverband inspelen op aanwezige verschillen tussen de leerlingen. (Heterogeniteit is het gevarieerd samenstellen van de groep, interne differentiatie zijn de maatregelen waarmee op die variatie wordt ingespeeld). Interne differentiatie hoeft niet per se ingewikkeld te zijn. De simpelste vormen van interne differentiatie zijn naar tempo en naar belangstelling. Naar niveau en leerstijl wordt al ingewikkelder. En heteroogeen groepswork en remediale activiteiten zijn volgens mij het ingewikkeldst. Ik ga op alle vormen even kort in. De differentiatie in tempo die ik observeerde bij de leraren, was de volgende: alle leerlingen kregen een zelfde portie werk op. De langzame leerlingen moesten het thuis afmaken, de snelle hadden geen huiswerk. Is dat nu interne differentiatie, zult u zeggen? Ja, dat is ook interne differentiatie. Dat is inspelen op de verschillen tussen leerlingen. Ideaal is het natuurlijk niet, om redenen die u zelf kunt verzinnen. Makkelijk uitvoerbaar is het wel.

De tweede vorm van differentiatie, die ik veel observeerde, was naar belangstelling. Dan waren er twee mogelijkheden. De eerste: de gegeven opdrachten leenden zich voor uitvoering op verschillende manieren. Nederlands is daar een ideaal vak voor, het hele productief schriftelijke terrein, verhalen, betogen, vraagt om uitwerking op verschillende manieren. Bij andere vakken kom je dan meer terecht in de sfeer van werkstukken, proeven, sommen, onderzoeken e.d. Dat is dus één mogelijkheid van differentiatie naar belangstelling. De tweede mogelijkheid: er is keuze uit verschillende opdrachten. De leerlingen kunnen dan zelf een opdracht kiezen naar belangstelling. Voor dit alles is natuurlijk goed onderwijsleermateriaal nodig en daarom is het al ingewikkelder dan de vorige differentiatievorm.

Differentiatie naar niveau heb ik ook waargenomen in de cases. Dan werd er gewerkt volgens het BHV- of het BE-(basisstof extrastof)-model, of er werden opdrachten van duidelijk verschillende zwaarte verstrekt.

En nu komen er een aantal zaken die niet onmiddellijk werden waargenomen. Differentiatie naar leerstijl is ook een mogelijkheid. Leerlingen variëren in de mate waarin ze geleid dan wel zelfontdekkend willen leren. En ze variëren ook in de mate waarin ze met abstracte concepten dan wel met concrete ervaringen bezig willen zijn. Een leraar zou eigenlijk moeten zorgen dat hij zijn lessen zo varieert dat alle leerstijlen voldoende aan bod komen.

Een volgende manier is heteroogeen groepswork. Subgroepjes van leerlingen die doelbewust heteroogeen zijn samengesteld en werken aan een gezamenlijk eindproduct. Ik heb dat bij alle drie de cases waargenomen, maar ideaal was het niet. Ik kom daar zo meteen op terug.

Dan tenslotte de remediale activiteiten. Leerlingen die iets niet begripen of beheersen wordt dit opnieuw op een andere manier uitgelegd of anders met ze geoefend. Dat lijkt simpel, maar dat is het helemaal niet. Ten eerste is het voor de leraar buitengewoon moeilijk uit te voeren binnen klasseverband, want hij heeft nog wel meer aan zijn hoofd. En ten tweede ontbreekt het materiaal voor de andere, aan de leerling aangepaste instructie nu juist vrijwel altijd.

Volgens mij moet een leraar in een heterogene groep minimaal zorgen voor enige differentiatie in tempo, belangstelling en tenslotte in niveau bij de vakonderdelen die zich daartoe lenen. Dus langzame leerlingen maken het werk



thuis af, er zijn ruime opdrachten, er zijn keuzeopdrachten en waar de leerstof het toelaat, wordt met BHV of BE gewerkt. Op deze wijze zag ik ook de drie door mij bestudeerde leraren het redden in hun klassen. Daarnaast deden ze alle drie iets aan groepswork, maar dat behoef, althans in mijn optiek verbetering. De groepjes stelden namelijk vaak zichzelf samen en waren dan niet meer voldoende heterogeen. Ook uit de literatuur is bekend dat als de leerlingen zelf de groepen samenstellen, die groepen, de nging hebben te homogeniseren. Er werd ook te weinig gemikt door de leraren in hun opdrachten op langduriger werk aan gezamenlijke eindprodukten. En zo kwam het groepswork vaak neer op individueel werk gezeten in een groepje.

Het tweede wat nodig is voor onderwijs in heterogene groepen is een zestal leraarsbekwaamheden.

### **Benodigde leraarsbekwaamheden voor lesgeven in heterogene groepen**

1. Hij moet afzien van alleen doceren en begeleider, hulpverlener, stimulator van het leerproces worden. Dit houdt onder meer het volgende in:
  - zich gemakkelijk in de klas, tussen de leerlingen bewegen in plaats van alleen vóór de klas;
  - leergedruis tolereren van werkende (groepjes) leerlingen;
  - op veel vragen tegelijk ingaan;
  - bij een leerling in de bank schuiven om iets uit te leggen;
  - door persoonlijk contact een goed onderwijsleerklimaat bevorderen.
2. Hij moet aandacht schenken aan het functioneren van de klas als groep. Dat betekent onder meer:
  - leiding geven aan klasse- en onderwijsleergesprekken;
  - goede verhoudingen tussen de leerlingen in de klas bevorderen en onderlinge conflicten helpen oplossen.
3. Hij moet de rol van het schoolboek in zijn lessen reduceren tot die van een hulpmiddel, en met aanvullend materiaal werken. Dat houdt onder meer in:
  - aanvullen van en schrappen uit het schoolboek;
  - oefeningen en opdrachten ontwerpen aangepast aan de zwakke of juist de sterke kanten van een leerling;
  - geheel nieuwe lesprogramma's opzetten die rekening houden met verschillende leerstijlen en een aantal alternatieve leerwegen bieden.
4. Hij moet naast vakinhoudelijke doelen ook pedagogische doelen nastreven, bijvoorbeeld:
  - leren samenwerken;
  - zelf verantwoordelijkheid leren dragen.
 Het gaat om de totale ontwikkeling van de leerling, en niet alleen om die van zijn verstandelijke vermogens.
5. Hij moet het traditionele, vooral selectieve beoordelingsstelsel wijzigen in een vooral diagnostisch.
6. Hij moet niet alleen het werk van de leerling, maar ook zijn eigen werk en zijn eigen programma evalueren.

Ik heb ze gehaald uit de handboekliteratuur over heterogeniteit en differentiatie, bijvoorbeeld het boek van Bade &

Bult (1981) en vervolgens ben ik in de cases nagegaan of de bewuste leraren die bekwaamheden inderdaad bezaten en of ze ze ook echt nodig hadden. Dat bleek in grote lijnen het geval.

### **Gelijke kansen**

Na dit overwegend praktische gedeelte, wil ik naar een wat theoretischer exercitie. En dat is de vraag: welke bijdrage kan onderwijs in heterogene groepen leveren aan het vergroten van gelijke kansen voor leerlingen? Die vraag ligt in het verlengde van het bestrijden van maatschappelijke ongelijkheid, waar Lagerweij het over had. En van hieruit zal nu ook de DDR aan de orde komen.

Ik geef u mijn antwoord nu alvast op de vraag die ik stel. In theorie kan onderwijs in heterogene groepen een geweldige bijdrage leveren aan het vergroten van gelijke kansen voor leerlingen. In de praktijk is het echter geen grote bijdrage, maar ook niet helemaal geen. Daartoe moeten we eerste het gelijke kansen-begrip wat nader analyseren.

Er zijn drie opvattingen denkbaar van het streven naar gelijke kansen (naar De Koning, 1980).

### **Drie interpretaties van het streven naar gelijke kansen**

1. Gelijke kansen voor gelijkbegaafden
  - Dominante tendens in ons onderwijs
  - Selectie onderweg staat centraal, in de vorm van "determinatie".
  - Differentiatie dient om leerlingen te plaatsen in een rangorde van kennis en scholingsniveaus.
  - Ongelijke onderwijsresultaten worden bewust geproduceerd.
2. Gelijke kansen door individuele ontplooiing
  - Tegen- en onderstroom in ons onderwijs (b.v. middenschoolen)
  - Zelfselectie staat centraal, in de vorm van "individualisering" en "begeleide keuzes"
  - Differentiatie dient om leerlingen de ruimte te geven zichzelf te plaatsen in een rangorde van kennis en scholingsniveaus.
  - Ongelijke onderwijsresultaten worden (stilzwijgend) geaccepteerd.
3. Gelijke kansen door gelijke onderwijsresultaten
  - Afwezig als tendens in ons onderwijs; wel aanwezig in (de retoriek van) het Oost Europese onderwijs.
  - Selectie is (in het funderend onderwijs) afwezig; de gemeenschappelijke afsluiting geef alle leerlingen toegang tot alle vormen van vervolgonderwijs.
  - Differentiatie dient om alle leerlingen te brengen tot een zelfde basis van kennis en niveau van scholing (via variatie van leertijd, instructietijd, werkvormen, hulpmiddelen, groeperingswijzen).
  - Ongelijke onderwijsresultaten worden - beneden een bepaalde, hooggestelde grens - niet geaccepteerd.

Het eerste is gelijke kansen voor gelijk begaafden. Dat is de dominante tendens in ons onderwijs. Het tegengaan van de verspilling van talent. De selectie onderweg staat centraal en heet: determinatie. Het gaat er om leerlingen zo snel mogelijk of in ieder geval op tijd, te plaatsen in een rangorde van kennis- en scholingsniveaus. Bijpassend differentiatiesysteem is het BHV-model. Leerlingen die steeds maar herhalings-

stof doen lopen een goede kans geplaatst te worden in de laagste rang van kennis- en scholingsniveau en in bijpassend toekomstig schooltype. Dat draait uit op het bewust produceren van ongelijke onderwijsresultaten. Er moeten immers leerlingen verdeeld worden over de schooltypes LBO, MAVO, HAVO en VWO en het funderend onderwijs stelt zich ten doel dit te doen voor dat vervolgonderwijs. Dus naar gelang de begaafdheid worden de leerlingen verdeeld. Dit is in feite de normale gang van zaken.

De tweede opvatting van gelijke kansen is door individuele ontplooiing, dat is een tegen- en onderstroom in ons onderwijs. Die is bijvoorbeeld heel duidelijk in de Middenschool wereld. Zelfselectie staat daarbij centraal. Een leerling moet zichzelf in feite determineren. Het heet vaak individualisering, eigen leerwegen volgen enzovoort.

De leerlingen worden daarbij vanuit de school begeleid. Differentiatie dient dan om leerlingen de ruimte te geven zichzelf te plaatsen in een rangorde van kennis en scholingsniveaus. Het zal duidelijk zijn dat ook deze visie uiteindelijk ongelijke onderwijsresultaten oplevert. En die worden stilzwijgend geaccepteerd.

De derde interpretatie van gelijke kansen, door gelijke onderwijsresultaten is er met name één die figureert in de onderwijskundige literatuur, eigenlijk al sinds de jaren zeventig. En hij is aanwezig in de retoriek van het oost-europese onderwijs, maar misschien moet ik nu intussen ook wel zeggen het voormalige oost-europese onderwijs. Er wordt in de onderwijskundige publikaties dan ook veel verwezen naar dat onderwijs. Het is een onderwijssysteem, waarbij selectie in het funderend onderwijs, dus in de eerste drie jaar, afwezig is. De gemeenschappelijke afsluiting, zo zegt de retoriek, geeft alle leerlingen toegang tot alle vormen van vervolgonderwijs. De differentiatie in dat systeem dient om alle leerlingen te brengen tot een zelfde basis van kennis en niveau van scholing. En de differentiatiemiddelen die daartoe gehanteerd worden zijn leertijd variëren, instructietijd variëren, werkvormen variëren, hulpmiddelen variëren, groeperingswijzen variëren. En ongelijke onderwijsresultaten worden beneden een bepaalde hoog gestelde grens, niet geaccepteerd. Uitblinken is niet verboden, maar het gaat vooral om die hooggestelde ondergrens.

Deze derde interpretatie van gelijke kansen heeft mij altijd enorm geïnteresseerd. Als er een systeem bestaat dat dát waarmaakt, zo dacht ik, dan is dát de echte basisvorming! Als alle leerlingen globaal evenveel geleerd hebben én toegang hebben tot alle vormen van vervolgonderwijs, dan hebben ze in het funderend onderwijs optimaal gelijke kansen gehad. Daarom ben ik twee maal op studiereis gegaan naar de DDR, in de onderwijskundige literatuur genoemd als land waar dit systeem gerealiseerd zou zijn. Ik was er vóór de "Wende", in november 1988, en na de "Wende" in maart 1990. Ik sprak er de eerste keer met wetenschappers in Berlijn en Leipzig, en bezocht de tweede keer ook een viertal Polytechnische Oberschulen in Leipzig en Flöha, waar ik lessen observeerde en met leraren en leerlingen sprak. Verder bestudeerde ik de nodige literatuur. Het onderwijs in de DDR hield, en nu zeg ik verder weer houdt, ongeveer 80% van de leerlingen 10 jaar lang bijeen in heterogene groepen. De overige 20% zijn als volgt verdeeld: 8% zit op het speciaal onderwijs, 12% is schoolverlater na de achtste klas. Die krijgen dan nog een drie-jarige beroepsopleiding, deels in het bedrijf, deels op school. (Dat

doet denken aan wat de WRR als combinatievariant voorstelde). Die 80% leerlingen die dus gemeenschappelijk onderwijs krijgen tot en met de tiende klas, krijgen in zeer sterke mate een gelijk onderwijsaanbod. De DDR kent namelijk een centrale, exclusief in staatshanden berustende leerplanontwikkeling en leermiddelenproductie. Het onderwijsaanbod is voor zover ik kon waarnemen van een hoog niveau. In de zevende klas, ons brugjaar dus, werden fabels van Lessing gelezen en samengestelde zinnen met twee bijzinnen geconstrueerd. Dit lijkt een ideaaltypisch geval van echte basisvorming, maar dat viel dus tegen.

Ten eerste bleek uit de literatuur al dat de leerlingen na de tien jaar funderend onderwijs geen gelijke rechten op vervolgonderwijs hebben. Slechts 10 tot 15% van de leerlingen gaat naar de "Erweiterte Oberschule", die toegang geeft tot het hoger onderwijs. Dat zijn de leerlingen die de hoogste cijfers hebben voor de meeste vakken. Dat is dus de meest pure meritocratische selectie die maar denkbaar is.

Ten tweede bleek dat de DDR wel een in hoge mate gelijk onderwijsaanbod kent, maar geen gelijke leerresultaten. En als u nu kijkt naar interpretatie drie van gelijke kansen, dan kunt u ook zien hoe bedrieglijk de term onderwijsresultaten is. Wat zijn dat eigenlijk?. Je hebt een onderwijsaanbod en leerresultaten. De DDR kent een zeer sterk gelijk onderwijsaanbod, maar absoluut geen gelijke leerresultaten en daar wordt ook helemaal niet naar gestreefd. De leerlingen kregen dus wel over het hele land hetzelfde aangeboden aan stof, maar ze staken er allerminst hetzelfde van op. In een literatuurles in de tiende klas zag ik dat leerlingen konden kiezen uit verwerkingsopdrachten bij een behandeld boek. Ze konden een recensie hiervan schrijven, ze konden een brief schrijven aan één der personages, ze konden een personage interviewen, maar ze konden ook een affiche tekenen naar aanleiding van het boek. Die laatste verwerkingsvorm, zei de lerares, was speciaal bedoeld voor de zwakke leerlingen uit de klas. En die werd door hen ook massaal gekozen. Een heel begrijpelijke en acceptabele aanpak van een gewone leraar in een breed heterogene derde klas voortgezet onderwijs, vind ik. Maar met een actief streven naar gelijke leerresultaten heeft het natuurlijk niets van doen. In de praktijk, zo ervoer ik, worden ongelijke leerresultaten eenvoudigweg geaccepteerd, en bovendien ook nog via een listige cijferinflatie gelegitimeerd. Op dat laatste kan ik nu niet ingaan.

Ten derde bleek dat er heel weinig differentiatie binnen klasseverband voorkwam in de praktijk van de lessen in de DDR. En dat is natuurlijk toch een wonderlijke ontdekking bij zulke breed heterogene groepen. Er was eigenlijk alleen differentiatie in zwaarte van opdrachten, wat ik hierboven ook beschreef. Andere fraaie variaties zoals variatie van leertijd, instructietijd, werkvormen, hulpmiddelen en groeperingswijzen, heb ik niet waargenomen en niemand claimde ook dat het gedaan werd. Van heteroogeen groepswerk, remediale activiteiten, of het basisstof-herhalingsstof-verrijkingstofmodel was eveneens geen spoor te bekennen. De zwakke leerling in de DDR wordt, zoals een zegsman het aanduidde, door de jaren heen gesleept. Is hij of zij daar nu nog enigszins bij gebaat? Mijn gesprekspartners vonden van wel. Ze horen zo tenminste nog eens wat er mogelijk is, stelde één. Ze kunnen zich in zulke klassen optrekken aan

de betere leerlingen, stelde een ander. Deze legitimering, hoe simpel die ook moge klinken, is allerminst onzinnig. Ze sluit namelijk precies aan bij de door Terwel bijeengebrachte onderzoeksgegevens die ik noemde aan het begin van deze lezing. Heterogene groepen zijn voor de zwakke leerlingen verre te prefereren boven zwakke homogene. Volgens mij geldt dat zelfs als er voor de zwakke leerlingen buitengewoon weinig extra maatregelen worden getroffen. Maar van de illusie van gelijke onderwijsresultaten, toegespitst als gelijke leerresultaten, laat deze legitimering natuurlijk niets heel. Ik vrees al met al dat interpretatie drie van gelijke kansen weinig reëel is. Dat vind ik erg jammer, want dat betekent ook dat de in mijn ogen echte basisvorming een illusie is.

We zullen het dus moeten doen met interpretaties één en twee van gelijke kansen. Dat wil zeggen maximaal met een basisvorming, een heterogene groep, een differentiatie waar steeds een sluipende voorselectie doorheen speelt, des te eerder naarmate de heterogene periode korter duurt. Een sluipende voorselectie die onontkoombaar leidt tot ongelijke leerresultaten en ongelijke rechten op vervolgonderwijs, en in die zin dus ook niet tot gelijke kansen. Hebben heterogeniteit en differentiatie dan nog zin? Mijn antwoord is: ja, om de redenen die ik in het begin gaf. Een stimulerender leerklimaat voor de zwakke leerlingen en het bevorderen van samenwerking tussen de zwakke en sterke leerlingen. Niets meer dan dat, maar ook niets minder.



# Wie maakt nou van een mug een olifant?

R. Hablé

## Een natuurkundeprobleem als metafoor voor 'vrouwelijk' leren

Voorjaar 1982

Een gesprek

Twee mannen en twee vrouwen.

Econometrist en natuurkundige, twee pedagoogen.

Vragen: Wat deed jou kiezen voor je vak. Hoe ga jij daar mee om? Waarom zitten jullie in de exacte hoek en wij in de sociale? Wat heeft dat te maken met het feit dat jullie jongens zijn en wij meisjes ... aangeboren ... aangeleerd ...? En waarin zijn jullie anders dan wij, een andere manier van leven, parten, denken? Denken ... hetzelfde woord voor een ander fenomeen, bij jou ... bij mij ...?

Ik, pedagooge, vertel dat ik bij natuurkunde op de middelbare school altijd het gevoel kreeg dat ik zoveel moest 'leren', teveel informatie tegelijk kreeg, die ik niet zo snel kon opslaan in mijn hoofd. Zoveel kennis 'van buiten' die niet aansloot op mijn eigen weten, zoveel gaten tussen die andere kennis en mezelf ... gaten die te snel worden gedicht, niet werkelijk worden opgevuld ... die later weer openvallen. Wanneer zou ik het ooit 'echt' begrijpen ...?

Zij kijken verbaasd: veel leren? Juist niet. Juist als 'bèta's' kon je het meeste zelf bedenken, een 'alfa' moet veel woordjes leren, veel huiswerk maken. Een 'beta' heeft het gemakkelijker, hoeft niet zoveel te doen. En de problemen die je krijgt voorgelegd bij wiskunde ... natuurkunde ... zijn eenvoudig op te lossen omdat met het probleem de informatie die voor een oplossing nodig is, al gegeven is.

Ik raak verward: zelf bedenken ... eenvoudig opgelost?

Werd er dan wat 'opgelost', welke vragen ... had ik dan nooit goed opgelet ... slecht geluisterd ... niets gehoord? Zij spreken voor mij een andere taal ...

We beginnen opnieuw. Een natuurkunde probleem. Over een mug en een olifant. Maak een mug zo groot als een olifant. Is die mug gevaarlijk? Kan de mug lopen, kan hij vliegen?

Dezelfde moedeloosheid ... paniek als toen: waar gaat het over, wat willen ze van mij, welk probleem is de juiste, ik zie er zoveel ... geen één ... Het stamelen begint: ... wat wil je van me ... ik weet niet wát, maar dát begrijp ik niet ... ik draai in het rond ... geef het op.



Later zeg ik dat ik wel analytisch, maar niet logisch kan denken: ik zie wel veel, maar kan de samenhang niet ontdekken, de juiste volgorde ontgaat mij...

De avond gaat voorbij. Voor het eerst zeg ik hardop dat ik hen niet begrijp, ... op ieder moment dat ik ze niet begrijp. We zetten de momenten stil en ik vraag wat zij doen .. en zij mij. Het gaat nu niet meer alleen over wiskunde, natuurkunde. Maar ook over leren en lezen ... luisteren in het algemeen ... Ook nu spreken we niet altijd dezelfde taal. Dezelfde spraakverwarring als bij natuurkunde lijkt zich ook voor te doen bij andere 'problemen'. Later beschrijf ik deze verwarring in het volgende patroon:

Een vrouw heeft een probleem en zegt dit tegen een man.

De man probeert dit probleem vervolgens te vertalen en in zijn eigen woorden samen te vatten: 'wat is er dan...?', en hij noemt verschillende mogelijkheden: 'Is het dit...?', vrouw: 'Nee ...', ... waarop de man enigszins opgewonden raakt en zegt: 'maar zeg dan in hemelsnaam wat er wel aan de hand is', waarop de vrouw zegt: 'dat heb ik je al gezegd', of: 'van alles ...', of ze begint (opnieuw) een (in zijn ogen) 'heel verhaal' te vertellen, waaruit hij weer niet kan opmaken wat er nu precies aan de hand is ...

Gaan de man en de vrouw op een andere manier om met hetzelfde probleem? Beide mensen praten langs elkaar heen en het lijkt alsof ze elkaars 'taal' niet verstaan. De man vraagt naar objectieve 'begrippen' die hij nodig heeft als begin voor 'zijn' denken, om 'haar' te kunnen begrijpen. De vrouw vindt ieder begrip dat door de man gesuggereerd wordt te 'abstract' en te weinig recht doen aan de complexiteit van haar probleem. Zij voelt zich door de man onbegrepen...

Het gesprek over de mug en de olifant speelde een belangrijke rol als voorbeeld en metafoor in mijn zoektocht naar een 'vrouwelijke' manier van leren en denken. Flarden en zinnen uit dit gesprek zochten hun weg naar een verklaring, een theorie over de geconstateerde spraakverwarring. Toen ik een bijdrage moest schrijven voor een conferentie in Londen over 'Girls at Science and Technology', kwam het verhaal van de mug weer naar boven. Ik was echter niet in staat het bijpassende natuurkundeprobleem precies te

formuleren. Wel dat het ging over een mug die groter wordt, het verhaal er omheen, maar niet welke natuurkundige vraag in dat verhaal verstopt zat. Ik bel de natuurkundige en vraag of hij mij kan helpen het gesprek te reconstrueren. Hij herinnert zich niet het verhaal, maar kan, als ik hem dat verteld heb, wel het natuurkunde probleem opnieuw reconstrueren. Blijkbaar werd niet alleen ons denken, maar ook ons geheugen op een andere manier geraakt.

### Wie maakt er van een mug een olifant?

Het probleem van de mug en de olifant leg ik de lezer opnieuw voor. Ik vraag eerst om zelf het probleem natuurkundig op te lossen. Daarna kunt u verder lezen en wordt de 'juiste' oplossing beschreven. Vervolgens geef ik een interpretatie van de problemen die ik met de oplossing had en heb, van het soort vragen dat bij mij naar boven kwamen en dat ik voor een deel ook heb opgemerkt bij andere vrouwen.

Aan die vrouwen die, net als ik, in paniek raken bij het lezen van het natuurkunde probleem, vraag ik zich even door het eerste deel heen te bijten ... om zich bij het doorlezen van het vervolg af te vragen waar mijn interpretatie aansluit bij hun ervaringen en waarin deze verschilt.

Maar ook anderen verzoek ik de tekst kritisch te lezen. Mijn interpretatie is immers niet een algemeen geldende theorie. Zij laat slechts zien rond welke elementen ik een theorie over vrouwelijk leren en denken construeer.

Ik besluit dit artikel met een aantal opmerkingen rond vrouwelijk leren en vrouwelijkheid en mannelijkheid. In dat gedeelte laat ik op een ander niveau zien hoe deze theorie zich ontwikkelt.

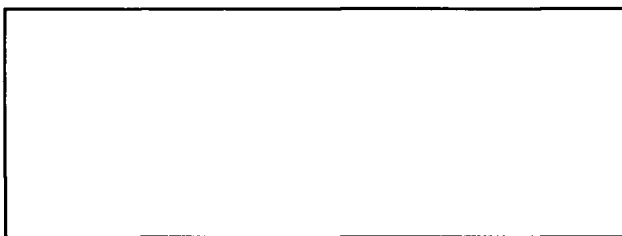
### Een natuurkunde probleem over een mug en een olifant

Een natuurkunde docent legt bij het vak science, een combinatie van natuurkunde, scheikunde en biologie, aan zijn leerlingen het volgende probleem voor:

#### EEN MUG WORDT DUIZEND KEER ZO GROOT ALS HIJ WAS

Vraag 1. Is die mug gevaarlijk?  
Kan de mug lopen? Kan de mug vliegen?

Vraag 2. Teken hieronder een mens, een mug en een olifant op gelijke grootte.



Vraag 3. Zou de olifant er in werkelijkheid net zo uitzien als hij even groot zou zijn als u hem getekend hebt? Wat kunt u zeggen over de poten van de olifant?

### De natuurkundige oplossing van het probleem

Waarschijnlijk bent u uitgegaan van een intuïtieve voorstelling van het probleem. Daarbij denkt men meestal in het platte valk. Het gaat bij de mug en de olifant echter om een driedimensionaal probleem. Wanneer men een voorwerp in een richting een aantal malen uitrekt, dan gaat de oppervlakte met het kwadraat en het volume met de derde macht. Het lichaam van de mug wordt dus  $1000^3$  maal zo zwaar =  $1000 \cdot 1000 \cdot 1000 = 1.000.000.000$ . (lengte x diepte x hoogte). De oppervlakte van de poten echter, het draagvlak van die poten, wordt maar  $1000^2$  zo groot -  $1.000.000$  (lengte x diepte). De poten van de grote mug kunnen zijn lichaam dus niet dragen; ze zijn te dun. Hetzelfde geldt voor de vleugels van de mug; hij kan niet vliegen. Het omgekeerde geldt voor de olifant: een olifant die in werkelijkheid net zo klein is als op de tekening, kan zijn lichaam met dunnere poten niet dragen.

Wanneer natuurkundigen een dergelijk probleem aan pakken, zullen ze waarschijnlijk automatisch in de 'goede' richting zoeken. Maar hoe pakken 'leken' of leerlingen dat aan? en wat kan je zeggen over de verschillen tussen meisjes en jongens? Maken meisjes het probleem ingewikkelder dan de natuurkundige? Maken zij niet van een mug een olifant?

### Formele talen, de 'canonieke vorm' en wiskundig denken

Om de natuur te leren kennen, experimenteren natuurkundigen steeds met een deel van de werkelijkheid. Daarbij proberen zij deze werkelijkheid zodanig te vereenvoudigen dat zij een oplosbaar probleem kunnen formuleren. Om dit probleem vervolgens op te kunnen lossen brengt men het in een isoleerbare, zogenaamde canonieke vorm. Problemen die op deze manier zijn geoperationaliseerd, zijn oplosbaar binnen een daarop toegesneden formele taal. Het kenmerk van een formele taal is, dat binnen die taal zelf duidelijk is wat er wel en wat er niet toe behoort. 'Wiskundig denken' kan nu worden opgevat als enerzijds het vermogen om een probleem binnen de canonieke vorm van een formele taal onder te brengen en op te lossen, anderzijds als het vermogen om met verschillende formele talen om te gaan.

De natuurkunde kan worden gezien als een verzameling van dergelijke formele talen, waarvan het succes en de kracht onbetwist is; met behulp van die talen kunnen problemen immers effectief worden opgelost. Problemen binnen die natuurkunde worden hiermee echter ook zichtbaar; wat gebeurt er met die problemen die niet in een dergelijke canonieke vorm kunnen worden ondergebracht?

Maar terug naar de mug en de olifant. Bij dit probleem wordt gevraagd naar de juiste formele taal en haar canonieke vorm. Is deze duidelijk afgebakende en sterk vereenvoudigde taal - ten opzichte van de veel complexere gehele werkelijkheid - gevonden, dan is een aldus geformuleerd probleem binnen die taal oplosbaar. Het probleem van de mug en de olifant kan dus effectief worden opgelost als het probleem eerst wordt ondergebracht in een passende natuurkundige formulering en vervolgens wiskundig wordt opgelost.

De denkstappen die hierbij gevraagd worden zijn de volgende:

1. Er is een probleem  
De mug groeit. Kan hij lopen?
2. Dit wordt vertaald in een natuurkundig probleem.  
Kunnen de poten de mug dragen? Wat gebeurt er met het gewicht, met de druk op de poten?

3. Dit wordt vervolgens vertaald in een wiskundig probleem. Het volume neemt toe met de derde macht, de oppervlakte met kwadraat.
4. Het probleem wordt wiskundig opgelost. Het volume van het lichaam neemt relatief meer toe, dan de oppervlakte van het draagvlak van de poten
5. Vervolgens wordt dit terug vertaald naar een natuurkundige oplossing. Als de poten niet in gelijke mate dikker worden als het lijf zwaarder, dan kunnen de poten het gewicht van het lijf niet dragen
6. Terug naar het probleem. De mug kan niet lopen.

Om het probleem op te lossen kan je generaliseren. Bijvoorbeeld door een vergelijking te maken met een tafelblad en een tafelpoot of een olifantenlijf en een olifantenpoot. Deze generalisatie bestaat dan feitelijk uit het vergelijken van een beperking, van een geïsoleerd deel van het probleem. Namelijk van mug, olifant, tafelpoot met betrekking tot het aspect 'het volume in relatie tot de oppervlakte' in de wiskunde en 'het gewicht in relatie tot het draagvlak' in de natuurkunde.

Om het probleem te kunnen oplossen wordt dus geabstraheerd van de mug zoals ik die zag; de hele mug met haar ogen, haar huidstructuur, haar kleur en dergelijke. Gevraagd wordt slechts te kijken naar het volume van het lichaam en het draagvlak van de poten. Deze abstractie wordt een generalisatie genoemd en wordt door mij geassocieerd met afstand nemen. Het is echter ook een nauwkeuriger waarnemen van een deel van de hele mug. Denk ik bij abstraheren aan 'moeilijk denken' en afstand nemen, voor het oplossen van dit probleem ben ik meer gebaat met termen als 'nauwkeurig waarnemen; en 'deel van het geheel'. Bovendien vindt de abstractie niet 'ver weg' plaats, buiten mijzelf, maar juist dichtbij n.l. in mijn verbeelding. Ook het woord 'exact' is in dit verband verwarrend. Ik dacht altijd dat het ging om een 'exacte' weergave van de werkelijkheid en alles wat ik daarin waar kan nemen, maar in feite betreft het exacte beelden in het denken. Ik begin nu ook te begrijpen waarom ik zo'n moeite heb om het probleem op te lossen. Ik 'zie' namelijk niet dat het probleem twee keer vertaald moet worden in een natuurkundig probleem. De tweede keer van een natuurkundig probleem in een wiskundige formulering. Ik "zie" niet, dat er een vertaling plaats vindt van werkelijkheid in natuurkundige en wiskundige beeldtaal.

En weer voelde ik de woede bij mij opkomen als de natuurkundige leraar tegen mij zegt: "en de rest is eenvoudig, want dat is gewoon wiskunde ...", volgende probleem. Voor mij was alles natuurkunde ... een brij ... één taal ... Langzamerhand begin ik te begrijpen wat het betekent als het vlieg- en loopprobleem van de mug in een geïsoleerde canonieke vorm wordt gebracht, in een formele taal waarbinnen het probleem kan worden opgelost. Maar of ik deze oplossing ook vanuit mezelf had kunnen begrijpen?

#### **Meisjes en jongens, een andere 'taal', een andere manier van denken?**

Het lijkt wel alsof veel jongens de beperking van het probleem tot een geïsoleerd deel van dat probleem vanzelfsprekender vinden dan meisjes zoals ik. De vraag is dan: was de gevraagde denkmethode beter bij hen dan bij die meisjes? Of is het zo dat zij zich eerder conformeren aan de gevraag-

de denkmethode in het onderwijs dan meisjes dat doen? Dit laatste lijkt in tegenspraak met andere bevindingen. In het algemeen wordt immers gezegd dat meisjes braver zijn dan jongens, zij houden zich beter aan de richtlijnen en de aanwijzingen van de docent, zij zijn nauwkeuriger, preciezer ... waarom lukt het haar dan niet om via een nauwkeurig waarnemen het probleem van de mug op te lossen? Naar aanleiding van het verhaal van de mug en de olifant kom ik tot de volgende vragen: weigeren meisjes vaker zich 'op te sluiten' binnen de grenzen van een formele taal. Hebben zij vaak het gevoel er buiten te staan? Hebben sommige meisjes hier met wiskunde geen problemen mee, omdat daarvan duidelijk is dat het gaat om een aparte taal met eigen spelregels? Maar raken ze wel in de war als een dergelijke formele taal wordt gebruikt voor een beschrijving van de werkelijkheid? Geloven ze niet in de formele taal, omdat deze niet voldoende overeenstemt met de door haar ervaren werkelijkheid? En is dit niet alleen het geval bij een vak als natuurkunde, maar geldt het voor ieder probleem dat binnen de grenzen van een formele taal - al dan niet ten onrechte - wordt geformuleerd? Geloven zij niet in een dergelijke beperking omdat deze niet voldoende overeenstemt met de door haar ervaren werkelijkheid? Wanneer bijvoorbeeld wiskunde en natuurkunde in verband worden gebracht met de ervaringen van leerlingen, dan suggereert dit dat zij op basis van hun ervaringen de juiste formele taal op het spoor kunnen komen. Maar het gaat ook bij de 'beta's' om de constructie van een taal, om een vertaling van de werkelijkheid en niet om een beschrijving van die werkelijkheid zelf. Hoe vanzelfsprekend is deze 'sprong' van ervaring in taal? Verschillen tussen jongens en meisjes probeer ik nu te situeren in de verschillende manieren waarop jongens en meisjes met taal en begrippen omgaan, in de verschillende betekenis die taal-metaforen voor hun denken hebben. Een metafoor is een voorstelling in de taal die berust op een vergelijking (bijvoorbeeld: het schip van de woestijn = kameel) (Van Dale). Maar is niet ieder begrip een metafoor, berustend op het beeld dat wij van de werkelijkheid hebben? En zijn deze drie elementen woord, beeld en werkelijkheid anders gestructureerd binnen het woord denken van jongens en meisjes; maken zij op een andere manier gebruik van het metaforische karakter van de taal?

#### **Werkelijkheid, beeld en taal**

Problemen van meisjes met natuurkunde hangen volgens mij samen met een verwarring over de relatie tussen werkelijkheid, beeld en taal.

Natuurkunde bestaat uit bepaalde beelden die een reductie zijn van een waargenomen werkelijkheid, deze beelden krijgen vervolgens woorden in een bepaalde taal. Verwarring kan ontstaan zowel op het niveau van de beelden als op het niveau van de taal. Sommige mensen spreken dezelfde woorden maar hebben daarbij andere beelden, hiervan is vaak sprake in een gesprek tussen docenten en leerlingen. De beelden blijven vaak impliciet waardoor een spraakverwarring op het niveau van de begrippen blijft bestaan.

Maar ook het omgekeerde komt voor: dezelfde beelden kunnen leiden tot verschillende woorden en begrippen. Het is daarom in onderwijssituaties van groot belang om juist aan het niveau van de beeldvorming aandacht te besteden.

Op dit niveau vindt ook een verbinding plaats van meer persoonlijke beelden (beelden van binnenuit, beelden van 'beleven') en beelden van buiten, er wordt een 'tussentaal' geconstrueerd die binnen en buiten met elkaar verbindt. Het lijkt alsof meisjes in deze tussentaal andere accenten leggen dan jongens, accenten die wel worden omschreven als 'emotioneel', 'sprookjesachtig', 'fantasierijk'. Deze accenten worden in natuurkunde (maar ook elders) vaak als 'te persoonlijk' van de hand gewezen, maar ze zijn voor een meisje essentieel om tot een eigen beeldvorming te komen. Vanuit deze eigen tussentaal kan zij een vergelijking maken met de taal die je in de natuurkunde hoort te spreken.

Jongens schijnen een 'natuurlijker' aanleg te hebben voor een natuurkundige manier van denken, waarschijnlijk omdat de natuurkunde voortkomt uit het denken van mannen, een gestructureerde vorm is van het dagelijkse spreken van mannen.

In deze dagelijkse spreektaal wordt een probleem zo snel mogelijk gereduceerd tot een 'oplosbaar' probleem en wordt alle redundantie zo snel mogelijk uitgeschakeld.

De structuur van het mannelijk denken is een structuur waarbinnen het construeren van meer formele, gesloten talen en het hanteren van meer exacte begrippen meer vanzelfsprekend is.

### **Vrouwen 'weten' dat de waarheid niet bestaat**

Als een meisjes weigert zich op te sluiten in een formele taal, weigert ze als het ware die formele taal als waarheid over de door haar beleefde werkelijkheid te erkennen. Door haar wordt daarmee de beperktheid van zo'n taal - onbewust - erkend. Maar deze erkenning leidt er niet toe dat zij de tijdelijkheid van dergelijke talen ook inziet en benut, zoals 'natuurkundige' denkers doen. Zij maakt haar taal super-tijdelijk, waardoor ze voortdurend van taal verspringt. In het geval van de mug zullen haar gedachten verschillende richtingen opgaan. Ze ziet niet alleen de dikte van de poten als een probleem, maar ook bijvoorbeeld de structuur, het materiaal ervan ... Ze vereenvoudigt het probleem niet tot een natuurkundig probleem, maar een veelvoud van mogelijkheden komt bij haar op. Om aan die veelvoudigheid te ontkomen lijkt ze op zoek naar een 'eigen' taal die alles omvat. Deze eigen taal moet haar waarnemingen en bevindingen structureren, waarmee ze kan ontkomen aan de 'dwang' die een formele taal haar oplegt. Maar juist vanwege die veelvoudigheid is er ook behoefte aan orde en rust. Wellicht dat daaruit haar nauwkeurigheid - in meer waarheidsgetrouwe waarneming? - maar het ook goed functioneren binnen een 'kunstmatige' taal, zoals de wiskunde, te verklaren is. Haar problemen met natuurkunde zouden dan te verklaren zijn, omdat haar gevraagd wordt voortdurend te verspringen tussen twee formele en een niet formele taal: de voortdurende afwisseling tussen haar verwerking van de werkelijkheid en de natuur- en wiskundige bewerkingen daarvan.

De vraag is hoe een 'vrouwelijke' taal eruit zou zien, die niet de strikte kenmerken heeft van een formele taal, maar wel meer ruimte laat voor ambiguïteit.

Juist doordat meisjes worden gedwongen te denken in een taal die niet bij hen past, wordt hen niet de mogelijkheid geboden een eigen taal te ontwikkelen die ook hen meer houvast geeft dan het voortdurend van taal te verspringen.

### **Jongens lijken meer onzeker dan meisjes**

Kan een meisje binnen de natuurkunde moeilijk de overgang maken van de ene in de andere taal? In het dagelijkse leven wordt wel van vrouwen gezegd dat zij veel praktischer, maar vaak ook wispelturiger zijn dan mannen. Daar hantieren zij juist verschillende 'talen' door elkaar heen. Terwijl de 'mannenmanier' in haar ogen gekenmerkt wordt door een zekere rigiditeit. Het lijkt alsof een man alleen binnen de door hem gedefinieerde kaders wil en kan denken. Er wordt van jongens wel gezegd dat zij ondernemender zijn dan meisjes, meer durven en meer problemen aanpakken. Vanuit een ander gezichtspunt kan je echter ook zeggen dat ze banger zijn dan meisjes, meer onzeker ... of; dat zij minder goed in een onbegrensde onzekerheid kunnen leven en dus daarbinnen steeds eilandjes of ijsschotsen van zekerheid nodig hebben. Eilandjes van waaruit zij de volgende stap op hun ontdekkingsreis kunnen zetten. De handige eigenschap van een jongen om een complex probleem in verschillende subproblemen op te delen, er een operationele vorm aan te geven kan dus ook een uitdrukking van angst zijn. Zijn jongens er op uit om hun onzekerheid zo snel mogelijk op te heffen door het oplosbare deel van een probleem aan te pakken? En zijn meisjes en vrouwen meer gewend te leven met onoplosbare problemen?

In een schoolklas waar de opdracht van de mug en de olifant was voorgelegd, leken de jongens uit te zijn op een snel en zeker antwoord; de mug kan lopen, ja of nee! Meisjes lieten daarentegen het antwoord vaak in de lucht hangen: misschien kan hij vliegen ... misschien niet. Sommige meisjes leken zich extreem aan de gevraagde denkwijze te onttrekken en maakten niet terzake doende opmerkingen, zoals: 'wat heeft de leraar nu weer in zijn hoofd ... zeker niet lekker geworden'. Het kan zijn dat dit ontwijken van de vraag te maken heeft met twijfel, een inhoudelijke twijfel over de oplossing van het probleem. Wat gebeurt er bijvoorbeeld als de mug in werkelijkheid zou groeien? Blijft de structuur van de poten dan wel hetzelfde of verandert het materiaal, waardoor de poten niet meer zo dik hoeven te worden als de poten van de olifant?

De 'gaten' die ik zelf meende te bespeuren in de redenering van mijn natuurkundeleraar lijkt hier mee verklaard. Immers, de redenering zelf bevat geen gaten, maar onze kennis over de werkelijkheid wel. Anders geformuleerd: binnen de formele taal is de redenering sluitend, maar tussen formele talen zit ruimte of 'ruis'. Door kennis op te delen in blokken, door steeds het operationaliseerbare gedeelte van een probleem te formuleren, wordt kennisaccumulatie mogelijk. Witte plekken, 'gaten' in onze kennis worden daarmee zichtbaar en roepen nieuwe probleemformuleringen op, die op hun beurt weer kunnen worden opgelost. Maar wat gebeurt er met problemen die niet in een dergelijke vorm kunnen worden ondergebracht?

En hoe ziet het met de relatie tussen problemen, de overgangen en de ruimtes ertussen?

### **Vragen rond vrouwelijk leren en vrouwelijkheid, mannelijkheid**

Hoe gebruik ik het begrip vrouwelijke leren? Kan dit gelijk worden gesteld met leren van vrouwen? De laatste vraag is niet te beantwoorden met een eenvoudig ja of nee. Ik gebruik het begrip om onderscheidingen te kunnen maken, te zoeken ... Uitgangspunt voor dat zoekproces is het leren van mezelf. Mijn manier van leren en een aantal leerproble-



men die ik daarbij constateer, doen me de vraag stellen: wat heeft dit te maken met het feit dat ik een meisje ben? En vervolgens: waarin verschilt dit leren van dat van een - door mij geconstrueerde - 'ideale', creatieve jongen of man? Door de creativiteit van deze man, die bestaat uit delen van verschillende mannen met wie ik te maken heb, te confronteren met die van mezelf, ontstaat een vraag- en zoekproces. Iedere keer als ik een overeenkomst gevonden heb, vraag ik me af: wat is dan toch het verschil. En bij een verschil: waarin is het hetzelfde.

Door zeer subjectieve ervaringen te isoleren als delen van mezelf en deze te vergelijken met delen van anderen, zoals gebeurt in het verhaal van de mug en de olifant, trekt zich een spoor van mijn leren. Door het benoemen van overeenkomsten en verschillen ontdek ik nieuwe vragen en blinde vlekken.

Zo ontwikkelt zich een theorie van een bepaald type meisje - ikzelf. Deze theorie 'toets' ik in gesprekken met andere vrouwen en meisjes in leerexperimenten binnen mijn onderwijs aan de universiteit en aan daartoe relevante literatuur. Een meer algemene geldigheid zou kunnen blijken uit deze gesprekken en experimenten en uit reacties op lezingen, colleges en artikelen ... of niet.

Mijn drijfveer hierbij betreft de vraag: stel dat er wel een wezenlijk verschil is tussen mannen en vrouwen en dat het verschil niet alleen is terug te voeren op socialisatie en cultuur, waar kan ik dat verschil dan situeren? Stel dat het denkvermogen van mannen en vrouwen zich verschillend ontwikkelt. Dan is het mogelijk dat in ons onderwijs vooral de 'mannelijke manier' wordt getraind. Wat is dan een didactiek die beter aansluit op het denk- en analysevermogen van mijzelf en andere vrouwen. Een vraag die daarbij aansluit is: hoe kan bij een verschillende denkmanier toch een gelijkwaardige communicatie tussen mannen en vrouwen plaatsvinden. Ik beperk me daarbij niet meer tot de situatie in het onderwijs en het leren van jongens en meisjes, maar richt me op de 'taal- en denkpositie' van de vrouw in het gezin, van de vrouwelijke onderzoeker, wetenschapper, manager. Uitgangspunt daarbij is het feit dat vrouwen zich nu vaak gedwongen voelen in het taal- en denkpatroon van mannen te stappen; hoe kunnen vrouwen zich daaraan onttrekken zonder in een zwijgen te vervallen of in een wirwar van associaties belanden? Het verhaal van de mug en de olifant biedt mij aanknopingspunten om die situaties te analyseren. Het is een belangrijke metafoor in mijn denken.

Door niet te kiezen in de kwestie van natuur en cultuur, openbaren zich andere vragen: begint een mens als man of als vrouw en leert hij of zij denkeigenschappen van de andere sekse? Begint de mensheid cultureel gesproken als man en vrouw en is een lichamelijke en geestelijke evolutie in de richting van het andere geslacht mogelijk? Wat is de relatie tussen lichaam en denken? Evalueren ook onze lichamen zich in de richting van het andere geslacht als wij het denken van de ander leren? Deze fantasie stimuleert mijn denken. Het klinkt wel utopisch, maar biedt de mogelijkheid te ontkomen aan de discussie natuur of cultuur ... omdat wij overal vandaan kunnen komen en overal naar toe kunnen groeien met betrekking tot het mannelijke en het vrouwelijke. Maar ook dat wij dit proces wellicht onbewust sturen in het onderwijssysteem dat we kiezen. Mij interesseert de vraag: hoe kan het onderwijs, ook op de universiteit, meer variëteiten in ontwikkelingsmogelijkheden bieden?

Om te beginnen voor vrouwen, maar wellicht ook voor mannen. Meer algemeen staat het onderwijs dan voor de opgave een cultuur- en onderwijspatroon te stimuleren waarin verschillen tussen de seksen andere kansen krijgen zich te ontplooiën. Het tot nu toe gehanteerde concept van de roldoorbreking vind ik daarvoor een te beperkt ideaal. Het gaat er niet om dat mannen leren zich vrouwelijk te gedragen en vrouwen meer mannelijk en ook niet om jongetjes typisch mannengedrag te verbieden. Ik zie niet zoveel heil in een nieuwe 'androgyn' norm, waarin de ideale nieuwe mens bestaat uit vijftig deeltjes vrouwelijkheid en vijftig deeltjes mannelijkheid. Maar eerder in een x-aantal variëteiten en sexualiteiten. Ik ben er niet op uit louter 'vrouwelijkheid' te ontdekken, maar interesseer me voor de vraag, waarin het 'vrouwelijke' of 'vrouwelijkheden' in een vrouw toch verschilt van het vrouwelijke in een man. Dus ook hier zoek ik bij een vermeende overeenkomst weer naar een verschil tussen de seksen. Bij vrouwen probeer ik om die reden bij een vermeend verschil toch weer een overeenkomst te ontdekken. De vrouwelijke produktiviteit die ik via deze onderzoeksweg ontmoet, betreft vooral de produktiviteit voor en van mijzelf. Het motortje dat mij door deze zoekhouding in beweging brengt en mij dingen laat doen en opschrijven die ik voorheen niet durfde. Van deze voor mij vruchtbare bevindingen wil ik graag andere vrouwen mee laten delen. 'Vrouwelijke leren' bevindt zich daarmee op de grens van het mogelijke. Het begrip is enerzijds gebaseerd op waarneming, anderzijds houdt het een belofte in: iets wat in mij, in ons vrouwen nog ontdekt kan worden.

We lijken in een tijdperk te zijn aangeland waarin binnen de wetenschap bepaalde grenzen van het 'mannelijke' denken lijken te zijn bereikt. Ik ben dan ook nieuwsgierig naar ontwikkelingen binnen de wetenschapstheorie en de natuurwetenschappen, maar ook bijvoorbeeld op het gebied van de artificiële intelligentie. Daar lijkt te worden gezocht naar andere denkstructuren om tot nu toe onoplosbare problemen binnen die terreinen effectief aan te kunnen pakken. Ik veronderstel dat men daarbij ook van het denken van vrouwen kan gebruiken. Mijn fantasieën met betrekking tot deze gebieden prikkelen dan ook mijn behoefte om dit 'denken' te beschrijven.

Met dank aan Michiel Boonzajer.

Publicaties:

1. R.Hablé (1987) Van poëtische metafoor tot wetenschappelijke hypothese. Een gesprek tussen een professor en zijn vrouwelijke assistent. In: Construeren. Groningen: uitgave ter gelegenheid van de Zomeruniversiteit Vrouwenstudies.
2. I.Guinée & R.Hablé (1987) 30 manieren om in de appel van 'de boom der kennis' te bijten. Amsterdam: Metaphora, SPCP.
3. R.Hablé, A.Roda & I.Guinée (1988) Vrouwelijk denken in Parijs. Amsterdam: Metaphora, SPCP.
4. I.Guinée & R.Hablé (1991) Vrouwenstemmen. Amsterdam: Metaphora, SPCP.



# Better science for both girls and boys: teaching strategies in science education

*Doris Jorde, Ph.D.*

Center for Science Education, University of Oslo, Norway



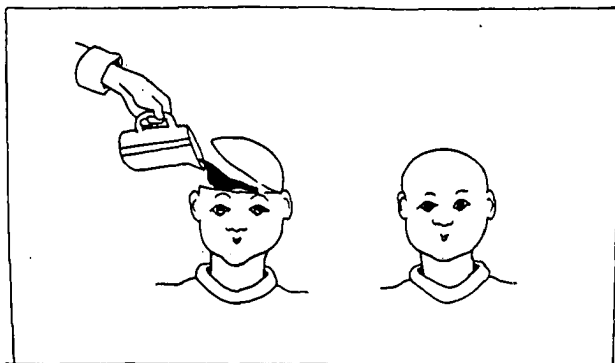
## Introduction

As teachers, we are all aware that the best way to create a positive learning environment is to find ways to actively involve the learner. Today, I am the teacher and those of you who sit in the audience represent the learners.

What better to begin than to give you an assignment so that you will begin to feel personally involved in what I later have to say about creative teaching methods.

The assignment is as follows:

1. Take-out a blank piece of paper.
2. Close your eyes for a minute and think about the best lesson you had in your teaching last year.
3. You now have 5 minutes to write as much as you can about that lesson, describing as best you can why that lesson was so great. You can consider how you felt as a teacher, or you can consider how your pupils felt during the lesson.
4. Time permitting, we will then read what we have written to the person sitting next to us.



The learner does not come to the hour with an empty head waiting to be filled.

The traditional view of learning or teaching views the teacher as one who "knows all". The learner is seen as an empty vessel, passively awaiting the information or knowledge which the teacher is to deliver in the lesson. If information has been stated by the teacher, it is assumed

that the learner has absorbed this information and has understood it as well. The teacher is the giver, the pupil is the passive receiver.

One has only stand before a class of pupils for a very short period of time to believe that this model of learning does not represent reality. There are indeed, pupils who absorb almost everything we say and they also indicate that they understand as well. But there are also pupils who hear and do not absorb. Pupils who, no matter how many times we repeat a statement, have little to no chance of understanding what we are talking about.

Part of learner's failure to understand may be explained by the fact that they have a different way of interpreting the world, and that their interpretation often differs from a "scientific" explanation of how things are described. We often use the term "alternative conceptions" or "misconceptions" to describe these explanations which the learner holds on to, and can often hinder learning. More recent theories on how we learn have their roots in the research done by Jean Piaget. Through this research we began to understand the importance of the individual in the learning process. We began to recognize that knowledge, or the acquisition of knowledge, is constructed in the mind of the individual. The individual is responsible for creating his or her own reality by absorbing information from the world around them and fitting new information into existing structures. We say that the individual is constructing knowledge.

Our very distinguished speaker, Rosalind Driver, will be talking much more about conceptual change learning and what recent research has to say to the classroom teacher.

What I would like to summarize briefly today about conceptual change learning are the following points:

1. The learners existing ideas are important and need to be explored and examined.
2. The learner is responsible for her own learning. No one else can make a person learn something.
3. Motivation towards learning is a key element in the learning process.

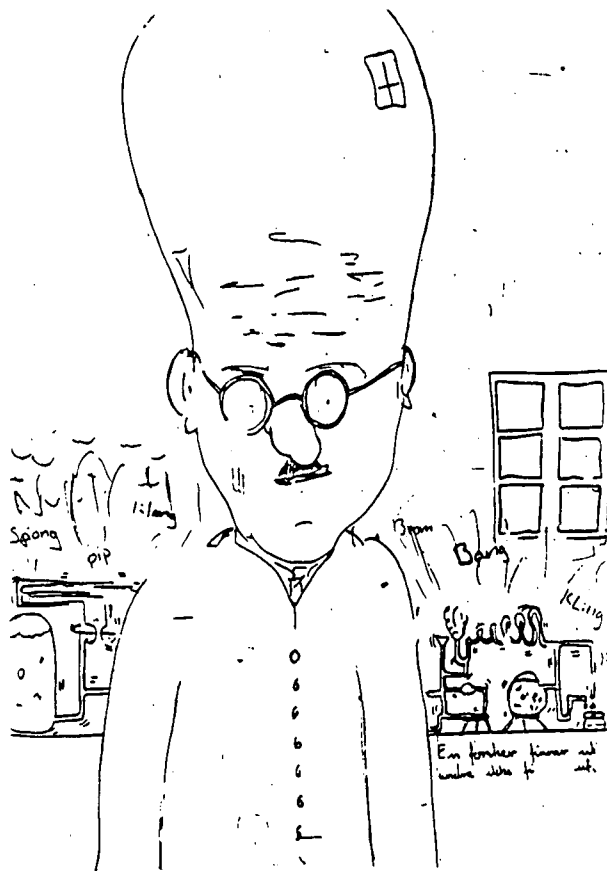
All of these points lead us to the conclusion that our instruction, be it physics or mathematics, must be designed

such that we allow pupils the opportunity to express what they already know about topics, that they be given time to reflect on new information to determine if it will fit into their existing ideas and finally, that they be given the opportunity to become personally motivated to want to learn.

It is especially the final point, motivation, that I will concentrating on today.

### How do the girls see science?

A recent study in Norway conducted by Marit Kjárnslí asked children to both write and draw their impressions of a scientist. The results of the pictures speak for themselves: science is not exactly the type of career a young girl would necessarily aspire to.



Should we hope to attract a larger number of girls to science, it is clear that the image of science and scientists must be changed.

### Gender inclusive science

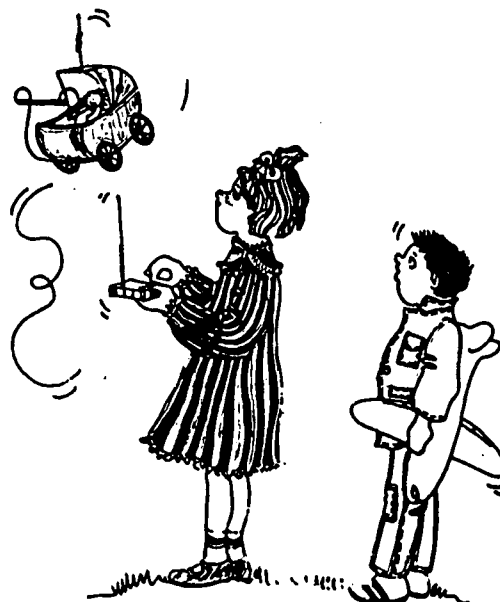
We as science educators, have all received a clear message with regards to the participation of girls in advanced sciences. Science has been described as a "masculine" subject where facts and equations lead to a description of reality.

I think we can all agree that that is not the picture of science we wish to portray to our students, be they girls or boys. We use the term "Gender inclusive science" to indicate that changes can and have been made in science instruction that show the more humanistic side of science, It is this side of science that has a greater appeal to girls and perhaps to many boys as well.



In the recent GASAT conference (gender and science and technology) held in Sweden the spring of this year, I was asked to talk about what we are doing in Norway to encourage a more "gender inclusive science". As I was listening to one our speakers I wrote the following little verse describing what I think is important about such a science.

*Gender inclusive science is a science made for all.  
We emphasize activities and not just cold recall.  
It's breaking out of old ideas: away from what's been done,  
So kids can see and do and learn, and say that  
Science is Fun!*



A science which is gender inclusive is a science which is better for all children, and not just girls. It is a science that takes into account what we know about how children learn, and especially how important motivation is to the learner.

And just what does this science eventually look like?

A gender inclusive science:

- Builds on the practical uses of science and technology in our daily lives
- Builds on the experiences of both girls and boys
- Has personal orientation connecting science to people and human needs
- Builds on the cultural and historical context of science
- Builds on science/technology/society issues

### **How to create a gender inclusive science**

As teachers we need to translate the above points into our actual lessons. Many of the workshops tomorrow afternoon will give you ideas for physics teaching. The writing you did at the beginning of this talk was an example of how we can use expressive writing techniques to motivate pupils, to get them involved in the lesson by recognizing that they can become personally interested in the subject.

There are a number of general trends which can be identified in what I would call a gender inclusive science teaching.

A gender inclusive science:

1. Builds on activities - those lessons that allow students to try things out for themselves will also mean giving them ownership of what is learned.
2. Allows for personal engagement - a necessary component if we believe that individuals are indeed responsible for their own learning.
3. Is structured and "guided" - we should always give our students information on why we doing things and where we want to end up. Many students will find reasons to become involved if they know about the grand plan and have a good reason for learning the basics in order to get to the "good stuff".
4. Includes as variety of presentation forms - lectures, activities, experiments, writing, drama, posters, art, oral presentations, and many more will give the variety many students find exciting.
5. Allow time for reflection (Less is More) - a curriculum that covers more and more each year is not necessarily better than one that covers less information but in a more thorough manner. Students must be allowed the time they require to absorb what they have learned and think about how new information fits into a total picture.
6. Relates science and technology to society  
(Science/technology/society)

A science that connects the everyday world to the science lesson will also connect more students to science. We all are more interested in topics that relate directly to ourselves and our own lessons should also reflect this.

The SATIS materials from the Association for Science Education in England are an excellent example of how science topics may be related to technology and society.

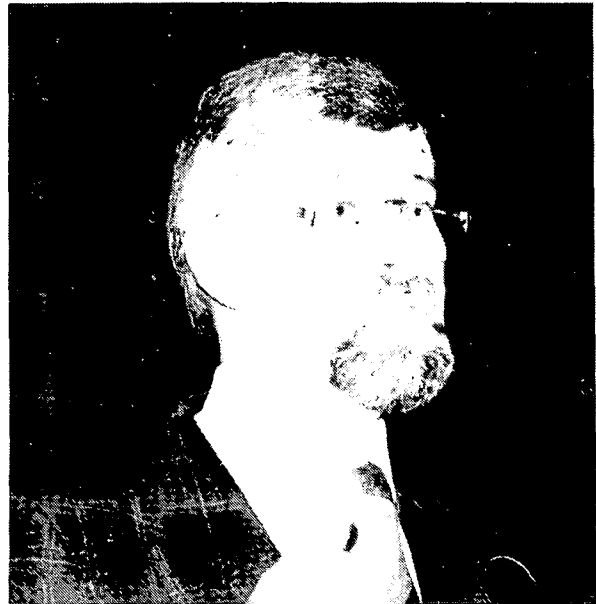
Remember the balloon activity we ended the session with? Let us hope that our creative minds will continue to think of new and better ways to present the science topics that we, as teachers, know are important for students to learn.

Doris Jorde  
Oslo, Norway 1990



# Naar een nieuw schoolconcept voor de jaren negentig

*N.A.J. Lagerweij*



Prof. dr. N.A.J. Lagerweij is werkzaam als hoogleraar onderwijskunde bij de Vakgroep onderwijskunde van de Rijksuniversiteit Utrecht

## **Samenvatting**

De samenleving is op snelle wijze overgegaan in het informatietijdperk. Leraren reageren hierop eerder gezapig dan ondernemend. Het is hoog tijd voor een grondige vernieuwing van het Nederlandse onderwijs voor 4- tot 15- à 16-jarigen. Ontwikkelingen in de maatschappij vereisen een slagvaardig en eigentijds antwoord vanuit het onderwijs. Vooral het pedagogisch-didactisch werken in de school verdient verandering. Daarvoor is een nieuw schoolconcept nodig. Een uitdagende opgave voor de onderwijsbegeleiding?

## **Ingrijpend**

Op korte termijn staan ingrijpende ontwikkelingen voor de deur die tot in de intimiteit van het klaslokaal zullen doordringen. In 1992 verandert het gezicht van Europa. In het onderwijsbestel klinkt nog geen reactie. De groeiende informatietechnologie roept om aangepast onderwijs. Computers overvallen de school, men weet er daar nog nauwelijks raad mee. Ontgroening (het aantal jeugdigen neemt af) en vergrijzing (het aantal, ouderen stijgt) roepen nieuwe vraagstukken op. De hoeveelheid vrije tijd zal groeien. Oude waarden en normen verliezen hun betekenis. Grotere aandacht voor individuele vrijheid, samen met een grotere welvaart, kenmerken een veelvormige jeugdcultuur. Deze verschijnselen kunnen het onderwijs niet onberoerd laten. Er is alle aanleiding een nieuw eigentijds ontwerp van het onderwijs te doordenken. Op welke wijze en in welke vorm moet cultuuroverdracht in de jaren negentig en daarna in de volgende eeuw gaan plaats vinden? In deze bijdrage geef ik mijn opvattingen weer over de inrichting van het onderwijs in de nabije toekomst. Ik weet dat voor zelfs kleine onderwijsveranderingen een periode van tenminste twee jaar minimaal vereist is. Mijn voorstellen voor een ander schoolconcept zijn voor een deel zo ingrijpend, dat de realisering daarvan in de praktijk van ons stelsel al gauw tientallen jaren zal vergen. Het is wel de hoogste tijd voor actie.

## **School en leven**

Voor het onderwijs in de toekomst is het van belang de hierboven kort aangeduide culturele en sociaal-economische ontwikkelingen serieus te nemen (1). Niet elke ontwikkeling moet of kan zonder meer een vertaling in het onderwijs krijgen. Voor de opbouw van een visie op het onderwijs in de toekomst zijn keuzen onvermijdelijk. Die keuzen hebben voor een belangrijk deel een persoonsgebonden en normatief karakter. Mijn persoonlijke keuzen hebben tot doel de lezer uit te nodigen tot meedenken. Voor het ontwerp van een nieuwe school is het ook van belang te bezien hoe het menselijke leven er in de 21e eeuw uit zal zien. Uit vele bronnen (2) die over dit onderwerp bespiegelingen bevatten blijkt dat men de volgende levenssituaties kan verwachten:

- het leven in een kleine basisgemeenschap;
- het leven als producent;
- het leven als burger in wijdere samenlevingsverbanden;
- het leven vanuit de eigen individualiteit.

In de komende decennia zal de mens zich in hoofdzaak bevinden in deze vier situaties. De gezinssituatie zal zich de komende periode geleidelijk aan wijzigen. De spreiding in leeftijd van de kinderen wordt kleiner: in een gezin zullen meer kinderen van ongeveer dezelfde leeftijd aanwezig zijn. Beide ouders werken gedurende een bepaald deel van de week buitenshuis. Door echtscheidingen zullen kinderen meer op elkaar aangewezen zijn. De toenemende betekenis die leeftijdsgenoten en vrienden hebben voor de opgroeiende jongeren leidt tot een verandering van de opvoeding. Volwassenen zullen minder greep krijgen op het waarden- en normenbesef van de opgroeiende generaties. Televisie zal meer nog dan thans als 'trendsetter' gaan werken. De behoefte aan economische onafhankelijkheid zal toenemen. Het gesloten gezin levert minder het vaste leefpatroon van velen. De vriendenkring wordt wellicht de hoeksteen van de samenleving. Er komen meer productiefuncties die een laag niveau van scholing vereisen, naast die waarvoor een hoge graad noodzakelijk is. Levenslang leren is het uitgangspunt voor de opbouw en taak van het onderwijs. Veel minder dan voorheen zal het gevolgde onderwijs leiden tot een kans op (behoud van) een baan. De toegenomen vrije tijd roept nieuwe behoeften op aan scholing en vorming. Een democratische samenlevingsvorm veronderstelt dat iedere persoon

in staat en bereid is tot participatie in besluitvormingsprocessen in lokaal, regionaal, nationaal en mondiaal kader. Om als burger goed te kunnen functioneren dient men de werking van de samenleving te begrijpen. Men moet ook leren hoe veranderingen te bewerkstelligen. Het individualisme zal groeien. Meer dan voorheen wenst men ruimte voor eigen keuzen en recht op het bezit van eigen persoonlijkheid met inbegrip van zelfgekozen normen en waarden. De school heeft tot taak jonge mensen in staat te stellen tot participatie aan de samenleving. Wat betekenen bovenstaande verwachtingen voor de functies van de school?

### Schoolconcept

Scholen zijn levende organisaties die voortdurend zich ontwikkelen. In een snel veranderende omgeving is het niet eenvoudig de juiste en gewenste richting te bepalen voor veranderingen. Het huidig overheidsbeleid geeft scholen in toenemende mate meer mogelijkheden een eigen beleid uit te stippelen. Dat doet een groot beroep op eigenschappen van scholen die het mogelijk maken om zichzelf te veranderen. De huidige scholen lijken nog onvoldoende toegerust voor een dergelijke opgave. Het gevaar bestaat dat veel scholen onvoldoende in staat zijn met het oog op de te verwachten maatschappelijke veranderingen een eigen koers te bepalen. Daarom moeten we trachten te voorkomen dat het onderwijs verstrikt raakt in de vele van buiten komende impulsen tot verandering. Het is nodig dat scholen een eigen schoolconcept ontwikkelen. Met schoolconcept bedoel ik een document dat een verzameling van uitspraken bevat over taken en functies van het instituut school in relatie tot de belangen van individuen en samenleving. Die uitspraken hebben voornamelijk betrekking op de wijze waarop en de doelen waarmee leerlingen in onderwijsleerprocessen geschoold worden. De aanwezigheid van een schoolconcept maakt het mogelijk dat in een school verdere gedachtenwisseling en besluitvorming over de wenselijke ontwikkeling mogelijk zijn. In elke school speelt ook thans een schoolconcept een rol. Vaak gebeurt dat impliciet, omdat men het niet op schrift heeft gesteld. Min of meer expliciet komen we dergelijke concepten tegen in het schoolwerkplan (3). Bekende voorbeelden zijn de concepten van de zogenaamde 'Traditionele vernieuwingsscholen', die gebaseerd zijn op ideeën van Petersen, Montessori, Boeke en vele anderen. Hierna doe ik een poging bouwstenen aan te leveren voor de ontwikkeling van nieuwe schoolconcepten. Elke school zal op eigen wijze tot nadere keuzes moeten komen, rekening houdend met de wensen en mogelijkheden van schoolteam, schoolbestuur en ouders.

### Basisvorming

In deze bijdrage aan de gedachtenwisseling over het onderwijs in de toekomst ga ik voornamelijk uit van de leerplichtige periode, die zal lopen van ongeveer het vierde tot het zestiende levensjaar. In deze periode vindt de basisvorming plaats. Onder basisvorming versta ik hetgeen de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid heeft geformuleerd (4): 'Gemeenschappelijke en algemene vorming op intellectueel, cultureel en sociaal gebied, die als grondslag dient voor een verdere ontwikkeling van de persoonlijkheid voor het zinvol functioneren als lid van de samenleving en voor een verantwoorde keuze van een verdere scholing en beroep'. Een dergelijke definitie is zeer algemeen geformuleerd en heeft zeker een nadere onderwijskundige uit-

werking nodig. In dit artikel geef ik schetsmatig enige mogelijke en volgens mij ook noodzakelijke uitwerkingen aan. Ik ga er daarbij vanuit dat deze nadere invulling van de basisvorming moet gaan over een aantal aspecten van het onderwijs in een school. Achtereenvolgens betreft het doelen en functies, de daarbij passende leerinhouden, de processen die moeten leiden tot het behalen van de doelen en tenslotte de voorwaarden en middelen om het gewenste onderwijs te realiseren. Het geheel moet leiden tot het bereiken van resultaten bij leerlingen. Anders gezegd: de mate waarin een school erin slaagt dit geheel in onderwijspraktijk tot stand te brengen bepaalt de kwaliteit van het onderwijs aan die school. Hierna volgt voor deze aspecten, overigens in nauwe onderlinge samenhang, een aantal voorstellen.

### Een leergemeenschap

De doelen van het nieuwe onderwijs zijn als volgt te karakteriseren: leren problemen op te lossen, bevorderen van het zelfstandig en kritisch denken, het leren eigen keuzes te maken en verantwoorden, gerichtheid op het leven in internationale kaders (mondiaal denken), bewust worden van de samenhang tussen mens en wereld leren, omgaan met en organiseren van informatie, opvoeden tot democratisch staatsburger met bewustzijn van eigen cultuur en van die van anderen en gerichtheid op beheersing van technologie en informatie. Tijdens de basisvorming worden leerlingen ingeleid in onze Westerse cultuur. De vier levenssituaties geven aanleiding tot een andere benadering van de verhouding tot de cultuur dan tot nu toe gebruikelijk. De school in de jaren tachtig legt vooral het accent op de cognitieve ontwikkeling van jonge mensen. Leerprestaties worden hoog gewaardeerd. Veel aandacht gaat uit naar het verwerven van kennis, ontleend aan de in disciplines verdeelde wetenschappelijke wereld. Daarbij is het centrale kenmerk de opsplitsing van gehelen in afzonderlijke delen. We menen daardoor in staat te zijn controle uit te oefenen over de materie en de ruimte. Een nieuwe school gaat uit van

- het *binnenmenselijke*; aandacht voor eigen persoonlijkheid, mogelijkheden van autonomie, relaties tussen het zelf en de omgeving.
- het *tussenmenselijke*, met aandacht voor de verhoudingen en de communicatie met anderen (multiculturele samenleving).
- het *buitenmenselijke*, hier staat centraal de relatie met de omgeving en de wereld waarvan men deel uitmaakt.
- het *bovenmenselijke*; de wijze waarop mensen het religieuze en kosmische ervaren en in hun leven opnemen. Dit is het kader voor de andere drie dimensies. In het onderwijs is aandacht nodig voor ontwikkeling en vorming van alle vier dimensies. Dat houdt naar mijn mening in, dat het traditionele denken vanuit vakken of vakgebieden voor een deel op de helling moet. Onderwijs moet leerlingen uitdagen tot oriëntatie op wetenschap en tot leren leveren van kritiek op kennis, aanzetten tot zelfwerkzaamheid en ervaring in de omgeving van de school verbinden met beleving en leren. Onderwijs moet vooral de samenhang in de leefwereld verstaanbaar maken. Het is nodig de solidariteit tussen mensen (nabij en verder af) in de wereld te versterken. Onderwijs mag niet voorbij gaan aan de bovenmenselijk aspecten, die in alle culturen in de loop van de geschiedenis eigen vormen hebben aangenomen. In de school moet de leerling leren veranderingen te initiëren en te controleren. Leren krijgt de betekenis van zelfrealisatie en moet leiden



tot actieve participatie aan de ontwikkeling van de samenleving.

### Een ander model van het leren

Naar mijn mening moet er veel veranderen in de huidige scholen wil het onderwijs op adequate wijze leerlingen voorbereiden op de veranderende samenleving. Als kenmerken van het bestaande onderwijs kennen we allen de volgende typeringen. In de traditionele school ligt veel nadruk op inhoud of leerstof, het voor eens en voor altijd verwerven van een hoeveelheid 'juiste' informatie. Leren betekent vooral luisteren en de leerstof in vakken geordend tot je nemen. De leerkracht organiseert kennisoverdracht; er is sprake van eenrichtingverkeer. Een aantal verschijnselen blijft al jaren in scholen hardnekkig voortbestaan: het klassikaal gelijktijdig, frontaal lesgeven met een voortdurend proces van beoordelen en waarderen van leerprestaties; primair werken met schoolboeken volgens een lesrooster dat leerstof verdeelt in schoolvakken; met een leerkracht voor een vaste groep in het basisonderwijs en met vakdocenten, die onafhankelijk en in isolement van elkaar hun lessen 'afdraaien'. De schoolse school ten voeten uit! Daaraan kan en moet op korte termijn veel gewijzigd worden. In de school van de toekomst ligt de nadruk op het leren stellen van goede vragen, het leren open te staan voor en evalueren van nieuwe ideeën en het leren vinden van informatie. In deze school is het 'hoe' van het leren minstens zo belangrijk als het 'wat'. Primair staat het gevoel van eigenwaarde als aanzet voor het leveren van prestaties. Klassikaal onderwijs is vervangen door een flexibel stelsel met mogelijkheden voor individueel en gemeenschappelijk leren. Het is gewenst dat jonge mensen de school en het leren daarbinnen ondergaan en ervaren als prettige, zinvolle en uitdagende ervaringen. Om dat tot stand te brengen zullen we het handelen van leerkrachten en de gehele schoolcultuur grondig moeten wijzigen. Verbetering van de kwaliteit van het onderwijs zal het gevolg zijn van veranderingen in de procedures van onderwijzen en leren.

### Voorwaarden

De kenmerken van deze vernieuwde school zijn natuurlijk niet alle geheel nieuw en voor een deel ook al eerder in andere publikaties beschreven. Ook zijn er overeenkomsten met de beschrijving van 'De bedrijvige school' opgesteld door een onafhankelijke commissie, die is ingesteld door de Algemene Bond van Onderwijspersoneel (ABOP) (5). De concretisering in scholen laat nog op zich wachten. Voor een visie op de toekomst van het onderwijs zullen we zeker vruchtbaar gebruik kunnen maken van deze suggesties om er in elke school een vorm aan te geven. De cruciale vraag, die zich hierbij aandient, luidt: zijn schoolteams in staat en bereid mee vorm te geven aan dergelijke onderwijsveranderingen? Ik ben vooralsnog niet erg optimistisch over het antwoord. Uit recent eigen onderzoek (6) onder leraren van de basisschool blijkt dat daar eerder sprake is van een zekere mate van gezapigheid dan van ondernemingslust. Er moet nog heel wat aan het beleid geschaafd worden alvorens de attitudes weer een wat positievere uitstraling krijgen. Bovendien is het nog maar de vraag of schoolteams in staat zijn zowel aan de opzet als aan de uitvoering van een nieuw schoolconcept vorm te geven. Daarvoor is in de eerste plaats voor elke leraar afzonderlijk een hoge mate van professionaliteit vereist. Bovendien is voor een dergelijk

karwei een goed functionerend management nodig, dat erin slaagt het team op constructieve wijze te laten samenwerken. Ook aan deze voorwaarden kan momenteel naar mijn mening nog onvoldoende voldaan worden. Daarmede komen we dus bij de vraag, hoe kunnen we in het bijzonder als onderwijsbegeleiders bevorderen dat dergelijke voorwaarden wel in ons onderwijs tot stand komen?

Anders begeleiden

Bovenstaande gedachten over ander onderwijs mogen de onderwijsbegeleiding niet onberoerd laten. Tot de taakstelling van een onderwijsbegeleidingsdienst behoort volgens de wet immers ook 'het op eigen initiatief ontwikkelen van nieuwe inzichten, visies en werkwijzen, alsmede het zich voorbereiden op toekomstige ontwikkelingen in het onderwijs'.

Zijn de huidige diensten in staat en bereid een dergelijke opgave op zich te nemen? Ook hier heb ik veel twijfels omtrent de aanwezige voorwaarden. Verhoging van professionaliteit van begeleiders en diensten zal een eerste **vereiste zijn**. De aandacht van onderwijsbegeleiders, met name de systeembegeleiders, is de laatste jaren verschoven van de afzonderlijke leerkracht naar het schoolteam en naar de kenmerken van de school als organisatie. Over de effecten daarvan kunnen we niet erg tevreden zijn, zoals ook bleek uit het hierboven genoemde opinie-onderzoek. Wij vonden dat de leraren niet erg positief waren over de ondersteuning van de school als organisatie. Veel van de geenqueteerden geven aan dat zij voor de schoolorganisatie niet goed terecht kunnen bij de schooladviesdienst. Toch moet het begeleidingswerk in de toekomst op professionele en inspirerende wijze bijdragen aan de ontwikkeling van nieuwe schoolconcepten. Elke school moet een eigen beleid uitstippelen. De noodzaak daartoe zal bij toenemende autonomie alleen maar toenemen. Ik vind dat de begeleiding zich dan vooral moet richten op het aanbrengen en verbeteren van de voorwaarden in de schoolorganisatie om als team te kunnen werken aan een dergelijke taak. Om een proces van schoolverbetering tot stand te brengen is het gewenst dat de begeleiding zich richt op de voorwaarden die bepalen hoe de school als organisatie zal functioneren.

Door Voogt zijn verschillende attitudes en vaardigheden aangegeven, die het mogelijk maken dat een schoolteam als een democratische groep kan werken (7). Ik geef hieronder daarvan een aantal voorbeelden.

Attitudes:

- gemeenschapsgevoel
- gezamenlijke doelen, waarden en normen
- open communicatie
- vertrouwen en acceptatie van allen
- hoge zelfwaardering en weinig gevoelens van bedreiging
- gevoelens van vakbekwaamheid en zelfbewustzijn
- actieve betrokkenheid van iedereen.

Vaardigheden - gezamenlijk kunnen plannen - gezamenlijk kunnen besluiten - goede feedback kunnen geven - conflicten kunnen hanteren - zelf evaluatie kunnen uitvoeren

Alleen indien dergelijke voorwaarden enigermate in de school vervuld zijn kan aan een gedegen ontwikkeling van een schoolbeleid gewerkt worden. Voor de toekomst van onderwijs begeleiding is het van groot belang of deze erin slaagt dergelijke opgaven voor scholen op overtuigende wijze tot een goed einde te brengen.

Ik hoop dat onderwijsvernieuwing in de richting van de toekomstschool zich zal voltrekken als een stapsgewijze verandering, weloverwogen, maar vanuit een gedurfd perspectief (8). We moeten de geijkte beelden van het bestaande durven doorbreken en nieuwe constructies overwegen. We moeten leraren leren verder te denken dan hun klasleider.

In het voorgaande gaat het om ideeën die als bronnen kunnen gaan functioneren voor al diegenen die willen en kunnen bijdragen aan groei en ontwikkeling van het onderwijs. Naar ik aanneem behoort ook de onderwijsbegeleiding hiertoe.

1. Voor een soortgelijke aanpak gericht op het Amerikaanse onderwijs zie: S. Benjamin, *An ideascap for education what futurists recommend*. In: *Educational Leadership*, 1989 (40) nr. 1, 8-13.
2. Zie bijvoorbeeld J.C. van Bruggen, *Leren, school en onderwijzen op weg naar 2000*. Enschede, 1983; N.A.J. Lagerweij, *Onderwijs moet anders*. In: *Vorming*, 1986 (35) nr.6, 32-45; *De bedrijvige school, ABOP*, Amsterdam, 1989.
3. Over de verhouding tussen schoolconcept en schoolwerkplan zie: H.A.M. Franssen, *Leergangontwikkeling als onderwijskundig probleem*. In: *Pedagogisch Tijdschrift*, 1984 (9) nr.9, 461-477.
4. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, *Basisvorming*, 's-Gravenhage, 1986.
5. Zie ook mijn beschrijving daarvan in *School & Begeleiding* 1989 (6), nr.24, 5-9.
6. Aan het onderzoek werd meegewerkt door 1234 leraren basisonderwijs. Met behulp van een vragenlijst zijn de opinies over allerlei onderwijskwesties gepeild. Voor de volledige rapportage zie: H.A.M. Franssen, N.A.J. Lagerweij, K.M. Stokking, *Leraren basisschool over veranderingen in het onderwijs*, Vakgroeponderwijskunde, Utrecht, 1990.
7. Janna Voogt, *Werken aan onderwijsverbetering*. In: J.C. Voogt, A. Reints (red.), *Naar beter onderwijs*, Tilburg, 1986, 101-127.
8. Voor een goed overzicht van deze innovatiebenadering zie: W.G. van Velzen, M.B. Miles, M. Ekholm, U. Hameyer, D. Robin, *Making school improvement work*, Leuven/Amersfoort, 1985.

# De rol van het practicum

G. Verkerk

TU Eindhoven



Practicum kan enerzijds gezien worden als een werkvorm die de leerling helpt bij het zich eigen maken van het vak. De natuurkunde wordt begrijpelijker door het zelf doen van proeven. Bovendien verhoogt het practicum bij natuurkunde de belangstelling voor het vak.

Practicum kan anderzijds gezien worden als een activiteit die inherent is aan het vak. In de loop der jaren heeft in het natuurkunde onderwijs in de onder- en bovenbouw van het a.v.o. een verschuiving plaatsgevonden van "theoretische" naar "experimentele natuurkunde". We zien dat in de onderbouw, waar sinds de invoering van de mammoetwet in toenemende mate practicum wordt gedaan. We zien dat ook in de examenprogramma's voor havo en vwo. In het huidige examenprogramma is het practicum in het schoolonderzoek aanbevolen vanaf 1976 en verplicht vanaf 1982. In het nieuwe examenprogramma volgens de WEN wordt bovendien een experimentele onderzoeksopdracht sterk aanbevolen.

De mogelijkheden om practicum op school te organiseren zijn in de loop der jaren echter op veel punten verslechterd. De klassen zijn groter geworden. De lokaalinrichting is vaak verouderd. Er is niet voldoende geld voor nieuwe apparatuur. Er is tijdgebrek . . .

## Inleiding

In het rapport van de commissie Fokker<sup>1)</sup> (uitgangspunt voor de doelstellingen van het natuurkunde-onderwijs op de HBS) lezen we:

*De natuurkunde, die wij op de middelbare school onderwijzen, is in de eerste plaats experimentele wetenschap. Aan het onderwijs moet daarom de eisch worden gesteld, dat de natuurkunde onderwezen moet worden als natuurwetenschap - en niet als wiskunde . . .*

*de wijze, waarop de leerling tot kennis komt moet al de wezenlijke kenmerken der natuurwetenschappelijke methode bevatten.*

In die tijd (1928) droeg het onderwijs een sterk theoretisch karakter omdat hulpmiddelen ontbraken en een behoorlijke didactiek zich nog niet had ontwikkeld. De houding van de leerlingen was voornamelijk receptief en van de zelfwerk-

zaamheid van de leerlingen kwam niet veel terecht, aldus de commissie.

De aandacht voor het experiment is na die tijd sterk toegenomen. In de leerboeken verschenen proefbeschrijvingen. In de klas werden demonstratieproeven gedaan. Maar leerlingenpracticum bleef uitzondering waardoor volgens Steller<sup>2)</sup> te veel leerlingen "nooit kennis hebben gemaakt met een wezenlijk bestanddeel van de natuurkunde". In de jaren '50 en '60 vonden overigens veel discussies plaats over de zin en de onzin van practicum. Belangrijke pleiters vóór leerlingenpracticum waren Krans<sup>3)</sup>, docent in de didactiek der natuurkunde te Utrecht, en Steller<sup>4)</sup>, die in zijn proefschrift als eerste conclusie stelt dat:

*Hoewel bijna alle natuurkundeleraren tijd tekort komen voor de behandeling van de omvangrijke leerstof, blijkt het mogelijk op bescheiden schaal practicum te doen zonder de examenprestaties nadelig te beïnvloeden.*

Deze conclusie, gebaseerd op onderzoek, vloerde veel tegenstanders van practicum die beweerden dat er wél een nadelige invloed zou zijn.

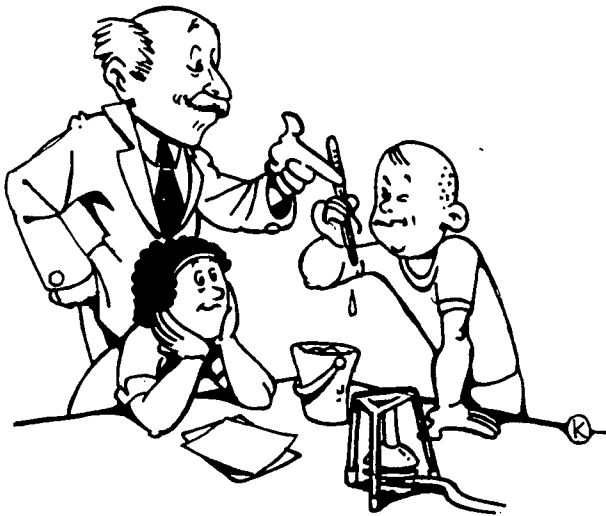
Met de invoering van de mammoetwet omstreeks 1970 werd practicum in de onderbouw eerder regel dan uitzondering. Ook wat de bovenbouw betreft werden er veel initiatieven genomen om te komen tot een inpassing van het experiment in het natuurkunde-onderwijs op havo en vwo, maar hier waren méér problemen dan in de onderbouw. Als belangrijkste probleem werd aanvankelijk aangevoerd: geen of onvoldoende materiaal (1973). De landelijke (propaganda-)activiteiten m.b.t. practicum in de bovenbouw zoals Woodschoten 1974 en een NVON-vakantiecursus 1975 hebben echter wel geleid tot een erkenning omdat in 1976 besloten is, dat leerlingenpracticum met ingang van 1982 een verplicht onderdeel van het schoolonderzoek natuurkunde dient te zijn. Zelf ben ik nauw betrokken geweest bij verschillende fasen van de invoering van het practicum in het schoolonderzoek natuurkunde<sup>5)</sup>.

## Practicum en demonstratie

Als we het met de commissie Fokker (1928) erover eens zijn dat de natuurkunde in de eerste plaats als experimentele wetenschap onderwezen moet worden, dan kunnen we

denken aan practicumexperimenten en demonstratie-experimenten (slechts een behandeling van experimenten in leerboeken en een doceerles, zoals de proef van Melde, wens ik niet serieus aan de orde te stellen).

Er zijn maar weinig docenten die uitsluitend practicum doen. Docenten die practicum organiseren zullen ook proeven demonstreren. En dat doen zij niet alleen omdat een demonstratie van een fysisch verschijnsel bijvoorbeeld beter in het programma past dan een practicum. Het is goed dat de leerlingen ook regelmatig de docent(e) en/of amanuensis met toestellen zien manipuleren. Bovendien kunnen accenten gelegd worden waarmee de leerlingen hun voordeel kunnen doen bij het practicum. Bij het practicum worden de leerlingen in zo nauw mogelijk contact gebracht met het experiment. Of, wat netter gezegd, het practicum stelt de leerlingen in staat aan zelf genomen experimenten de fysische werkelijkheid te beleven.



Mijns inziens behoren in goed natuurkunde-onderwijs practicum en demonstratie elkaar af te wisselen en aan te vullen. Dit geldt zowel voor de onderbouw als ook voor de bovenbouw. Vaak is het demonstreren van proeven niet te vermijden bijvoorbeeld bij proeven met kostbare of voor leerlingen te ingewikkelde apparatuur of proeven waarbij de veiligheidsvoorschriften leerlingenpracticum niet toelaten. Voor demonstratieproeven, met name in de bovenbouw, herhaal ik hier een eerder gegeven advies<sup>6)</sup>:

De betrokkenheid van leerlingen kan vaak vergroot worden door niet alles voor te kauwen. Laat hen zelf de meetgegevens verzamelen en letten op de meetnauwkeurigheid. Laat hen zelf een tabel en daarna een grafiek maken en doe eens niets voor op het bord.

Voer alleen maar de noodzakelijke handelingen in vlot tempo uit; daarmee hebt u werk genoeg en de leerlingen moeten zich ook inspannen om bij te blijven. Tijdens de verwerking van de meetgegevens kunt u rondlopen en groepsgewijs of persoonlijk aanwijzingen geven. Vooral tijdens de les is het belangrijker dat u uw leerlingen aan het werk houdt i.p.v. uzelf. U hebt al een groot deel van het werk gedaan bij het voorbereiden van de demonstratie.

#### De rol van het practicum

Wat is de rol van het practicum in het Nederlandse natuurkunde-onderwijs? De commissie Fokker stelt dat de leerlingen dienen te leren van/volgens de natuurwetenschappelijke

methode: van hypothesen via proefondervindelijke waarneming komen tot natuurkundig begrip. In het CMLN-rapport voor de onderbouw<sup>7)</sup> wordt gesteld dat leerlingen een redelijke mate van natuurkundige ervaring en kennis dienen op te doen, waaronder beoefening van de natuurkunde (practicum):

*Beoefening der natuurkunde.*

*Bedoeling: De leerlingen natuurkundig werkzaam te doen zijn, zo dat*

- *ze leren waarnemen, waarnemingen weergeven en verwerken;*
- *ze ervaring opdoen in het gebruik van instrumenten (en ook enige bekendheid met de aan experimenten verbonden gevaren, inclusief brandgevaar);*
- *ze enig inzicht krijgen in de manier waarop natuurkundige kennis verworven wordt, namelijk door het combineren van waarneming, redenering, hypothese, gerichte proef, controles, etc. (zie rapport Fokker)*
- *ze hun eigen ambities en vermogens op dit gebied gewaarworden.*

Kerr<sup>8)</sup> heeft een lijst van een tiental algemene doelstellingen van practicum opgesteld die o.a. ook door Schröder<sup>9)</sup> en Wilson<sup>10)</sup> gebruikt is om de mening van docenten omtrent de rol van practicum te peilen.

In de hieronder staande tabel zijn de doelen en is de volgorde van belangrijkheid van de doelen m.b.t. practicum gegeven voor leerlingen in de onderbouw en voor leerlingen in de bovenbouw volgens een groep Nederlandse natuurkundedocenten.

#### Doelen Practicum

	onderbouw		bovenbouw	
			havo	vwo
1. Het stimuleren van accurate waarneming en zorgvuldige verslaglegging	6		6	6
2. Het bevorderen van eenvoudige algemeen natuurwetenschappelijke denkmethoden	3		3	3
3. Het ontwikkelen van handvaardigheden	8		8	9
4. Kennismaken met/leren van de natuurwetenschappelijke wijze van probleemoplossen	4		2	1
5. Voldoen aan de eisen in examenprogramma's gesteld aan praktisch werk	10		10	10
6. Het verhelderen van de theorie om die beter te leren begrijpen	5		4	5
7. Het verifiëren van eerder geleerde feiten en principes	9		9	8
8. Een integraal deel zijn van het proces van het vinden van feiten door onderzoek en het daardoor komen tot principes	7		5	2
9. Het wekken en vasthouden van interesse in een natuurkundig onderwerp	1		7	7
10. Het meer op de werkelijkheid betrekken van fysische verschijnselen door daadwerkelijke ervaring	2		1	4

Uit de tabel blijkt dat "het wekken en vasthouden van interesse" en "het nauw in contact brengen van leerlingen met verschijnselen via het experiment" in Nederland het belangrijkste gevonden worden in de onderbouw. In Schotland<sup>10)</sup> waar een grote overeenkomst is met ons onderwijs, blijkt dit, wat doel 9 betreft, overeen te stemmen. Echter daar vindt men "het stimuleren van accurate waarneming en zorgvuldige verslaglegging" en het daaraan gekoppelde "ontwikkelen van handvaardigheden" ook erg belangrijk. Deze concrete aspecten van practicum scores bij de docenten in Nederland eigenlijk verrassend laag. In de bovenbouw (havo en vwo) wordt "het kennis maken met en leren van de natuurwetenschappelijke wijze van probleem oplossen" erg belangrijk gevonden. Dit is in overeenstemming met de ideeën over de natuurwetenschappelijke methode die voorkomen bij de eerder genoemde Commissies, en ook met de beslissing om voor havo en vwo een practicum schoolonderzoek verplicht te stellen. De formulering van het practicum schoolonderzoek in de eind-examenprogramma's kan men zien als een uitwerking van deze doelstelling.

Overigens is ook de hoge klassering van "bevorderen van de natuurwetenschappelijke denkmethoden" zowel voor de onderbouw als voor de bovenbouw in overeenstemming met de ideeën van de Commissies. Doelstelling 8, het aanleren van het onderzoeksproces, past ook in deze ideeën maar gaat verder dan doelstelling 4. Men vindt deze doelstelling duidelijk belangrijker voor de bovenbouw VWO dan voor de bovenbouw HAVO. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de WEN alleen voor VWO een keuze-opdracht in het examenprogramma voorgesteld heeft, die, bij voorkeur, experimenteel ingevuld dient te worden (Het nieuwe eind-examenprogramma geeft ook de mogelijkheid van zelfstandige bestudering van een speciaal onderwerp samen met het practicum schoolonderzoek, omdat nog niet duidelijk is of de keuzeopdracht wel haalbaar is op alle scholen.) In Schotland ziet men als belangrijk doel van practicum in de bovenbouw "het beter leren begrijpen van de theorie". Daarnaast vindt men ook de natuurwetenschappelijke methode (doelen 8, 2 en 4) belangrijk. Concluderend kan gesteld worden dat de rol van het practicum in de eerste plaats gezocht moet worden in "beoefening van de natuurkunde". Naast ruime aandacht voor de natuurwetenschappelijke methode dient het practicum ook stimulerend, motiverend en illustrerend te zijn om zo het leerproces van leerlingen te bevorderen.

### **Practicum en toetsing van practicum**

Uit het voorgaande moge duidelijk zijn dat het practicum gezien moet worden als een belangrijk onderdeel van het natuurkunde-onderwijs. Dit betekent dat een hoeveelheid kennis, inzicht en vaardigheden gerelateerd aan practicum door de leerlingen aangeleerd moet worden en dat zij op die manier zich de natuurwetenschappelijke methode eigen maken. De mate waarin dit gebeurt kan beoordeeld worden. Als het practicum geen rol speelt bij de beoordeling van de leerlingen, voor het rapport of voor het examen, dan zullen zij geneigd zijn het zelf-doen van proeven als een minder serieuze bezigheid te zien. En niet alleen de leerlingen, ook sommige docenten dachten en denken er misschien nog zo over. Aanvankelijk werd in de bovenbouw weinig practicum gedaan, omdat men er i.v.m. het examen geen tijd voor had en het toch niet meetelde. Maar toen er vragen over practi-

cum op het examen werden gesteld, gingen velen op zoek naar geschikte proeven voor de bovenbouw. Het experimenteren van leerlingen wordt gebruikelijk beoordeeld aan de hand van het verslag. Het rapporteren past geheel in de natuurwetenschappelijke methode. Het is de afronding van een stukje experimenteel werk. Echter het verslag levert zeker geen volledig beeld van de wijze waarop het practicum is verlopen. Bovendien is de beoordeling niet objectief en zijn de cijfers niet discriminerend. Maar de leerlingen hebben geen hekel aan het maken van verslagen, vooral de zwakkere niet, want zij kunnen daarop (terecht) scores. Maar dan dient u de verslagen wel na te kijken en te beoordelen. Door een verslag van een practicumproef aan uw leerlingen op te dragen bezorgt u dus niet alleen hen maar ook uzelf (veel) werk. Het is dus belangrijk deze opdracht gedoseerd te geven. In vele gevallen kan volstaan worden met slechts de uitwerking of een zgn resultaten-verslag, vooral bij bovenbouwleerlingen die in de onderbouw al regelmatig uitvoerige verslagen geproduceerd hebben. Een wat meer objectieve toetsing van practicum vooral in de bovenbouw kan plaatsvinden door middel van praktische toetsen. Met een praktische toets kunnen deelaspecten van de natuurwetenschappelijke methode getoetst worden. Men kan zo'n praktische toets van een ander (bijv. van het CITO) overnemen zoals men een repetitie of een repetitie-opgave van iemand anders "leent". Men kan ook zelf het initiatief nemen om praktische toetsen samen te stellen. Door middel van praktische toetsen kan zowel practicum als theorie getoetst worden. Dergelijke toetsen in het onderwijs-curriculum van de bovenbouw vormen een goede voorbereiding op een practicum schoolonderzoek waarbij dezelfde toetsmethode kan worden gebruikt. Praktische toetsen waarin naast kennis en inzicht ook practicumvaardigheden beoordeeld worden passen in een natuurkundedocent curriculum waarin theorie en experimenteel werk geïntegreerd aanwezig zijn.

Momenteel wordt aan de TUE in het kader van PBN-2 gewerkt aan een uitgebalanceerd practicumcurriculum voor de bovenbouw VWO bestaande uit modules. Elke module bevat een aantal proeven en wordt afgesloten met een praktische toets. In de loop van het curriculum worden de proeven complexer qua vaardigheden en het practicum-schoolonderzoek en/of de onderzoeksopdracht kunnen gezien worden als een afsluiting.

Het geheel is bedoeld om te zorgen dat u, docenten natuurkunde in de bovenbouw, de gelegenheid hebt het experimentele werk in de klas tot z'n recht te laten komen. Want ik erken het: er zijn in de loop van de jaren voortdurend veel belemmeringen geweest om practicum in de bovenbouw te organiseren. Regelmatig heb ik en ook anderen daarover geschreven<sup>6)11)12)13)</sup>. Was het aanvankelijk gebrek aan geschikt materiaal (1975) of gebrek aan tijd in de lessen vanwege de omvang van de examenprogramma's (1978), nu is het gebrek aan tijd voor de leraar daar ook nog keihard bijgekomen. Want onze minister van onderwijs heeft de afgelopen jaren alleen maar maatregelen genomen om het takenpakket van docenten, dus ook van natuurkundedocenten te verzwaren. En met de vele extra taken die samenhangen met experimenteel werk en toetsing daarvan heeft hij geen rekening gehouden. Op veel scholen wordt daarom te weinig practicum gedaan en het practicum schoolonderzoek functioneert dus vaak niet zoals destijds de

bedoeling was: als een evaluatie van natuurkunde-onderwijs, waarin het experiment een belangrijke plaats inneemt. Toch hoop en verwacht ik dat u ondanks de vele belemmeringen kans zult zien om het eindexamenprogramma volgens de WEN zo in te vullen dat de experimentele natuurkunde, dat de natuurwetenschappelijke methode tot z'n recht komt. Dit betekent ook dat de invulling van de keuze-opdracht zal gebeuren zoals de WEN<sup>14)</sup> het bedoelt: een experimentele onderzoeksoopdracht als afsluiting van een experimenteel bovenbouwcurriculum. En omdat mijn pleidooi voor de rol van het practicum, gekoppeld aan de natuurwetenschappelijke methode niet alleen betrekking heeft op de bovenbouw van het VWO, verwacht ik dat het experiment in het natuurkunde-onderwijs op andere schooltypen een belangrijke plaats zal krijgen, voorzover dit niet al lang het geval is.

#### Literatuur

1. Fokker  
Rapport van de Commissie Fokker, Wolters,  
Groningen, 1928.
2. Steller  
Waarom geen natuurkundepracticum,  
Faraday 28, 112, 1959.
3. Krans  
Leraar en leerling bij het onderwijs in de natuurkunde,  
Faraday 19, 17, 1949.
4. Steller  
Handigheid of Inzicht ?  
Dissertatie, R.U. Utrecht, 1965.
5. Verkerk  
Het practicum in het schoolonderzoek natuurkunde  
Dissertatie T.U. Eindhoven, 1983.
6. Verkerk  
Practicum in de bovenbouw en practicum in het school-  
onderzoek (vwo)  
NVON-maandblad 11, 1986 blz. 28-29.
7. CMLN  
Interimrapport voor de Onderbouw (deel III) 1969.
8. Kerr  
The Nature and Purpose of Practical Work in School  
Science,  
Leicester University Press, 1963.
9. Schröder  
De functie van het practicum in de leerstofopbouw,  
Verslag van de vakantiecursus natuurkunde, Groningen  
1975.
10. Wilson  
Practical work in physics in Scottish schools.  
School Science Review 58, 1977, blz. 783-789.
11. Verkerk  
Ruimte voor practicum in de bovenbouw en practicum  
in het schoolonderzoek  
NVON-maandblad 8, 1983, 20-21.
12. Ellermeijer, Verkerk  
Verslag enquête natuurkunde HAVO-VWO (1), (2) en  
(3), NVON-maandblad 4, 5 1979/80.
13. Licht  
Een pleidooi voor ruimte in het natuurkunde-examen-  
programma,  
NVON-maandblad 11, 1986, 11-14.
14. WEN  
Eindexamenprogramma's Natuurkunde.

# Op zoek naar het beste boek

*P. Wippoo*



## Het bestaande boek

Een beginnende leraar hoeft nooit een schoolboek uit te zoeken. Je begint gewoon met het boek, dat al op school in gebruik is. Ik begon in 1968 met drie verschillende boeken. In de bovenbouw met het boek van Lindeman en Frederik. In de lagere klassen van hbs en gymnasium waren de boeken van Krans en Vrij in gebruik. Voor de mms (meisjes!) was er een boekje van Zweers (met een Z). Drie verschillende boeken dus.

Landelijk gezien waren de vmo-boeken van Schweers en van Vianen het meest gebruikt. Deze kenmerkten zich door een heldere uitleg, waarbij veel zorg was besteed aan het natuurkundig juist formuleren van wetten en regels. Wie zelf heeft lesgegeven aan de hbs, weet natuurlijk nog wel wat namen van titels en auteurs. Toch is het aardig het geheugen op te frissen en wat op een rijtje te zetten. Ik laat U de titels zien, dan begrijpt U meteen waarom in de wandelgangen de boeken alleen bekend zijn onder de naam van de schrijvers. Raad maar eens de schrijvers!

Eerst titels met daarin het woord 'natuurkunde':

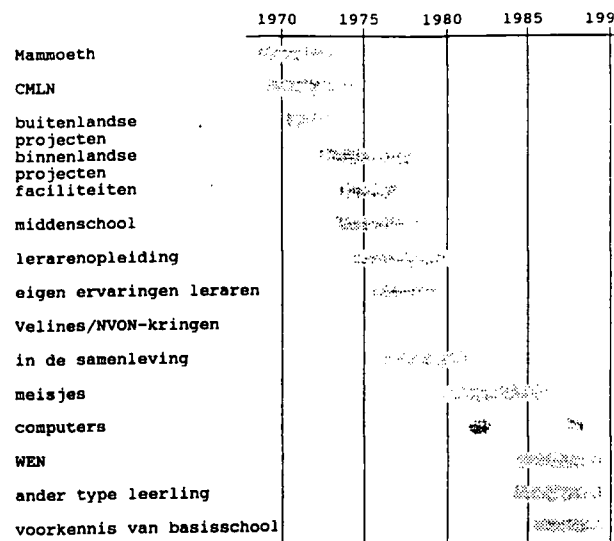
- 1 Natuurkunde
- 2 Natuurkunde voor het v.h.m.o.
- 3 Natuurkunde op Corpusculaire Grondslag
- 4 Leerboek der Natuurkunde
- 5 Inleiding in de natuurkunde
- 6 Eenvoudige natuurkunde
- 7 Natuurkunde... doen!
- 8 Terreinverkenning in de natuurkunde
- 9 Nieuwe Natuurkunde
- 10 Moderne Natuurkunde
- 11 Systematische Natuurkunde
- 12 Elementaire Natuurkunde
- 13 Natuurkunde op moderne basis
- 14 Natuurkunde voor nu en straks
- 15 Exact natuurkunde
- 16 Natuurkunde in thema's

en zonder 'natuurkunde':

- 17 Verkennen en begrijpen
- 18 Van bekijken tot begrijpen
- 19 Experimenten en conclusies
- 20 Zien en verklaren
- 21 Doen en Denken
- 22 De proef op de som
- 23 Scoop
- 24 Fysica

Let wel, dit is geen compleet overzicht! Deze titels vond ik zo op de boekenplank. Er zijn er zeker meer. De antwoorden staan achter dit verslag.

Sinds 1965 zijn er vele invloeden geweest of nog aanwezig. In dit tijdraam van fig. 1 krijgt U er een indruk van.



figuur 1 Tijdraam van invloeden op natuurkunde-onderwijs

De aangegeven periode duidt vooral op de jaren, dat zo'n item sterk in de belangstelling stond, bijvoorbeeld ook op





## Inleiding

### 1. Inleidende begrippen.

Door onze vijf zintuigen (welke?) krijgen wij kennis van de dingen om ons heen, van onze omgeving. De feiten die wij zo te weten komen, krijgen meer waarde voor ons als wij ze met elkaar in verband brengen. Vaak heeft de ervaring van het dagelijks leven ons zo'n verband reeds geleerd.

Op een gevonden blaadje papier staat: Amsterdam C.S. V. 9.16.

Is de lezer iemand die in de wildernis opgegroeid is en nooit van treinen of van Amsterdam gehoord heeft, dan hebben bovenstaande woorden en cijfers geen betekenis voor hem. Iedere Nederlandse schooljongen daarentegen weet onmiddellijk wat zij willen uitdrukken, omdat hij ze in verband brengt met feiten die hij al kent.

Zijn op een gebied verschillende feiten met elkaar in verband gebracht en zo gerangschikt, dat men er verder mee kan werken, dan spreekt men van de wetenschap op dat gebied. Dus:

- *Wetenschap is geordende kennis.*

Bij het bestuderen van een vak als natuurkunde vergroot men zijn kennis van feiten die met elkaar in verband staan.

### figuur 5

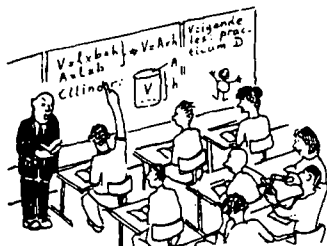
Je gaat met een nieuw vak kennis maken: *natuurkunde*. Een geleerder woord daarvoor is *lysiica*.

Leer dit boek niet klakkeloos van buiten, maar vraag je telkens af *waarom* iets zo is. Wees pas tevreden als je de behandelde leerstof helemaal *begrijpt*.

Leer je iets van buiten, dan ben je het vaak na verloop van tijd weer vergeten. Maar als je iets *begrijpt* kun je het niet meer vergeten, zelfs al zou je dat willen.

Bij dit *leerboek* hoort een *werkboek*. Leer altijd eerst de tekst uit dit *leerboek*. Pas als je deze volkomen beheerst, mag je de opgaven in je *werkboek* gaan maken.

Veel succes met je nieuwe vak: natuurkunde!



figuur 1 Vraag altijd om uitleg als je iets niet helemaal begrijpt.

### figuur 6 Thuis in natuurkunde, Engelhard 1990

#### 1 VUUR EN VLAM



Vuur roept heel verschillende gevoelens bij mensen op. Sommigen zijn er bang voor, anderen vinden het juist leuk om er mee te spelen.

Maar heb je een vlam wel eens goed bekeken? En wat hoor je of ruik je bij een vlam? Is een vlam wel overal even heet? Hoe belangrijk is de luchttoevoer bij een vlam? Op deze vragen krijg je een antwoord door de proefjes te doen die hieronder staan.

Vuur kan heel gevaarlijk zijn, zeker in een klaslokaal waar zoveel mensen rondlopen. Je zult dus goed op de *veiligheid* moeten letten.

De volgende proeven zijn gevaarlijk voor personen met lang haar. Bind je haar dus met een elastiekje achter je hoofd.



figuur 7 Natuurkunde in Thema's. PLON, laatste versie

De tegenstelling is duidelijk, maar zeker niet van deze tijd. Bij Lindeman en Frederik (laatste druk in 1968) staat op bladzij 1 al direct een proef. De uitleg staat erbij. De service aan leraar en leerling is groot. Nu nog gebruik ik die boeken als een natuurkundige encyclopedie. De aanwezigheid van 'huiswerkproeven' straalt een totaal andere vakopvatting uit dan die van de vorige boeken. (fig. 8).

### 2-12. Een zelfgemaakte brieuwegger (huiswerkopgave)

Voor wie zelf een brieuwegger wil maken volgen hieronder enkele aanwijzingen. In fig. 2-47 is het toestelletje afgebeeld. Het is vervaardigd van ivoorkarton of dun hout-board (no. 100). Verdere benodigdheden zijn: een deksel van een klein pillendoosje, een stukje koperdraad met een diameter van 2 mm, enkele papierbinders en een draadgaren.

De volgende gereedschappen zijn nodig: potlood, lineaal, passer, schaar, tube lijm en zo mogelijk twee plattangetjes en een kniptang. Construeer eerst met potlood de vorm, in fig. 2-47a aangegeven, op het karton. Punt C ligt op BD, zodat  $BC = 2$  cm. Knip deze vorm uit. Prik nu met de passer-punt in A en C een gaatje. Deze gaatjes moeten loodrecht door het karton gaan en juist zo wijd zijn, dat het haakje H en de beugel (fig. 2-47b) er zonder veel speling doorheen gaan. Er mag echter in deze draaipunten niet te veel wrijving zijn. Dit krijg je gedaan door de passerpunt of de koperdraad enige malen in de beide gaten rond te draaien. Het haakje H buig je van een papierbinder. Bij G lijm je aan beide kanten van het karton twee centen tegenover elkaar.

Nu wordt de beugel gemaakt. De koperdraad moet eerst „gestrekt“ worden. Hiertoe pak je ieder eind van de koperdraad met een tangetje beet en trekt zo hard mogelijk. Onder het trekken voel je de koperdraad langer worden. Hij wordt door deze bewerking mooi glad. Buig de draad in de vorm van fig. 2-47b. Het omgebogen einde dient om er het schaalijtje aan te hangen, het andere rechte eind is de wijzer. Wil je deze wijzer erg mooi maken, dan kun je het einde plat slaan. Het schaalijtje wordt met draadjes aan het haakje gehangen, zoals in de figuur te zien is.

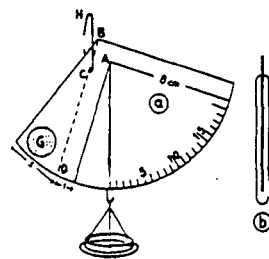


Fig. 2-47. a. Brieuwegger van dun karton. A is het middelpunt van de cirkelsector. De maten zijn in cm aangegeven. Bij G is aan weerskanten van het karton een cent gelijkijd als vast gewicht. C is een gaatje, waar het haakje H doorsteekt. b. Zijaanzicht, waarin de vorm van de beugel, die tevens als wijzer dienst doet, duidelijk te zien is.

### figuur 8 Lindeman en Frederik Deel 1A

Naast de min of meer gedegen methodes waren er ook populaire series van schrijvers, die vlot een nieuw boek konden laten verschijnen met van alles wat erin. Jan Raat en John Bette zijn schrijvers met zo'n talent. Hun boeken voldeden voor het grote publiek heel redelijk, maar ergerden de consciëntieuze leraar met onbegrijpelijke of foute uitleg.

Dit is de eerste drijfveer om een nieuw boek te zoeken of zelf te gaan schrijven.

### Functie en inhoud van een boek

Het boek is meestal de leidraad van de les. De leerling zoekt in het boek vooral feiten, dus leerstof, die in de vorm van kennis wordt verwerkt.

De leraar wil de leerling met het boek aanzetten tot activiteiten. Daarbij moet er gelegenheid zijn om de leerlingen met het boek zelfstandig te laten werken.

De leraar moet dus niet hoeven uitleggen wat de schrijver bedoelt. Schrijvers hebben sterk de behoefte om verantwoording te willen afleggen, en richten zich soms over de hoofden van de leerlingen heen tot de leraar.

Met een paar voorbeelden wil ik laten zien welke werkelijkheden er bestaan. (fig. 9)

Met de vraag 'Wat is een kracht' zijn al vele onderzoekers op het gebied van de didactiek bezig geweest. Zij zullen de bijgaande uitleg niet als oplossing zien voor de begripsproblemen.

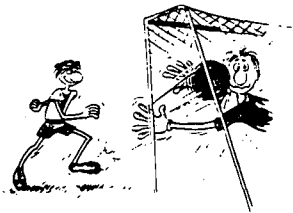
Toch zijn er veel leraren tevreden met deze uitleg: ze zouden het zelf niet anders vertellen!

Een inzichtelijk begrip is vereenvoudigd tot een feit, en als

de proefwerkvragen maar geen verder begrip vragen, kan iedereen verder met de volgende paragraaf.

**5.1. Wat is een kracht?**

In een voetbalwedstrijd moet wel eens een strafschop genomen worden. De bal wordt aan 11 meter van het doel gelegd. Het is natuurlijk de bedoeling dat de bal in het doel geschopt wordt. Hiervoor is een kracht nodig. Je moet een kracht op de bal uitoefenen.



Bij het nemen van de strafschop, moet je op 3 dingen letten:

1. De kracht moet voldoende groot zijn. Je moet dus hard genoeg tegen de bal trappen.
2. De kracht moet de juiste richting hebben. Anders komt de bal naast het doel terecht.
3. Je moet de bal precies op de juiste plaats raken. Anders komt de bal toch nog naast het doel terecht. De kracht op de bal moet dus op de juiste plaats aangrijpen.

Voor elke kracht geldt:

- Een kracht heeft een GROOTTE.
- Een kracht heeft een RICHTING.
- Een kracht heeft een AANGRIJPINGSPOINT.

figuur 9 'Krachten' uit: Natuurkunde voor nu en straks

Heel anders ogen de boeken met vooraf bij elk hoofdstuk een aantal 'doelstellingen': een lijst met 'wat je moet leren'.

**Doelstellingen**

- Na bestudering van dit hoofdstuk moet je:
- enkele lichtbronnen kunnen noemen;
  - kunnen aangeven wat er met licht kan gebeuren als het op een voorwerp valt;
  - begrijpen wanneer je een voorwerp wel ziet en wanneer niet;
  - weten hoe een schaduw ontstaat;
  - de schaduw kunnen tekenen van een voorwerp dat belicht wordt;
  - weten wat bedoeld wordt met ongekleurd licht en hoe gekleurd licht kan ontstaan.

figuur 10 Doelstellingen uit Natuurkunde Overall

De lijst geeft een zicht op de beweegredenen van de schrijvers. Naast 'je moet kunnen noemen ...' komt ook voor 'je moet begrijpen...'

De check-list met onderwerpen bij de boeken van DBK-na is voor leerlingen concreter. Gebruikers van DBK-na als Pierre van Meeuwen zijn tevreden met deze lijstjes en ervaren dat de leerlingen de lijsten ook werkelijk gebruiken.

De zelfstandigheid van leerlingen blijkt ook uit deze bladzij uit het boek van Jardine: 'Natuurkunde... doen!' (fig. 11). Het gaat vooral om de plaatjes, waar tekst is bijgeschreven. De leerling heeft hiermee een uiterst praktische samenvatting gemaakt. Dit pleit in het algemeen voor een boek met een ruime opmaak. Ook niet-dyslectische leerlingen hebben moeite om alle regels tekst te lezen.

Uit hetzelfde boek een vraagstuk. De tekening geeft direct een beeld waar het om gaat, maar de leerling moet zelf een nieuwe situatieschets maken voor het vinden van de oplossing. (fig. 12)  
Het niveauverschil tussen deze methode en de eerstgenoemde uitleg van 'Wat is een kracht' mag duidelijk zijn. Maar waar kiest een leraar tegenwoordig voor?

**De grootte van de centripetale kracht**

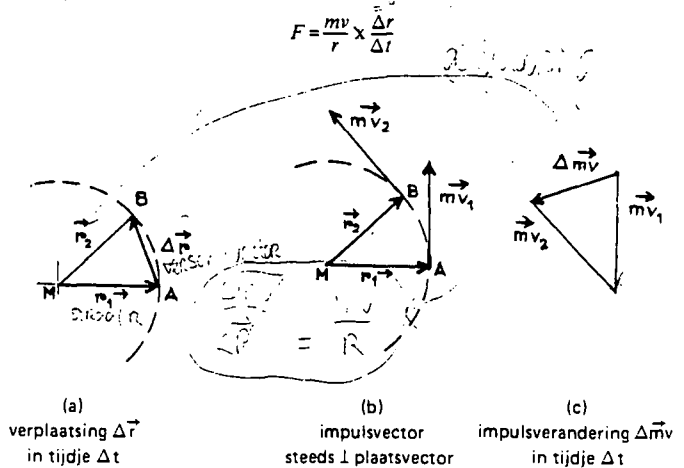
Bij een eenparige cirkelbeweging moet er een constante kracht werken naar het middelpunt. De grootte van deze kracht zal afhangen, zoals je wel kunt aanvoelen, van de massa van het cirkelende voorwerp, zijn snelheid en de straal van zijn baan.

Om het verband tussen deze vier grootheden te vinden kunnen we schrijven (met weglating van de vectoraanduiding),

$$F = \frac{\Delta mv}{\Delta t} = \frac{\Delta mv}{\Delta r} \times \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

Uit de gelijkvormigheid van de driehoeken in Fig. 285 (a en c) volgt dat de verhouding tussen  $\Delta mv$  en  $\Delta r$  gelijk is aan die tussen  $mv$  en  $r$ , zodat

$$F = \frac{mv}{r} \times \frac{\Delta r}{\Delta t}$$



figuur 11 Uitleg uit Natuurkunde....Doen

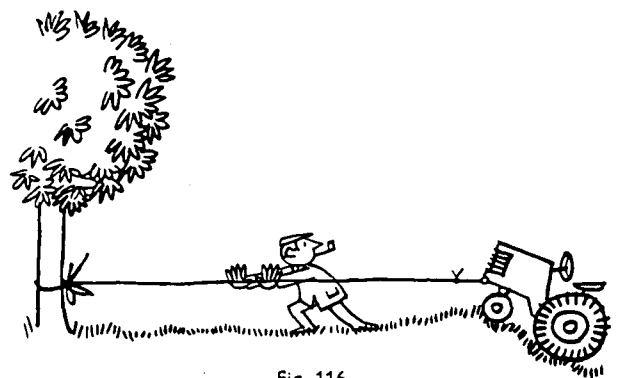


Fig. 116

35. Een trekker zit vast in een greppel en daarom bindt de bestuurder een touw aan de trekker en dan aan een boom op 10 meter afstand (Fig. 116). Vervolgens duwt hij met een kracht van 300 newton dwars op het midden van het touw. Hoe groot is de kracht die op de trekker wordt uitgeoefend als de bestuurder het midden van het touw 0,5 meter heeft verplaatst? Vervaarloos de geringe uitrekking van het touw.

figuur 12 Vraagstuk uit Natuurkunde....Doen

Nog een mooi voorbeeld, hoe je het doel van het onderwijs kunt aanpassen aan de realiteit van het onderwijs. De context van PLON en WEN is vaak duidelijk gemaakt aan het publiek met het voorbeeld 'puntmassa'. In nette schoolboeken waren fietsers en zelfs vallende kogels vervangen door een 'puntmassa'. Begrip of geen begrip, je kunt het altijd uitleggen zoals in het voorbeeld van deze tekst. (fig. 13)

### 1.3 EENPARIGE RECHTLIJNIGE BEWEGING

In de natuurkunde wordt vaak vaktaal gebruikt. Een typisch voorbeeld hiervan is dat we verder niet spreken over een bewegend voorwerp, maar over bewegingen van een *puntmassa*. Als je over een voorwerp spreekt kun je bijvoorbeeld nog aan een fiets denken (1.5). Een natuurkundige werkt liever met een puntmassa (1.6). Dan hoeft hij niet meer na te denken over het soort voorwerp dat beweegt. Het gaat dan alleen nog over een punt dat massa heeft: wel massa, maar geen afmetingen. Het tekenen van een beweging wordt nu ook gemakkelijker. Langs een rechte / beweegt een puntmassa P. (1.7). De rechte / noemen we ook weg of baan. Beweegt P naar rechts dan beweegt P in positieve richting, naar links dan in negatieve richting.



1.5 Van fietser tot ...



1.6 Puntmassa; ook wel massapunt genoemd

figuur 13 Eenparige rechtlijnige beweging

#### Doelen van schrijver en gebruiker

Uit de bovenstaande voorbeelden blijkt, dat het beste boek van de ene leraar bij de andere leraar totaal niet deugt. Grofweg let een gebruiker op één van de volgende punten:

- optimaal comfort: het boek leidt de les
- opvoeding van leerlingen
- niveau van de behandelde leerstof
- ontwikkelingsmogelijkheden voor leerlingen

Vooraf dat laatste is moeilijk te vinden. Wie gelooft in de mogelijkheid om leerlingen slimmer te maken, zoekt een weg, waarbij elke stap een nieuwe uitdaging is.

Een creatieve schrijver zal de andere punten niet mogen verwaarlozen. Een prachtig boek als 'Natuurkunde... doen!' is slechts op een klein aantal scholen ingevoerd geweest. Zonder de leraar konden de leerlingen er slecht uit wijs - het comfort was te klein. Leraren vinden het niet leuk, als ze moeten bekennen, een vraagstuk eigenlijk niet te kunnen oplossen.

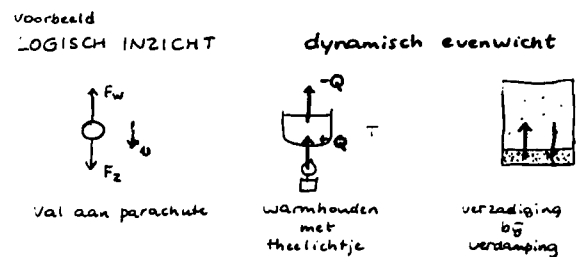
Nu de 'basisvorming' uitsluitend het accent legt op de minimale kennis, die leerlingen moeten krijgen, wil ik toch nog pleiten voor het scheppen van meer kansen, door te laten zien dat je leerlingen slimmer kunt maken.

Van groot belang is daarbij:

- het bieden van leuke ervaringen (motivatie is het sleutelwoord voor aandacht voor het nieuwe)
- het logisch inzicht te benutten
- het stimuleren om verder door te denken

Als voorbeeld van het functioneren van wat ik noem 'logisch inzicht' wil ik het dynamisch evenwicht noemen.

Het komt in vele gedaantes voor, die ik wil laten zien aan de hand van drie plaatjes.



figuur 14 Dynamisch evenwicht

Het blijkt dat met zo'n plaatje leerlingen vanzelf de behoefte krijgen om de natuurkundige begrippen de goede naam te geven, en het verband tussen toevoer, afvoer en de toestandsgrootte helder zien.

Het ligt heel dicht bij het systeemdenken, dat bijvoorbeeld de techniek toegankelijker maakt voor meisjes.

#### Slotopmerkingen

Zoals de titel luidt: de weg 'op zoek naar het beste boek' blijft voorlopig nog interessant. Niet alleen nieuwe programma's en eisen zullen nieuwe boeken doen verschijnen: ook de ervaringen, die leraren in de klas opdoen bieden inspiratie.

Het is verder nuttig zich te realiseren, dat boeken uit het verleden voor de tegenwoordige leraren ook nieuwe dingen bevatten.

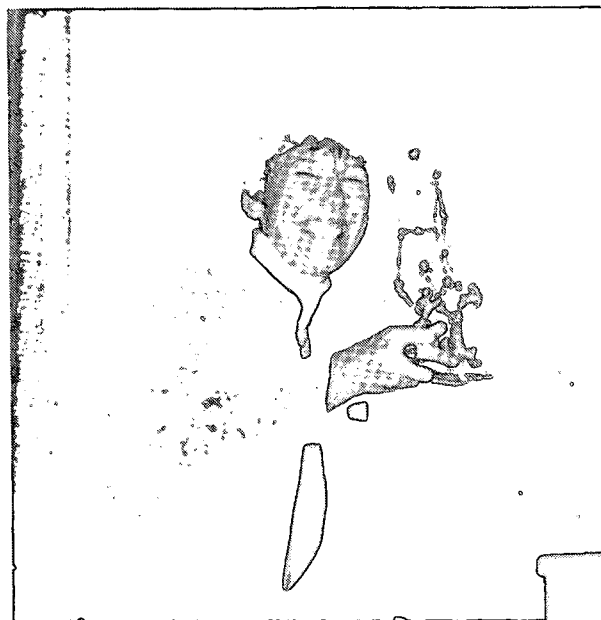
Kortom, ik hoop, dat U mee blijft zoeken.

#### Oplossing schrijvers van boeken:

- 1 Doornenbal en Nijhoff (later Koene, Botzen,..) maar ook: Jägers
- 2 Raat
- 3 Schweers en van Vianen
- 4 Lindeman en Frederik maar ook: Krans en Vrij (bovenbouw)
- 5 v.Alphen-Dorsman
- 6 Krans en Vrij (onderbouw)
- 7 Jardine-Polman-v.Genderen

- 8 Auer en Hooymayers
- 9 Raat, ..
- 10 team WN
- 11 Middelink
- 12 Engelhard
- 13 de Rover, ...
- 14 Langras, ...
- 15 team Meulenhoff
- 16 PLON-vereniging
- 17 Zweers, Lignac
- 18 Zandstra, ...
- 19 Beerens, Wiewel, vd Harst
- 20 Zweers
- 21 Kelder, Steller, Zweers
- 22 Helmer
- 23 Mathot en Biezeveld
- 24 Masschelein

# Minnaertprijs



Ladies and Gentlemen,

Goedemorgen, welkom op deze tweede dag van de conferentie. Before we will listen to the presentation of Prof. Driver we have one other item on the agenda of this conference: the presentation of the Minnaert Award for distinguished contributions to the field of Physics Education. This year we have an extra award: Usually it is presented every two years but because of the 25th Conference and the 40th Anniversary of the Foundation for Physics Education the board decided, one and a half year ago, that this year an extra award would be presented. So the advisory committee for the Minnaert prize, Jan Schröder, Ineke Frederik and Bert van Beek, have nominated the 1990 winner at the same time they nominated the previous winner, our chairperson of today. I'm afraid that some of you will not be very familiar with the name of the prize winner because her influence on the Dutch physics education is mainly an indirect one. Probably for many of you it will now be clear who the winner of the Minnaert prize 1990 is. It is an honor and a privilege for me to announce to you that the winner of the Minnaert Award in 1990 is Professor Rosalind Driver.

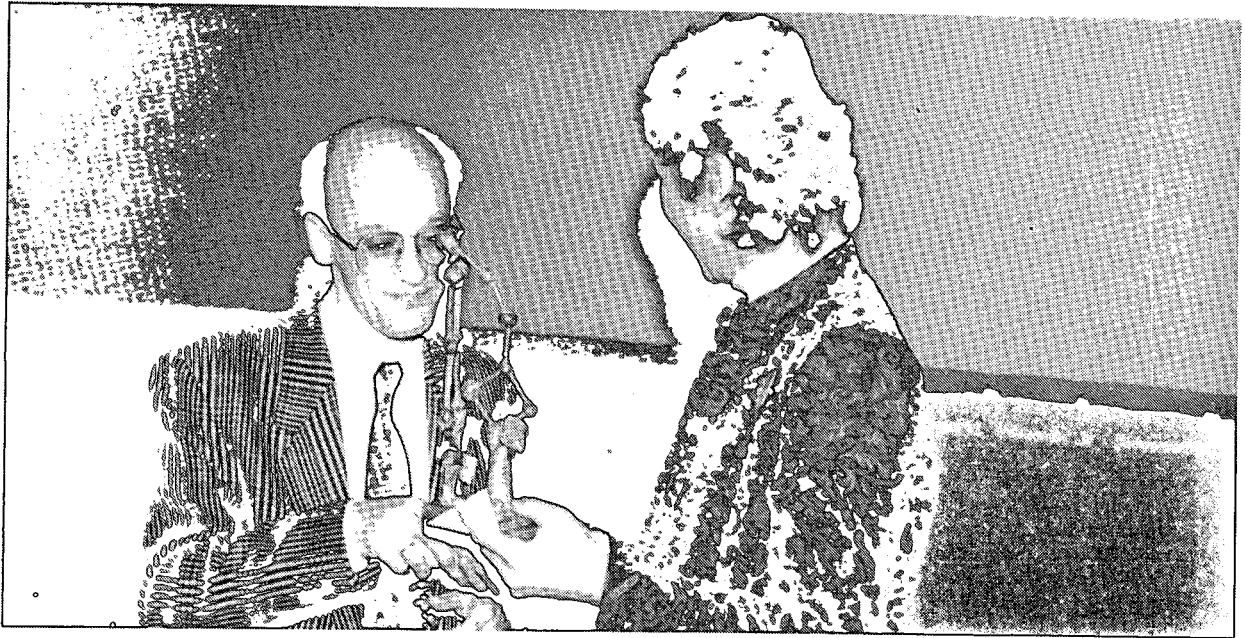
Before I will hand the certificate, the sculpture and the modest cheque to Professor Driver I will elaborate a little bit on her merits for the development of Physics Education in the Netherlands.

Professor Driver has published many many articles in scholarly journals (one of these appeared in our Dutch journal TDB) and books and she presented a lot of lectures on international conferences. These publications have been used very often by Dutch physics educators and via this way she has influenced greatly Dutch physics education. Let me quote from the (translated) version of the nominating committee report.

*She is an inspired lecturer. In her work she is able to reinterpret familiar events and features so that important consequences for education appear. Her awareness for these kind of things, her capacity to offer theoretical frameworks*

*that explain childrens pattern of reasoning and that direct new ways in science education are her strongest points. The beginning of her list of publications are in the late seventies in the Assessment of Performance Unit Science Project. Many articles and books follow such as "The pupil as Scientist" and together with Tiberghien and Guesne "Children's ideas in Science". In 1983 she was appointed as Director of the project "Children's Learning in Science". She works in an extended research project. Results from the work of this group shows that children can be seen more adequately as actively constructing understandings than as empty vessels to be filled with knowledge. Rosalind Driver's work has given rise to new teaching methods, the development of the constructivist point of view in science education is mainly a result of her effort. The topics that are dealt with in publications of Professor Driver and her co-workers are problems that experienced teacher recognize as fundamental for good teaching. In her work she offers a mirror in which teaching is reflected and that shows us that teaching must and can be improved. Her research however has a slightly uneasy message: she brings us face to face with our failure to reach the goals of our teaching. She also offers however ways to try to make teaching more successful.*

So far the nominating committee report. Professor Driver's influence on physics education in the Netherlands is tremendous. Many developments presented in lectures and workshops on this conference, many publications in Dutch journals and many research projects have been inspired by her work. This makes it obvious that the Board of the Foundation for Physics Education has followed the nomination by the advisory committee to award the Minnaert Prize 1990 to professor Rosalind Driver and I invite her to come to the stage to accept the Minnaert Prize.



## WND-aanmoedigingsprijs



De jury voor de 'WND-aanmoedigingsprijs', dit jaar bestaande uit Magda Man in 't Veld (namens de tweede graads opleidingen), Pieter Smeets (als docent natuurkunde namens de NVON) en Pieter Licht (namens de eerste graads opleidingen) zijn tot een unanieme voordracht gekomen voor de toekenning van deze prijs voor het jaar 1990. De winnaar voldoet in ruime mate aan de door de werkgroep gestelde criteria en lijkt bovendien van zin zijn activiteiten nog jarenlang voort te zetten met dezelfde ijver en creativiteit. De jury stelt voor de prijs toe te kennen aan

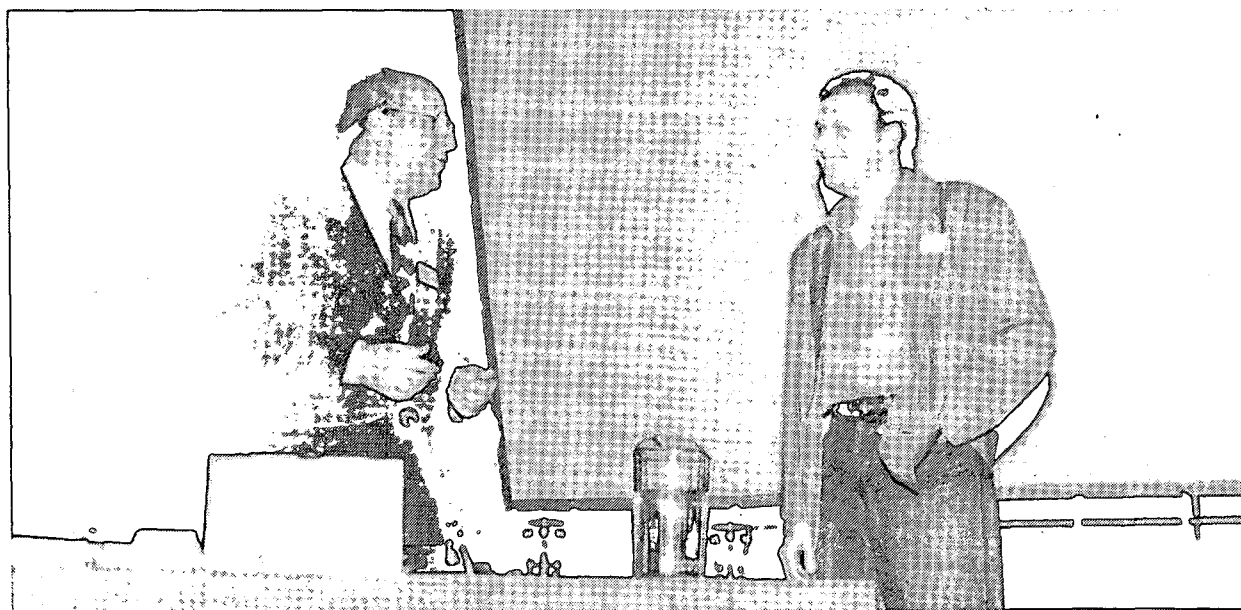
### ROBERT BOUWENS

leraar natuurkunde aan het Bernardius College te Heerlen en tevens leerplanontwikkelaar in het kader van het Projekt Bovenbouw Natuurkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven.

Robert's werk op het punt van de ontwikkeling van het optica onderwijs omvat zeer uiteenlopende aspecten. Hij is enerzijds bezig geweest met de problematiek van de begrips

ontwikkeling binnen het optica onderwijs en anderzijds, zoals dat binnen de traditie van Eindhoven betaamd, met het ontwikkelen van nieuwe practicumproeven binnen dit onderwerp. Uit zijn vele publikaties van de afgelopen jaren blijkt dat hij ook de vakinhoudelijke problemen rond optica niet uit de weg is gegaan. Zowel op zijn school als binnen de vakgroep Didactiek Natuurkunde in Eindhoven is hij vernieuwend bezig op het terrein van de didactiek. Startend als student die met groot enthousiasme heeft gewerkt aan zijn afstudeerwerk over optica onderwijs, heeft hij zich in korte tijd ontwikkeld tot iemand die zelfs op een Amerikaanse onderwijsconferentie met grote flair zijn ontwikkelingswerk en onderzoeksresultaten weet te presenteren.

Als de aanmoedigingsprijs van de WND bedoeld is om toekomstige kandidaten voor de prijs aan te sporen een soortgelijke weg te gaan als Robert Bouwens, dan is de jury van mening dat we bij de toekenning van de eerste aanmoedigingsprijs in de figuur van Robert een goed voorbeeld hebben.







# Werkgroepen



# McClintock in de klas: Stroomsterkte en spanning spelenderwijs

Werkgroep 1



*A. Alting & R. Bouwens*

Veel leerlingen hebben er moeite mee de begrippen stroomsterkte en spanning uit elkaar te houden. Vooral voor meisjes, die van huis uit niet zoveel ervaring hebben met elektrische apparaten als jongens, blijven allerlei begrippen uit de elektriciteitsleer vaak abstracties zonder inhoud. Zij kunnen zich geen beeld vormen van wat er nu eigenlijk gebeurt in een stroomkring. Het McClintock Collective heeft lesmaterialen en onderwijsstrategieën ontwikkeld en in hun eigen lessen uitgeprobeerd, met als doel het natuurwetenschappelijk onderwijs aantrekkelijker en relevanter te maken voor alle leerlingen, meisjes én jongens. Eén van de werkvormen die toegepast wordt, is het uitbeelden van natuurkundige verschijnselen in een spel. Onder andere de begrippen "elektrische stroom", "stroomsterkte" en "spanning" worden door middel van een spel geïntroduceerd en vervolgens verder uitgewerkt. Voorafgaande aan het spel zetten leerlingen op papier wat ze te binnen schiet bij het woord "elektriciteit". Op die manier heeft de docent een beeld van de ideeën die leerlingen al hebben over elektriciteit. Het is daarbij belangrijk dat alle ideeën die leerlingen hebben, geaccepteerd worden, zonder beoordeeld te worden op "goed" of "fout". Van het spel wordt verwacht, dat er voor alle leerlingen een motiverende en heel concrete basis gelegd wordt voor verdere begripsontwikkeling.

Het spel over elektriciteit is door natuurkundeleraar Robert Bouwens uitgevoerd in een 3-atheneum klas. Er zijn video-opnamen gemaakt van één van de lessen en van gesprekken met de leraar en een aantal leerlingen over wat zij van deze manier van werken vonden. In de werkgroep zal dit video-materiaal vertoond en besproken worden. Ook het lesmateriaal zelf zal beschikbaar zijn en desgewenst kunnen we het spel zelf ook uitproberen.

# Fysische informatica

Werkgroep 2

*C. de Beurs*



## Inleiding

Op de afdeling Didaktiek Natuurkunde in Amsterdam wordt voorbeeldlesmateriaal ontwikkeld voor de lessen Fysische Informatica in klas 5 en klas 6 vwo. Hoofdonderwerp van deze lessenserie is het gebruik van Informatie Technologie (IT) bij natuurwetenschappelijk onderzoek. Aan de orde komt de toepassing van de computer bij het vergaren van meetgegevens, het analyseren van meetgegevens en het doorrekenen van theoretische modellen. Naast het kennis maken met moderne onderzoekstechnieken is het de bedoeling dat leerlingen in de klas IT-hulpmiddelen leren hanteren bij het doen van zelfstandig onderzoek.

In oktober 1988 werd een eerste versie voorbeeldlesmateriaal voltooid en op beperkte schaal in de klas getest. Deze versie concentreerde zich op de volgende twee hoofdonderwerpen:

1. De opbouw van een computergestuurd meetsysteem (data-aquisitie). Het gaat hierbij vooral om een beschrijving van de benodigde componenten en de wijze waarop zij moeten samenwerken om zinvolle signaalverwerking door de computer mogelijk te maken. Eigenschappen van sensoren, signaalconditionering en AD-omzetting zijn hierbij de belangrijkste ingrediënten. In de klas werd gebruik gemaakt van een set sensoren, de UIA-kaart, het meetpaneel, IP-COACH en een practicumbord signaalconditionering (signaalversterkers en filters).
2. Het gebruik van de rekenkracht van de computer bij het doorrekenen van theoretische modellen van fysische verschijnselen. Hypothese-toetsing is mogelijk door vergelijking van de modeluitkomsten met experimentele meetgegevens. In klasverband werd gebruik gemaakt van het DMS-pakket dat via het NIVO-project op de scholen verspreid is.

## Enkele ervaringen met dit lesmateriaal.

Leerlingen ervaren dit onderwerp als heel zinvol. Vooral de combinatie van meten met de computer en het werken met DMS wordt positief beoordeeld. Een veel gehoorde mening was dat door gebruik van dit soort instrumenten experimenteren leuk blijft en dat je wordt geprikkeld om creatief na te

denken over de oorzaken van fysische verschijnselen. Meer verdeeld zijn de meningen over het onderwerp signaalconditionering. Het wordt niet echt moeilijk gevonden, maar wel als een wat 'vreemde eend' in de bijt gezien.

Een verklaring hiervoor kan zijn dat in het lesmateriaal vrij gedetailleerd wordt ingegaan op versterkings- en filtertechnieken. Er is gepoogd alle begrippen die hierover in pt. 05 en 06 van de WEN-lijst voor fysische informatica genoemd worden in een begrijpelijke samenhang te behandelen. Zo'n behandeling blijkt echter in de praktijk zeer tijdrovend en dreigt ten koste te gaan van het overzicht. Hoofdonderwerp is het computergebruik als hulpmiddel bij het proces van natuurwetenschappelijke theorievorming. Kennis van signaalbewerkingen (versterking, filtering, AD-omzetting) is op functioneel niveau nodig om inzicht te krijgen in de factoren die de nauwkeurigheid van meetresultaten bepalen. Een behandeling van de werking van de componenten op elektronica-niveau (bijv. de opamp formules) draagt aan dit inzicht slechts weinig bij.

## Revisie-ideeën

In april 1991 moet de revisie van het voorbeeldlesmateriaal zijn afgerond. T.o.v. de eerste versie zal de aandacht sterker gericht zijn op het vormen van een *functioneel beeld* van het gebruik van IT-hulpmiddelen bij natuurwetenschappelijke theorievorming:

- Wat is de werkwijze van natuurwetenschappers? Hoe komen zij tot geldige uitspraken over de fysische werkelijkheid en hoe verloopt het proces van theorievorming.
- In welke fasen van dit proces kan gebruik gemaakt worden van welke IT-hulpmiddelen?
- Wat zijn de criteria om deze hulpmiddelen aan te wenden?
- Wat zijn de eventuele beperkingen en wat zijn de voordelen?

Signaalconditionering zal meer kwalitatief aan de orde komen. Gedacht wordt aan een demonstratie practicum. Het leerlingen practicum zal vooral gericht zijn op het gebruik van IT-hulpmiddelen bij de automatisering van het meetproces, het analyseren van meetgegevens en het doorrekenen van wiskundige modellen.

## Practicummateriaal

Voor de uitvoering van het leerlingenpracticum en voor demonstratieproeven gaan we ervan uit dat in de klas een volledige COACH-omgeving beschikbaar is.

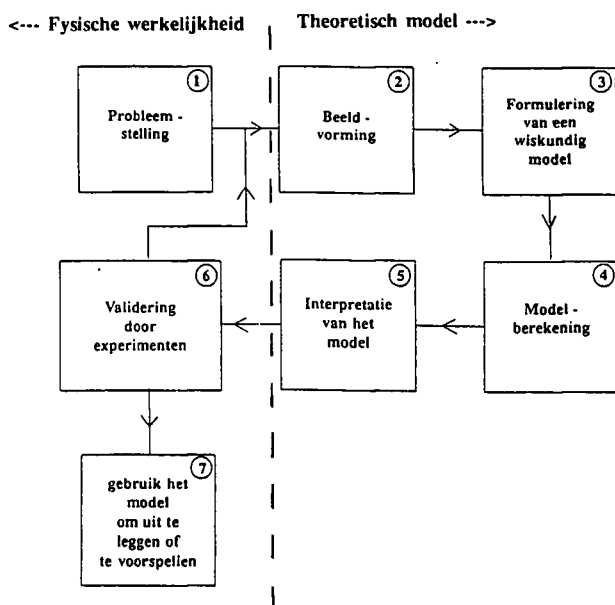
- Op het gebied van hardware moet gedacht worden aan een computer, een UIA-kaart, een meetpaneel, sensoren, een filterkastje en een meetversterker voor de opbouw van een meetsysteem.
- Op het gebied van software betekent dit de beschikking over IP-COACH 3.0, inclusief de uitbreidingen voor fysische informatica.

Een van de software- uitbreidingen is *theorieblad*, een programma waarin wiskundige modellen van fysische verschijnselen kunnen worden opgesteld en doorgerkend. Een tweede uitbreiding is *rekenvel*, een soort spreadsheet met behulp waarvan rekenkundige en wiskundige bewerkingen op meetwaarden kunnen worden uitgevoerd. Beide uitbreidingen zijn volledig geïntegreerd met de COACH-meetomgeving waardoor het optimaal mogelijk zal zijn een koppeling te leggen tussen theorie (modelberekeningen) en fysische werkelijkheid (meetresultaten). Grafieken die het resultaat zijn van modelberekening kunnen bijvoorbeeld geschoven worden over gelijksoortige grafieken die afgeleid zijn uit de meetgegevens.

Alle software bij IP-COACH kan in principe 'los van de hardware' in het computerlokaal worden gebruikt. Dit is van belang omdat de meeste scholen nog over een weinig hardware voor het vergaren van meetgegevens met de computer beschikken. We zijn van plan bij de gereviseerde versie van het voorbeeldsmateriaal ook bestanden met meetgegevens te leveren ten behoeve van het leerlingen practicum.

## Een schema voor de natuurwetenschappelijke werkwijze

Doel van de lessenserie is leerlingen kennis te laten maken met moderne onderzoekstechnieken. Duidelijk moet worden wat de plaats en de functie is van hardware- en software-instrumenten in de verschillende fasen van het onderzoeksproces. Als didactisch hulpmiddel hierbij wordt in de klas een 'schema voor de natuurwetenschappelijke werkwijze' geïntroduceerd. Zie figuur 1.



figuur 1 Schema natuurwetenschappelijke werkwijze

Dit schema wordt ook door leerlingen gebruikt als leidraad bij het oplossen van onderzoeksproblemen tijdens het practicum.

Kenmerkend voor het schema is de opvatting dat in de standaardpraktijk van natuurwetenschappelijk onderzoek theorievorming zelden bij 'nul' begint. Voortgaande theorievorming is altijd gebaseerd op een harde kern van min of meer gestabiliseerde denkbeelden. Bestaande theoretische modellen worden verfijnd met behulp van aanvullende hypothesen. De harde kern vormt een integraal onderdeel bij de verklaring van fysische verschijnselen. Experimenten hebben tot doel de aanvullende hypothesen te falsificeren dan wel te ondersteunen. De *harde kern van de theorie* blijft hierbij onaangetaast.

We bespreken de verschillende fasen in het schema:

### 1. Probleemstelling

Elk onderzoek begint met een probleemstelling. In de klas wordt deze probleemstelling gegeven of door leerlingen gekozen.

### 2. Beeldvorming

Je zou dit de oriëntatie-fase van het onderzoek kunnen noemen. De onderzoeker leeft zich in het probleem in en gaat op zoek naar beschikbare theorieën en gegevens ter beschrijving van het probleem. De beeldvorming kan ondersteund worden door het uitvoeren van proefexperimenten. De bestaande theorie wordt gemodificeerd om het probleem te kunnen oplossen. Een onderdeel van dit proces is het doen van vereenvoudigende aannamen en het opstellen van aanvullende hypothesen. De bestaande theorie vormt steeds de harde kern voor een dergelijke beschrijving. Voor leerlingen wordt deze harde kern gevormd door theorie uit de schoolnatuurkunde. Samenvattend gaat het in deze fase om het verzamelen van informatie, het analyseren van informatie en het focuseren van de gevonden informatie op het probleem.

### 3. Formulering van een wiskundig model

Basiskenmerk van natuurwetenschappelijke theorievorming is dat men probeert fysische verschijnselen te beschrijven in mathematische termen. Het wiskundige model bevat zowel de theoretische wetten als de empirische wetten die daaruit zijn af te leiden in symbolische vorm. Het model is een weergave van de theorie, voorzover deze relevant is voor het te beschrijven probleem. In dit model is de harde kern van de theorie verwerkt, inclusief aanvullende hypothesen.

### 4. Modelberekening

Met behulp van het wiskundige model worden diverse 'gevolgen' van fysische wetten en hypothesen doorgerkend. Modelberekeningen kunnen zowel *analytisch* als *numeriek* (met een computer) worden uitgevoerd. Er zijn een aantal fasen te onderscheiden.

In eerste fase kan met behulp van berekeningen de interne consistentie van het model worden nagegaan.

Bij complexere modellen kan ook onderzocht worden welke modelregels het gedrag bepalen. Op basis van deze kennis is in sommige gevallen modelvereenvoudiging mogelijk. Door het schrappen van termen kunnen hoofdzaken van bijzaken ontdaan worden, met behoud van de oorspronkelijke fysi-

sche betekenis van de resterende termen. Dit kan het inzicht geweldig bevorderen.

Door modelberekening kan vervolgens de werkelijkheid voor verschillende omstandigheden nagebootst (gesimuleerd) worden. Hierdoor wordt zicht gekregen op de verklaringskracht van het model. In eerste aanzet kan de waarde van ingebouwde hypothesen beoordeeld worden. De model-simulaties kunnen ook aanwijzingen geven voor de wijze van hypothesetoetsing.

### 5. Interpretatie van het model

Als voorbereiding op daadwerkelijke hypothese-toetsing dient een interpretatie plaats te vinden van modelvariabelen in experimentele termen. Je zou kunnen zeggen dat er een verbinding moet worden gelegd tussen het model en de fysische werkelijkheid. Zie ook de stippellijn in het schema. Er dient te worden aangegeven hoe modelgrootheden experimenteel bepaald kunnen worden. Wat zijn direct meetbare grootheden en wat zijn indirect meetbare grootheden? Hoe kunnen de niet direct meetbare grootheden omgezet worden in direct meetbare grootheden?

### 6. Validering door experimenten

Er van uitgaande dat in voorgaande fasen al is vastgesteld welke hypothese, op welke wijze getoetst gaat worden dient nu een experimentele opstelling ontworpen te worden. Indien het model meerdere hypothesen bevat moet uiteraard de eis gesteld te worden dat ze onafhankelijk toetsbaar zijn.

De nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van het meetinstrument dient te worden vastgesteld. Vervolgens kan het feitelijke waarnemen beginnen.

Na verwerking en analyse van de meetgegevens - rekening houdend met nauwkeurigheidsgrenzen - kan de hypothese voorlopig geaccepteerd dan wel verworpen worden.

Met dit schema is slechts een fase in het proces van voortgaande theorievorming beschreven. De resultaten kunnen gebruikt worden om het model te verfijnen, aanvullende hypothesen te doen en de cyclus opnieuw te doorlopen. Door processen van deze aard wordt de bestaande theorie uitgebreid en neemt de verklaringskracht van het theoretische model toe.

In de praktijk van fysisch onderzoek zijn er echter ook grenzen aan deze werkwijze. Ook na steeds verdere verfijning van het model kan men op een gegeven moment tegen anomalieën aanlopen die vanuit het model niet meer te verklaren zijn. Dit kan het startsein zijn voor de ontwikkeling van concurrerende modellen met een grotere verklaringskracht. De geschiedenis van de natuurwetenschap kent een groot aantal voorbeelden van dit soort 'blikwisselingen' (Zie ook Thomas Kuhn in 'The structure of Scientific Revolutions, Chicago University Press 1970 en Imre Lakatos in 'Criticism and the Growth of Knowledge', Cambridge University Press 1970).

### Gebruik van IT-hulpmiddelen bij fysisch onderzoek

In de experimentele natuurkunde worden IT-hulpmiddelen aangewend bij de automatisering van het meetproces. Binnen de theoretische natuurkunde is dankzij de computer zelfs een nieuw en snel groeiend vakgebied ontstaan: *computational physics*. Dit vakgebied - ook wel numerieke natuurkunde genoemd - houdt zich bezig met computerver-

werking van meetgegevens en het theoretisch nabootsen van natuurkundige verschijnselen via modelberekeningen. IT-hulpmiddelen worden dus aan beide zijden van de stippellijn in figuur 1 ingezet ter ondersteuning van de onderzoeksactiviteiten, zowel bij het vergaren van meetgegevens als bij de ontwikkeling van theoretische modellen.

- Door automatisering van het meetproces zijn experimenten mogelijk die met de 'hand' slecht uitvoerbaar zijn (bijvoorbeeld: metingen aan snel veranderende verschijnselen).
  - In een geautomatiseerd meetsysteem zijn experimenten gemakkelijk herhaalbaar voor verschillende omstandigheden. De meetgegevens kunnen na computerverwerking op een voor de onderzoeker inzichtelijke wijze worden gepresenteerd. Deze faciliteiten maken het aantrekkelijk beeldvorming (fase 2 in het schema) te ondersteunen door het doen van proef-experimenten.
  - De computer kan berekeningen aan die 'met de hand' nauwelijks meer zijn uit te voeren en manipuleren met formules die voor mensen te ingewikkeld zijn. In de klas zal bijvoorbeeld door de numerieke benadering bij modelberekeningen minder snel worden aangelopen tegen een beperkte wiskundekennis (fase 4). Vergaande idealisering bij de beschrijving van fysische verschijnselen (fase 3) is daardoor minder nodig.
  - De simulatiemogelijkheden met het computermodel (fase 4) bieden een krachtig instrument bij het bevorderen van inzicht in de verklaringskracht van de theorie. Computersimulaties kunnen ook aangeven welke experimenten (fase 5 en fase 6) gedaan moeten worden om de effecten die men onderzoekt op hun voordeligst naar voren te laten komen.
  - De rekenkracht van de computer kan gebruikt worden om gegevens in een vorm te brengen waaruit de onderzoeker gemakkelijker informatie haalt. Hierdoor nemen de analyse-mogelijkheden (fase 6) sterk toe. Hypothesen kunnen getoetst worden door (bewerkte) meetgegevens op een inzichtelijke wijze te vergelijken met de uitkomsten van modelberekeningen.
- De COACH-omgeving maakt het leerlingen mogelijk zelf te ervaren op welke wijze gebruik gemaakt kan worden van IT-hulpmiddelen in verschillende fasen van het onderzoeksproces. De grootste kracht van een dergelijke omgeving is misschien wel dat hiermee flexibel te gebruiken gereedschap voor theorievorming beschikbaar is. Hiermee is het mogelijk om 'theoretische feiten' en 'empirische feiten' als het ware transparant over elkaar heen te leggen. Dit kan door transformatie van gegevens die aan beide zijden van de stippellijn in figuur 1 worden opgeleverd. Zowel meetdata als gegevens uit modelberekeningen kunnen zodanig bewerkt en verwerkt worden dat de beoordeling van correspondentie tussen theorie en fysische werkelijkheid steeds beter mogelijk wordt. In de klas zal de beschikking over dit soort gereedschap de motivatie van leerlingen versterken om creatief bezig te zijn met bedenken van verklaringen voor waargenomen verschijnselen. Ook zal de drempel lager zijn om bestaande denkbeelden bij te stellen en opnieuw te toetsen als correspondentie blijkt te ontbreken.

De lessenserie "Computertoepassingen in de Natuurkunde" moet de basiskennis leveren om dit soort gereedschap te

kunnen gebruiken. Leerlingen moeten zelfstandig eenvoudige modellen van fysische verschijnselen kunnen opstellen. In de experimentele fase moeten ze - gebruik makend van basiscomponenten - in staat zijn een meetsysteem op te bouwen en een oordeel te geven over de nauwkeurigheid van de meetgegevens. Ze moeten gebruik kunnen maken van de beschikbare software bij de analyse van meetgegevens en bij modelberekeningen. Belangrijk is tenslotte ook dat ze een adequaat beeld krijgen van het gebruik van IT-hulpmiddelen bij natuurwetenschappelijk onderzoek.

### Een voorbeeld

Op de werkgroep-bijeenkomst is een onderzoeksproject gedemonstreerd, waarbij volgens de lijnen van het schema (figuur 1) geïntegreerd gebruik gemaakt wordt van IT-hulpmiddelen. We zullen hier volstaan met een beknopte beschrijving. Dit onderzoek wordt uitvoerig beschreven in hoofdstuk 4 van het voorbeeld lesmateriaal.

### STUITERENDE PINGPONGBAL

#### probleemstelling:

Een stuitend pingpongballetje beweegt met steeds kortere stuitertijden tot hij tenslotte stil ligt.

- Welke factoren zijn van invloed op het korter worden van de stuitertijd?

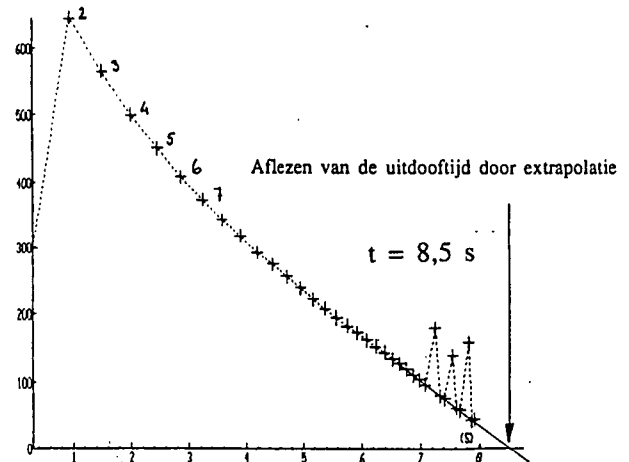
Indien deze factoren (kwantitatief) bekend zijn:

- Kan met behulp hiervan de totale stuitertijd voorspeld worden?

In *Theorieblad* werd een model opgesteld van de beweging in de lucht en van de niet elastische botsing. In het model was de hypothese opgenomen dat het energieverlies per botsing een constant percentage is van de kinetische energie vóór de botsing. In eerste instantie werd de invloed van de luchtwrijving verwaarloosd.

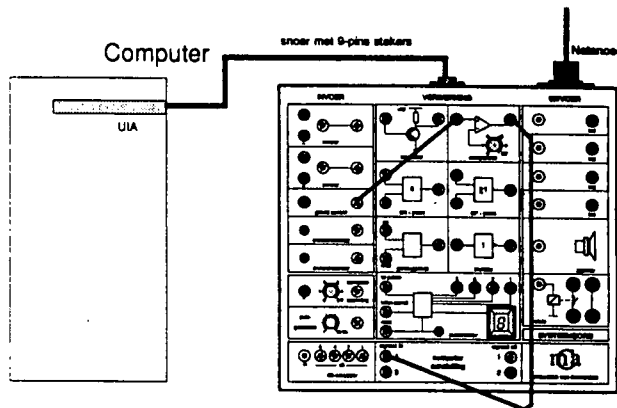
Een analyse leverde de volgende uitkomsten:

- De luchtwrijving is alleen aan het eind van de stuiterbeweging verwaarloosbaar.
- De hypothese werd ondersteund door het experiment. Het percentage energieverlies kon uit de meetgegevens bepaald worden (5,5 %).



figuur 3 Grafiek na verwerking van meetgegevens (tijdsduurmeting): Het verband tussen de stuitertijden (verticaal) en de stuit-tijdstippen (horizontaal).

Door het model te verfijnen voor de invloed van de luchtwrijving werd een goede correspondentie tussen de modeluitkomsten en meetgegevens gevonden. De waarde voor de luchtwrijvingscoëfficiënt ( $C_w$ -waarde) werd bepaald op 0,45. In tabellen met  $C_w$ -waarden vinden we vergelijkbare getallen voor bolvormige voorwerpen.



figuur 2 Opstelling: Het systeembord koppelen aan de UIA-kaart

De stuitertijden werden gemeten met behulp van de geluidsensor op het systeembord. Door het sensorsignaal naar een comparator te sturen werd een voor computerverwerking geschikt meetsignaal verkregen.

Bij de analyse van de meetgegevens is gebruik gemaakt het programma *Verwerking* in IP-COACH. De grafiek van de meetresultaten werd vergeleken met de 'modelgrafiek'.

# Wat gebeurt er als de TL-verlichting wordt aangedaan

Werkgroep 3

*M. Bollen & R. Hablé*



## **Toelichting bij de opzet van de werkgroep**

Doel van de werkgroep was om verschillende leer/doceerstijlen van docenten op te sporen.

In een aantal keuzeopdrachten wordt gevraagd naar de beeldvorming bij natuurkundige processen door middel van 'creatief schrijven'.

Onderzocht wordt welk type vragen de verbeelding van leerlingen (en docenten) stimuleren. Is er een verschil tussen jongens en meisjes, mannen en vrouwen?

De opdrachten maken het zowel mogelijk zich voor te stellen zelf deel uit te maken van de TL-buis, als er meer afstandelijk naar te kijken.

De TL-verlichting is als onderwerp gekozen omdat docenten daarvan ook niet precies weten hoe het werkt. Daardoor kan een classesituatie benaderd worden.

## **De keuzeopdrachten**

1. Stel je voor je bent een deeltje in een TL-buis, beschrijf eens wat je allemaal meemaakt als het licht wordt aangedaan.
2. Stel je voor dat je met een videocamera met microscopische lens in een TL-buis kunt kijken.  
Beschrijf wat je ziet als het licht wordt aangedaan.
3. Deeltje ligt rustig te slapen. Plotseling wordt ze met een schrik wakker. Wie haalt het nu weer in zijn hersens om het licht aan te doen. Snel... (maak dit verhaal af)
4. Voor u ligt het schema en tekeningen van de TL-buis, geef met behulp hiervan een beschrijving van het moment waarop het licht van de TL-buis wordt aangedaan. (voor tekening zie bijlage)

## **Voorstellingen van natuurkundigen, scheikundigen en een pedagoog**

Hieronder volgen eerst zonder commentaar de antwoorden die in de werkgroep bij de keuzeopdrachten gegeven zijn.

1. Heerlijk zweef ik door de ruimte. Geen gezeur, geen lawaai, rustig met de ogen dicht, laat ik me, als een sneeuwbal van de wind, onbezorgd naar de kant die ik op ga, gaan. Volkomen ontspannen en ik denk, ik denk, ik denk aan .....

niets. Opeens word ik ruw gestuurd, door iets dat ik in mij onbewuste al gewaargeworden was. Ik probeerde er me voor af te sluiten, maar dat bleek onmogelijk. Het lawaai was nog tot daar aan toe, maar ik werd geprikt, het kwam ineens en hield constant maar onophoudelijk aan. Het was een regen van elektrische vonken en ik werd kwaad, ik werd witheet van woede en besepte dat dat voorlopig zo zou blijven.

(man) (scheikundige) (opdracht 1)

2. (Ik ben een gasatoom)

Wat is dat nu? D'r komt weer zo'n hele horde van die elektronennoezems aanfietsen. D'r is zeker wat te halen daar aan de andere kant! Ze willen zo graag naar dat rare ding daar. O jee, er komt er één deze kant op! Kijk uit!!

Oeps, hij botst tegen me aan. Ik word een stukje meege-sleurd in zijn vaart. Ik ben helemaal aangeslagen! Ik sta te trillen als een riet.

Ik heb zo echt energie teveel. Dat moet ik even kwijt. Hè, hè, dat licht op. 't Wordt er ook licht van. Ik zie in de verte dat het mijn burens net zo vergaat. En die elektronennoezems blijven maar komen. Aj, weer een die tegen me aan botst.....

(vrouw) (natuurkundige) (opdracht 1)

3. Deeltje ligt rustig te slapen. Plotseling wordt ze met een schrik wakker. Wie haalt het nu weer in zijn hersens om het licht aan te doen...

Ik zou wel snel weg willen vluchten. Die vervelende dreumessen van gloeidraadelektronen, maar hoewel ik kwik heet, ben ik traag. Ik moet het allemaal maar over me heen laten komen. Mijn - ik weet niet precies hoeveel eigen - elektronenkindertjes worden uit hun banen geduwd, ze beginnen angstig te schreeuwen en vallen dan terug op hun eigen plaatsen en beginnen te glanzen van tevredenheid dat ze die lastige dreumessen toch de baas zijn gebleven: ze willen bij mij blijven.

Ja, een mooie glans: een helder wit licht.

(vrouw) (scheikundige) (opdracht 3)



4.  
Deeltje ligt rustig te slapen. Plotseling wordt ze met een schrik wakker. Wie haalt het nu weer in zijn hersens om het licht aan te doen...

Het is alsof ze door een golf wordt opgetild en met een smak tegen die harde glaswand aangegooit, maar nog voordat ze 'au' kan zeggen, komt er een nieuwe golf die haar de andere kant op stuurt, nu voelt ze niet alleen glas, maar ook andere deeltjes. Ze probeert zo behendig mogelijk botsingen te voorkomen maar het lijkt wel alsof ze overal naar toe wordt getrokken, een grote heksenketel en als ze haar ogen durft open te doen, schrikt ze zich kapot... Dat hadden ze haar nog nooit verteld..

Ze had wel eens een prachtig sprookje gehoord over bliksemflitsen en onweer, maar daar kon ze zich nooit wat bij voorstellen. Zou dit nou zoiets zijn? Een voortdurende bliksemflits en zij zit er middenin?

(vrouw) (pedagoge.) (opdracht 3)  
(begeleidster van de werkgroep)

5.  
De gloeidraad wordt heet, geeft licht.

Even inzoemen! Er vertrekken elektronen vanaf de gloeidraad en slaan op de gasatomen en tevens slaan atomen van de gloeidraad met een klap op de gasatomen, de gasatomen gaan sneller bewegen, kris kras door elkaar en slaan op de 'slapende' kwikatomen, die stijgen op (verdampen). Even later. De gloeidraad komt tot rust.

De elektronen slaan op de gas- en kwikdamp-atomen. De kwikdamp-atomen krijgen een tik (aangeslagen) en als ze normaal worden zenden ze hun licht uit.

(man) (natuurkundige) (opdracht 2)

6.  
Ik had 1 genomen en daar kwam ik niet helemaal uit, ik had niet zoveel inspiratie en toen heb ik een beschrijving gegeven.

(vrouw) (natuurkundige) (opdracht 1 en 2)  
(begeleidster van de werkgroep)

7.  
Mijn ogen en mijn kamera zijn zo goed dat ik geeneens licht nodig heb om iets te kunnen zien. Ik kan dus ook kijken als het licht in de TL-buis nog uit is.

Wat zie ik nu?

Ik zie een hele hoop rode bolletjes kriskras door elkaar schieten. Ze gaan best hard. Omdat ze niet goed uitkijken botsen ze vaak met andere bolletjes. Ook botsen ze domweg tegen de muur. Dit zijn de gasatomen die in de buis zitten. Ik zie ook veel grotere, grijze bolletjes. Dit zijn de kwik-atomen. Deze gaan langzamer dan de rode bolletjes, maar ze botsen ook overal op. Maar dat geeft niet, ze stuiten toch steeds weer terug.

En plotseling hoor ik 'klik'.

De schakelaar is omgezet. De lamp gaat aan.

Nu komen er opeens razendsnel allemaal hele kleine bolletjes van links naar rechts vliegen. Deze bolletjes zijn veel kleiner en veel sneller dan de atomen. En ze gaan allemaal van links naar rechts, dus niet kriskras.

Als ze tegen de gas-atomen botsen, gebeurt er niet zo veel. Maar als ze tegen de kwik-atomen botsen, geven deze plotseling heel even veel licht. 'flits'.

Omdat er heel veel botsingen zijn, zijn er continu flitsen. Zo veel, dat het gewoon licht is geworden.

(man) (natuurkundige) (opdracht 2)

8.  
"Ik zit in een lange buis. Ik kan er weinig in zien. Het lijkt een lege buis. Ik voel plotseling 'n siddering, een soort kracht. Het trilt heen en weer. Ik schud mee. Dan flitst er een licht op.

Een steekvlam lijkt het. Er komt een enorme wind, een stroom, en ik moet mee. Tot ik tegen iets opbots, een wand. Ik plak eraan. Ik voel iets aan mij kleven. Plotseling ben ik heel anders.

Ik storm nu naar de andere kant. En zo gaat dat maar door, heen en weer."

(op een geven moment loopt deze fantasie natuurkundig gezien mis, maar de beelden blijven me fascineren.)

(vrouw) (natuurkundige) (opdracht 1)

9.  
Deeltje ligt rustig te slapen. Plotseling wordt ze met een schrik wakker. Wie haalt het nu weer in zijn hersens om het licht aan te doen. Snel probeert ze zich om te draaien maar het trillen en schudden gaat door. Zelfs met de dekens over haar heen ziet ze het steeds lichter worden. Even denkt ze dat ze weer rustig verder kan slapen, maar dan begint alles nog heftiger te schudden en te trillen. Nu helpt niets meer. Ze is nu klaar wakker. Op hetzelfde moment ziet ze dat ook al haar vriendinnetjes recht overeind in bed zitten. Klaarwakker maar met de schrik nog in de ogen .....

(vrouw) (studente natuurkunde) (opdracht 3)

10.  
Rustig draai ik m'n rondjes om de kern van het ene atoom. Dan weer eens om een andere.  
Plotseling wordt er met een verschrikkelijke kracht aan me getrokken en word ik wreed weggerukt uit m'n draaien. Met een enorme snelheid word ik tussen kernen door naar buiten getrokken en schiet rakelings langs allerlei gasatomen. Als dit maar goed gaat!

Zonder enige invloed op mijn bewegingsrichting te kunnen uitoefenen lijkt het onmogelijk nog langer ongeschonden de overkant (wat daar is, is volstrekt onduidelijk) te kunnen halen. Om me heen zie ik verschillende lotgenoten op een enorme manier tegen andere deeltjes aanknallen en de enorme lichtflits die daarop volgt maakt het onmogelijk te zien wat er precies gebeurt.

Plots ben ik zelf aan de beurt met een enorme snelheid stoot ik een om een kern heendraaiend elektron uit zijn baan. Achterom kijkend en van richting veranderend zie ik plotseling een lichtflits.

Het deeltje draait daarna weer verder alsof er niets gebeurd is.

(man) (natuurkundige) (opdracht 1)

11.  
Plotseling voel ik een sterke kracht. Het lijkt alsof ik in de start van een vliegtuig zit. Ik zie een enorme bol op me afkomen en bots daar bovenop. Versuft dwarrel ik opzij. De grote bol beweegt zich van me af en botst zeer ver van me vandaan op een melkachtig oppervlak.  
Daarbij neem ik een enorme lichtflits waar die een eeuwigheid lijkt te duren. Mijn familie maakt hetzelfde mee, maakt

dezelfde nachtmerrie door. Alsmar afwisselend licht en donker. Deze droom blijft zich maar herhalen.

(man) (opdracht 1)

12.

Als je met de camera in de buis kijkt, is er eerst maar weinig te zien. Pas na enige tijd kan je hier en daar wat deeltjes onderscheiden. Nog een tijdje later kan je zien dat sommige deeltjes wat groter zijn dan anderen. Er heerst een betrekkelijke rust. Als het licht wordt aangedaan, lijkt opeens de hel los te barsten. Er ontstaat een geweldige opwinding onder vooral de kleinere deeltjes, waarvan er opeens veel meer lijken te zijn - alsof ze uit het niets tevoorschijn komen -. Ze spoeden zich allemaal één kant op, botsen daarbij op de grotere deeltjes zodat soms de vonken er af en de brokstukken in het rond vliegen.

Al gauw valt niet meer uit te maken wat bij wat hoorde. Er worden op het eerste gezicht in de chaos van brokken die is ontstaan willekeurige combinaties gevormd maar bij nader inzicht blijken die altijd uit een combinatie van een kleiner deeltje met een gehavend groter deeltje te bestaan.

(man) (opdracht 2)

### **Nabeschouwing**

(door Renée Hablé, met dank aan Marjo Bollen en Magda Man in 't Veld)

De werkgroep vindt plaats in het kader van de introductie van een onderwijsmethode waarin meer aandacht wordt besteedt aan het stimuleren van de verbeelding. Het idee is dat natuurkunde voor meer jongens en meisjes aantrekkelijk kan zijn als ze gestimuleerd worden er hun eigen beelden bij te maken.

Vooronderstelling bij deze werkgroep is dat bij sommige mensen (vrouwen vaker dan mannen?) de verbeelding pas op gang komt, wanneer zij zich denkbeeldig fysiek mogen verplaatsen in het proces, hetgeen in deze workshop betekent dat zij een deeltje mogen worden.

Andere mensen lijken eerder beelden te krijgen in een meer afstandelijke benadering, bijvoorbeeld door ernaar te kijken.

In de exacte vakken is een 'persoonlijke' of 'gepersonaliseerde' benadering niet gebruikelijk en vaak ongewenst.

Toch lijken meisjes daarmee vaker benadeeld, de toegang tot een natuurkundige manier van denken wordt voor hen geblokkeerd.

Bij jongens lijkt de natuurkundige benadering meer aan te sluiten bij hun dagelijkse manier van denken, de structuur van de 'vaktaal' lijkt minder ver af te staan van hun 'eigen taal'. (zie ook verslag van de lezing: Wie maakt nou van een mug een olifant?)

De vraag is hoe de verbeelding van jongens en meisjes gestimuleerd kan worden op een manier die bij hun denkwijze (leerstijl) past en hoe deze denk- en verbeeldingswijze zich verhoudt tot het natuurkundig denken van de docent. Hoe maak je als leerling de verbinding tussen een persoonlijk/eigen beeld en de taal van de fysica?

In de werkgroep komt duidelijk naar voren dat ook de verbeelding van docenten, natuurkundigen, op verschillende wijze gestimuleerd wordt.

De vraag is in hoeverre er analoog aan leerstijlen van leerlingen, doceerstijlen van docenten waarneembaar zijn. En

wat kan een docent doen als de eigen doceerstijl en de taal van de fysica niet aansluiten op de leerstijl van de leerling? Is er toch een verbinding mogelijk?

### **Hoe wordt een voorstelling gemaakt, welke ordeningen kent het verbeelden?**

In deze werkgroep zijn de vragen niet aan leerlingen maar aan docenten voorgelegd, bestaande uit mannen en vrouwen, natuurkundigen, scheikundigen en een pedagoog. Geprobeerd is om zoveel mogelijk een klassesituatie te benaderen, om te zien met welke vragen leerlingen bij deze manier van werken te maken krijgen.

De antwoorden van de elf deskundigen en een pedagoog geven een heel gevarieerd beeld te zien. In de werkgroep was iedereen bereid zijn of haar tekst voor te lezen, dit gebeurde vol overgave. Ieder heeft een heel eigen voorstelling bij wat er gebeurt en ieder brengt dat naar voren alsof het een persoonlijke waarde heeft.

Verrassend is hoe duidelijk naar voren komt dat iedereen een voorkeur voor een bepaalde voorstelling heeft en een andere juist niet ziet zitten.

### **Verschillen tussen docenten, verschillen tussen mannen en vrouwen**

Bij de voorbereiding van de werkgroep legde ik de vragen eerst voor aan een aantal collega's (sociale wetenschappers). Een vrouw koos ervoor 'deeltje te zijn' en haar eerste associatie bij de TL-buis was: botsing. De collega die naast haar zat, een man, wilde ook een deeltje zijn, maar zijn eerste woord was: gas ('er zit toch gas in een TL-buis?'). Op het moment dat hij het woord 'gas' noemde, werd haar beeldenstroom verbroken.

Dit is een veel voorkomend fenomeen in een gesprek, vaak tussen een man en een vrouw, maar ook tussen mannen en vrouwen onderling. Op het moment dat de één een beeld geeft dat de ander (nog) niet in kan passen, wordt het denken van de ander geblokkeerd.

Hoewel beide collega's ervoor kiezen een deeltje te zijn, nemen ze toch een andere invalshoek om de opdracht uit te werken. Op het moment dat de man 'gas' zegt, wordt de beeldenstroom van de vrouw, die net op gang komt, onderbroken. Zij wordt op een ander been gezet en kan niet meer terug naar haar oorspronkelijke beelden.

Interessant in dit gas/deeltje-gesprek is het feit dat de man kiest voor een 'begrip' (gas), terwijl de vrouw kiest voor een 'relatie' (botsing). Blijkbaar bouwt zij haar beelden op een andere manier op.

Mannen richten zich vaker op een duidelijk begrip waarmee zij hun denken kunnen structureren, terwijl vrouwen vaker eerst zoeken naar een bepaalde relatie. De begrippen waarmee vrouwen die relatie beschrijven zijn daardoor vaak 'vager', en lijken daarmee minder exact dan een begrip als 'gas'.

Er zijn ook mannen die zich in eerste instantie niet op een 'ding', maar op een 'relatie' richten, maar die gebruiken daarbij toch vaak andere woorden dan vrouwen, waardoor hun verhaal exacter lijkt.

Degenen die meer 'relatie'-gericht zijn, verliezen wellicht sneller hun oorspronkelijke beeld in een gesprek, omdat ze niet vanuit één perspectief kijken en daardoor makkelijker met het standpunt van een ander mee kunnen gaan.

Ook in de werkgroep komen dergelijke verschillen naar boven.

Hoewel op basis van deze werkgroep geen harde conclusies kunnen worden getrokken, zijn de resultaten toch zo opmerkelijk dat een aantal duidelijke tendenties m.b.t. verschillen tussen mannen en vrouwen naar voren komen.

Ook lijkt er een verschil tussen fysici en deelnemers uit andere disciplines (m.n. chemici). Dit laatste komt wellicht door het feit dat de chemici minder gebonden zijn aan de eigen vaktaal in deze werkgroep, waardoor zij vrijer zijn in hun fantasie.

Ook het feit dat een enkele docent zich heeft verplaatst in het standpunt van de leerling kan een vertekend beeld opleveren.

Een man merkt bij de bespreking van de teksten een verschil op tussen de vrouwen en de mannen: de mannen gaan toch meer uit van het technische atoommodel, die van de vrouwen noemt hij veel meer verhalend, 'sprookjesachtiger'. Andere mannen noemen de woorden 'speels' en 'aparte benadering' voor de vrouwenverhalen.

Een vrouw vindt echter dat de vrouwen 'onzekerder' overkomen. Een andere vrouw schrijft: (het) valt me op dat de één veel meer afstand neemt van vaktaal en modellen dan de ander. Dit geldt niet alleen voor sommigen die veel minder bekend zijn met vaktaal en modellen. Van de teksten die ver afstaan van vakmatig denken, gaan sommige teksten over wat een deeltje 'ervaart': licht, krachten, stroom, bewegen, botsen. Andere teksten beschrijven wat het deeltje 'ziet': zijn omgeving en wat daarin gebeurt.'

Het is verder opvallend dat alleen vrouwen (drie) opdracht 3 kiezen. Deze opdracht beantwoordt het minst aan de taal die fysici horen te spreken. Dat is ook de reden waarom anderen hier juist niet voor kiezen: 'het gaat te ver', zeggen sommigen, maar ook: 'dan komt het te dichtbij'.

Het feit dat het deeltje als vrouwelijk werd voorgesteld in deze opdracht werd niet als een belemmering genoemd. Van de mannen die ervoor kiezen een 'deeltje' te zijn (opdracht 1) motiveert één zijn keuze vanuit het feit dat hij uit een ander vakgebied komt (scheikunde) en het daarom hier wel eens willen proberen. De ander zegt dat hij bewust wilde schrijven vanuit het standpunt van de leerlingen. Uit zichzelf zouden beiden eerder kiezen voor het standpunt van de toeschouwer (opdracht 2).

Geen enkele vrouw kiest in eerste instantie voor een 'afstandelijke' benadering. De vrouw die hier wel voor kiest, zegt dat zij geen inspiratie had en daarom voor opdracht 2. heeft gekozen. Deze vrouw was medeverantwoordelijk voor de werkgroep en voelde zich niet vrij om deelnemer te zijn, zij vervulde in de werkgroep de rol van docent.

### **De brug van eigen verbeelding naar natuurkunde-model**

Wat betekent het creatief schrijven in de natuurkundeles. Is een docent even vrij is als de leerlingen om de eigen fantasie te laten gaan?

Hoe kan een docent leerlingen effectief begeleiden bij hun stap van hun eigen beeld(taal) naar fysica, als de beelden van de docent zelf niet meer 'vrij' zijn, vergeten, of reeds lang opgenomen in het model. Ik vraag me af of docenten, mannen en vrouwen, bij natuurkunde zelf ook steeds een 'vertaling' moet maken van een verhaal uit hun verbeelding

naar een natuurkunde-model. Of is het model zelf voor sommigen ook het verhaal in hun verbeelding?

Als een model altijd een 'reductie' van de werkelijkheid is (zoals sommige natuurkundigen menen) of een 'constructie' die niet rechtstreeks met een werkelijkheid in verbinding staat (volgens de opvatting van anderen), hoe kun je een dergelijke reductie/constructie dan begrijpelijk maken binnen het denken van leerlingen - en docenten - met verschillende leer- en doceerstijlen?

Een van de vrouwen in de werkgroep, een studente natuurkunde die koos voor opdracht 3, zegt dat ze altijd dergelijke sprookjesachtige beelden maakt om natuurkunde voor zichzelf begrijpelijk te maken. Op papier geeft zij de meer natuurkundige formuleringen, 'hoewel er nog wel eens een vreemd woord tussendoor wil komen'. Het lijkt alsof dergelijke verhalen zowel dichterbij de werkelijkheid proberen te komen als dichterbij de beleving van de waarnemer van die werkelijkheid. Het natuurkunde-model staat daar als het ware tussenin.

Hebben vrouwen een andere relatie tot (natuurkunde)-werkelijkheid en daarmee een andere beleving daarvan dan mannen? Er wordt wel gezegd dat vrouwen zichzelf dichterbij de natuur ervaren dan mannen, heeft dit consequenties voor haar natuurkunde-beleving?

Bij de mannen in de werkgroep lijken sommige verhalen zowel beter aan te sluiten op het natuurkundige denken als op hun dagelijkse manier van spreken. Ook in het dagelijks leven wordt een probleem door mannen vaak zo snel mogelijk vertaald in een 'oplosbaar' probleem, de niet oplosbare elementen worden buiten haken geplaatst. In natuurkunde heet dat de opheffing van alle redundantie.

Zijn vrouwen vaak minder gericht op zo'n snelle reductie, willen zij daarentegen vaker 'precies' (exact) weten hoe iets in elkaar zit en hoort die redundantie of 'ruis' daarbij?

Is het zo dat mannen en vrouwen beiden zoeken naar 'exacte' modellen, maar dat mannen (natuurkundigen) deze exactheid meer zoeken binnen het model, terwijl veel vrouwen (meisjes, leerlingen) zoeken naar een preciese (=juiste) beschrijving van de werkelijkheid?

En wat kun je zeggen over die vrouwen die ook gericht zijn op een snelle reductie (en waarschijnlijk vaker in de exacte vakken terecht komen), is haar manier van reduceren toch anders dan die van haar mannelijke collega's?

Bevatten de verhalen van de mannen in de werkgroep die ook voor opdracht 1 hebben gekozen toch minder ambigue uitspraken en minder 'zijpaden' dan die van de vrouwen? Zijn vrouwen, omdat ze dichterbij de werkelijkheid staan, vaker geneigd om vanuit verschillende perspectieven naar een situatie te kijken en hangt dit weer samen met de geneigdheid van vrouwen zich vaker 'in te leven' in een werkelijkheid buiten hen (en dus ook in het deeltje in de TL.-buis)?

En wat gebeurt er als zij zich in een ander inleeft, verplaatst zij zichzelf dan denkbeeldig in het lichaam van een ander. Is er nog een andere manier van inleven waarin je de ander verplaatst binnen jezelf? Gebeurt dat laatste vaker bij mannen, maar betekent dat tevens een sterke reductie ten opzichte van die ander? In elk geval zou dit verklaren waarom ik natuurkunde en natuurkundige modellen nooit in verband heb gebracht met het maken van beelden in

mijzelf, het gebruiken van mijn eigen verbeelding. Ik kon geen verbinding leggen tussen het model en mijn denken.

De vraag is of de taal die de vrouwen gebruiken, die meer 'persoonlijke' en sprookjesachtige kenmerken bevat en die soms geen duidelijke keuze maakt voor één perspectief, de indruk geeft meer 'onzekerheid' te bevatten, terwijl in de taal van mannen die onzekerheid (bewust?) is buitengesloten. Is dat de reden dat de mannen in de werkgroep dichter bij de 'vaktaal' blijven, omdat deze het meeste houvast biedt en een duidelijk perspectief? Sluit de vaktaal zelf beter aan bij een 'mannelijke' verbeelding dan bij die van vrouwen?

#### **Juiste, onjuiste en onvolledige beelden.**

Een docent chemie merkte in de werkgroep op dat alle verhalen samen een goed beeld geven van wat er in de TL-buis gebeurt. Ieder verhaal op zich lijkt slechts een deel van de waarheid in zich te hebben. Samen geven ze een vollediger beeld.

Dat blijkt ook als we in de werkgroep proberen om de verhalen te 'vertalen' in een natuurkundige beschrijving. Iedereen komt in de knoop en heeft de neiging om elementen van de verhalen van anderen 'over te nemen', om even bij de ander te spieken. Maar dat hoort niet bij het spel dat we nu spelen: we doen alsof we zelf leerlingen zijn en proberen na te gaan hoe de brug van 'verbeelding' naar 'natuurkunde' gemaakt kan worden.

Het blijkt dat de verhalen een heel ander beeld geven van wat er in de TL-buis gebeurt dan in de vaktaal naar voren komt. Als deze beelden een belangrijke rol spelen bij het 'begrip' van natuurkunde en docenten zelf al zulke verschillende beelden hebben, hoe zit het dan met leerlingen?

Tijdens de werkgroep werd naar voren gebracht dat het voor een leerkracht een groot probleem is om iets te doen met de teksten (beelden) van een klas vol leerlingen. Je kunt de leerlingen toch niet stuk voor stuk corrigeren of overtuigen van een betere kijk op het onderwerp. Een mogelijkheid is om wel alle ideeën te verzamelen (te laten benoemen) en vervolgens te laten zien dat er een vakbeeld bestaat dat bepaalde beperkingen inhoudt én bepaalde mogelijkheden biedt om de werkelijkheid te 'begrijpen' (=verklaren en voorspellen).

Maar het blijft een probleem hoe een relatie tussen 'model' en 'werkelijkheid' aannemelijk kan worden gemaakt, als voor sommigen (natuurkundigen) het model de werkelijkheid is, terwijl anderen (leerlingen, meisjes vaker dan jongens?) het model niet als werkelijkheid willen aanvaarden en op zoek zijn naar een beschrijving die op een andere wijze 'exact' is dan het natuurkunde model.

En wat te doen met die woorden die in de modellen van de fysica niet voorkomen, maar die wel noodzakelijk lijken te zijn voor de ene (vrouwelijke?) beeldvorming, maar die een andere (mannelijke?) beeldvorming daarentegen juist lijken te belemmeren?

Het is opvallend dat geen van de deelnemers heeft gekozen voor opdracht 4. (Geef een beschrijving bij de tekening). Omdat in de workshop de mogelijkheden van creatief schrijven voor de beeldvorming van leerlingen in natuurkunde-onderwijs verkend wordt, hebben alle deelnemers een opdracht gekozen waarin hun eigen verbeelding op de proef wordt gesteld.

Toch heeft iedereen waarschijnlijk wel elementen uit de tekeningen gebruikt om het verhaal te kunnen schrijven. Ook in een klassesituatie zoeken leerlingen vaak een dergelijk houvast.

#### **Hoe precies is exact?**

Ikzelf had me, voordat ik deze werkgroep voorbereidde, nog nooit een voorstelling van de werking van een TL-buis gemaakt. Ik had aanvankelijk dan ook geen idee in welke richting ik het moest zoeken.

Het eerste woord dat bij de voorbereiding viel was dat van een 'deeltje'. 'Hoe weet je nu dat het een deeltje is', was de eerste vraag die bij mij opkwam. Een tekening van het model van de TL-buis had me waarschijnlijk niet verder geholpen, ook daar haak ik af bij woorden als 'elektron' en 'atoom', mijn verbeelding wordt er niet door gestimuleerd. In het genoemde gesprek met mijn collega's viel het woord 'botsing'. Dat woord sprak mij meer aan; het geeft een beweging aan, een ontmoeting die een verandering inluidt. Toen de werkgroep begon, zat het nog als een puzzel in mijn hoofd. Ik herinner me dat ik even op de tekening keek, voordat ik aan opdracht 3 begon. 'Iets' in die tekening, waarschijnlijk het begrip 'gloeidraad' en de symbolen + en -, maar gecombineerd met het beeld van beweging uit het woord 'botsing' zetten mij op het spoor van 'stroom' en ik voelde opeens een stroom door mijn eigen lichaam gaan. Voor het eerst van mijn leven kreeg ik een beeld, gerelateerd aan een lichamelijke ervaring, van electriciteit. Ik kon me voorstellen dat met het omdraaien van de lichtknop een stroom de TL-buis komt binnenvallen. Waarom had ik zo'n beeld nooit eerder gehad? Hetzelfde gebeurt met de lichtflits.. ik associeer het licht met onweer.. opeens lijkt een TL-buis minder vreemd.

Of mijn beeld van de TL-buis (zie verhaal 9) nu klopt of niet doet er niet zoveel toe. Waar het om gaat is dat ik voor het eerst zelf een beeld kon maken. Nu ik eenmaal een beeld heb kan ik er over nadenken, het aanvullen of wijzigen, nu staat mijn beeld open voor kritiek.

In een normale klassesituatie ben ik waarschijnlijk direct 'verdwenen' in het beeld van de docent of het leerboek, mijn eigen beelden en associaties zijn onmiddellijk geblokkeerd.

Ik heb me bij natuurkunde nooit gerealiseerd dat ik de beelden zelf kan maken. Het woord abstractie zette mij op een zijspoor, ik associeerde het met 'ver weg' en afstandelijk en ik zocht de beelden ver weg, buiten mij.

Bij de voorbereiding en de verwerking van deze werkgroep ben ik mij gaan realiseren hoe 'lichamelijk' ik leer, hoe sterk mijn lichaam bij het leren betrokken moet zijn. En juist dit lijkt een taboe, vooral binnen de z.g. exacte vakken. Mijn vraag is nu: gebruiken natuurkundigen hun eigen lichaam niet als informatie, gebruiken zij het wellicht op een 'andere' manier, of zijn zij zich niet bewust van hun lichaam als zij beelden maken?

Er wordt wel gesteld dat sommige mensen meer visueel zijn ingesteld, anderen meer auditief, weer anderen kinesthetisch. Het begrip kinesthetisch duidt zowel op een lichamelijke als op een bewegelijk/dynamisch leren. Natuurkunde en wetenschap in het algemeen zouden tot nu toe vooral visueel gericht zijn: n.l. op beelden en op visueel beeldende voorstellingen. Ten opzichte van een direct lichamelijke ervaring is een visueel beeld wellicht iets verder weg en dus

'abstracter', het beeld op zichzelf is daarentegen 'concreet', zoals het model van de TL-buis laat zien. Het is echter een minder 'exact' beeld dan de werkelijkheid die ik vermoed en zoek in natuurkunde, en minder 'concreet' dan een lichamelijke ervaring, die echter weer moeilijk 'exact' in woorden valt weer te geven.

De begrippen 'exact' en 'abstract' en 'concreet' hebben mij lange tijd op een dwaalspoor gezet bij het begrijpen van natuurkunde en ze houden me nu nog steeds bezig, omdat deze begrippen vanuit een bepaald standpunt betekenis krijgen. Veel verwarring over natuurkunde en over de z.g. exacte vakken heeft m.i. te maken met verwarring rond deze begrippen, 'Kies exact' geeft wat dat betreft geen opheldering.

De visueel beeldende tekening van de TL-buis kan dus een hulpmiddel zijn bij het verbeelden, maar toch moest ik zelf nog iets aan de tekening toevoegen, n.l. de ervaring van een bewegende stroom, voordat ik in staat was deze tekening bij mijn verbeelding te gebruiken.

### **Creatief schrijven in de natuurkundeles.**

#### **Respect voor verschillen, veiligheid in de klas.**

Creatief schrijven kan een hulpmiddel zijn om de eigen beeldvorming van leerlingen bij natuurkunde op gang te brengen. Deze beeldvorming is noodzakelijk om zich een voorstelling te kunnen maken bij natuurkundige modellen en om open te staan voor de modellen van anderen. Sommige leerlingen doen dit uit zichzelf, andere leerlingen weten niet waar ze deze beelden moeten zoeken. Ikzelf heb lange tijd niet begrepen dat je je fantasie moet gebruiken om natuurkunde te kunnen begrijpen. Het woord 'exact' verbond ik met 'het exact beschrijven van de werkelijkheid', en voor die beschrijving ontbraken mij de (beeld)elementen. Met creatief schrijven in de natuurkunde-les leren leerlingen hun fantasie wel te gebruiken en erop te vertrouwen. Maar wat gebeurt er als je de vorming van eigen beelden stimuleert? Hoe gaan docent en leerlingen om met verschillen, met het anders dan anderen durven zijn, vóórdat de verlossing van het enig juiste (of bruikbare) antwoord gegeven kan worden. Zijn er verschillende beschrijvingsmodellen van bijvoorbeeld een TL-buis naast elkaar denkbaar? En waarin kunnen zij verschillen?

Na afloop van de werkgroep raakte ik in gesprek met een docent die mij op het aspect van veiligheid wees. Als je de fantasie vrijlaat dan worden verschillen duidelijker, zei hij, bovendien laat je dan meer van jezelf zien. Als je weet dat een ander het zal lezen, schrijf je niet alles op. Dat geldt voor leerlingen, maar ook voor docenten. 'Je moet als docent ook durven vertellen wat jouw beelden zijn, anders doen leerlingen het ook niet', zei deze docent. Een docente daarentegen vraagt zich af of je wel met je eigen beelden moet komen. Zij stelt dat:

- 1e. Die beelden zijn bepaald door een jarenlange studie. Die afdruk zit erin, ze zijn niet meer vrij.
  - 2e. Het gros van de leerlingen ziet wat een docent zegt als **de waarheid**.
  - 3e. Het laten blijken van persoonlijke onzekerheid werkt niet in een klas van 31 leerlingen (zeker niet voor vrouwen die natuurkunde geven).
- Wel kun je volgens haar de onzekerheid van de wetenschap overbrengen met als voorbeeld daarvan je eigen onzekerheid.

Toch is het een verschil of je spreekt van 'onzekerheid' of van '(nog) niet weten'. Ik vraag me af of er bij leerlingen, maar ook bij docenten vaak sprake is van 'zelfcensuur', hoewel onbewust. Wat gebeurt er als je de beelden die in docenten verstopt zitten, losmaakt?

Docenten 'weten', hun beelden zijn die van de natuurkunde, het zijn de beelden die ze geleerd hebben. Ze realiseren zich vaak niet dat die beelden voor ieder anders kunnen zijn. Ook voor collega's. Dat werd ook duidelijk in de werkgroep over de TL-buis. Daar bleken de verschillende verhalen niet met elkaar overeen te komen. Onmiddellijk na afloop gingen de meesten in de kopieën van leerboeken kijken hoe het nu zat. Lopen ook bij deze docenten verschillende voorstellingen door elkaar, 'weten' zij zelf wel hoe het zit of kiezen ze voor een natuurkundemodel, maar blijven er ook in hun voorstelling 'open plekken'?

Ik herinner mij dat ik soms de docent niet 'geloofde' als hij een natuurkunde model vertelde; ik 'voelde' dat er iets niet klopte. Is dat het moment waarop docenten in de klas ook geen duidelijk beeld hebben van hetgeen ze vertellen? Is het dan voldoende om te benadrukken dat het een algemeen aanvaard model is, maar dat er meerdere interpretaties mogelijk zijn? Of spelen ook bij docenten beelden uit andere voorstellingsmogelijkheden een rol, beelden die (nog) niet in een exact beschrijvingsmodel kunnen worden opgenomen.

Creatief schrijven kan een belangrijk hulpmiddel zijn om verschillen in beelden van leerlingen en docenten te verhelderen en om leerlingen te leren zich een voorstelling te maken van de dingen. De keuzes die de natuurkunde voor bepaalde beelden heeft gemaakt, kan aan de hand daarvan expliciet gemaakt worden. Het laat echter ook de onzekerheden van de docent en van de natuurkunde zien. Kunnen sommige leerlingen en docenten beter met deze onzekerheden uit de voeten, omdat ze in het dagelijks leven ook met meer ambiguïteit kunnen leven? En wat te zeggen over verschillen tussen jongens en meisjes, mannen en vrouwen?

Voor meisjes zoals ik lijkt het alsof docenten een essentieel onderdeel van hun proces van verbeelden 'achterhouden', waardoor ik geen vergelijking kan maken tussen de beelden van mij en die van de docent. Vaak komen mijn beelden dan helemaal niet in beweging.

Op de een of andere manier moet ik weten of de docent zelf ook in het model gelooft, anders kan ik het niet volgen. De 'abstracte' taal waarin docenten praten, lijkt een manier om hun meer persoonlijke beelden niet te vertellen, of om (hun) onzekerheid te verbergen. Voor sommige leerlingen, leerlingen zoals ik, lijkt het juist van belang dat de betrokkenheid van een docent bij het onderwerp duidelijk wordt. Het lijkt essentiële informatie, hoewel ik nog niet precies weet waarom.

Heeft het iets te maken met de persoonlijke verbondenheid van de docent met het onderwerp, een verbondenheid zonder welke ik de docent en de stof niet kan 'begrijpen'? (zie ook het vervolg: een hommage aan de natuur). En waarom voelen andere leerlingen (en docenten) zich bij zo'n persoonlijke verbondenheid juist ongemakkelijk?

Het maakt een verschil of creatief schrijven vooraf of achteraf bij de behandeling van een onderwerp wordt gebruikt. Vooraf kan het vooral helpen om leerlingen zelf een beeld te laten ontwikkelen. Achteraf kan creatief schrijven ge-

bruikt worden als controle op de verwerking van de bestudeerde stof. Het is dan een alternatieve manier van toetsing.

### **Spraakverwarring.**

Niet alleen tussen docent en leerling, maar ook onder natuurkundigen ontstaat een spraakverwarring wanneer beelden uit verschillende modellen door elkaar heen gebruikt worden. Dit bleek duidelijk in de werkgroep: 'Ik was (verder) onder de indruk van de spraakverwarring die ontstond over wat er nu eigenlijk in een TL-buis gebeurde. Er was niet meer één goed antwoord. De beelden waren niet zomaar met elkaar in overeenstemming te brengen, al leken sommigen dat wel te willen proberen.

Op vakgebied was er sprake van verwarring van de schema's van twee typen lampen, de neon-lampen en kwiklampen. Kortom er is minder zekerheid dat de leerkrachten altijd even nauwkeurig vakkennis naar voren brengen als hun bedoeling is. Een discussie met een klas leerlingen over de verbeelding van die leerlingen bij een natuurwetenschappelijke werkelijkheid stelt dus ook het vakbeeld van de leerkracht op de proef. Hoe zouden wij daar als leerkrachten beter mee om kunnen gaan?

Niet alleen het door elkaar halen van verschillende 'talen' binnen de natuurkunde kan tot verwarring leiden, ook de natuurkunde zelf geeft niet altijd een even bevredigend antwoord.

### **Mannelijke en vrouwelijke beelden in de natuurkunde?**

Tenslotte wil ik nog de vraag stellen naar de waarde van die beelden die in de natuurkunde worden 'buitengesloten'. Gaat het daarbij om 'nog-geen-natuurkunde', of zullen die beelden zich nooit voor een natuurkundige beschrijving lenen?

Interessant was de opmerking van een man in de werkgroep die vertelde dat hij als leerling op school een nieuwe natuurkunde-theorie had opgesteld, die volgens hem nog heel houdbaar was ook. Tegelijkertijd maakt hij in de werkgroep bezwaar tegen het beeld van een 'deken' dat om een deeltje heen zou liggen tijdens haar slaap. Zo'n beeld heeft toch niets meer met natuurkunde te maken! Toen echter werd opgemerkt dat zijn 'theorie' toch ook niet veel anders is dan de uitwerking van een notie 'als' deken, werd duidelijk dat er vele beelden zijn waarvan we domweg niet weten of ze wel of niet een bruikbaar beeld van de werkelijkheid geven. Als er tussen leerlingen verschillende voorkeuren bestaan voor beelden die zich wel of niet voor een natuurkundige beschrijving lenen, dan is het zinvol deze verschillen niet te snel als 'niet-natuurkundig' van de hand te doen.

Als begrippen in de natuurkunde altijd relationele begrippen zijn, dat wil zeggen de relatie tussen werkelijkheid en waarnemer weergeven, dan zit in ieder natuurkunde-beeld ook altijd een persoonlijk begrip. Beelden die nu als 'te persoonlijk' of te veel als een projectie van menselijke ervaringen en eigenschappen worden afgewezen, kunnen wellicht later binnen de natuurkunde tot interessante ontdekkingen leiden.

Binnen het eindexamen natuurkunde bestaat de mogelijkheid om leerlingen een eigen onderzoek te laten uitvoeren. Als de beeldvorming bij natuurkunde sterk kan verschillen, dan geldt dit waarschijnlijk ook voor de wijze van toetsen: wanneer en op grond van welk type 'meting' mag een conclusie worden getrokken?

Tot nu toe vindt toetsing binnen de wetenschap vooral plaats via visuele metaforen, in analogie met de zintuiglijke waarneming van het 'zien'. Natuurkundige modellen, ook die van de TL-buis, laten vaak visuele modellen zien die bovendien vaak statisch zijn weergegeven. Als sommige mensen (mannen?) vaker een voorkeur hebben voor meer afstandelijke beelden, waarbij zij 'toeschouwer' kunnen zijn, en anderen (vrouwen) vaker een voorkeur hebben voor een meer lichamelijke identificatie, zoals in de werkgroep een tendentie leek te bestaan, wat gebeurt er dan met dat onderzoek voor het eindexamen waarin sommigen van een meer 'lichamelijk' standpunt uit willen gaan dan anders? Zijn deze uitgangspunten 'fout' of slechts 'anders'? En hoe kun je deze leerlingen leren om hun 'lichamelijke' bevindingen te 'toetsen'?

Als ik natuurkunde mag leren, waarbij mijn eigen lichaam uitgangspunt is bij het stellen van vragen en niet wordt buitengesloten, dan zou het vak voor mij, en waarschijnlijk voor vele andere leerlingen, meisjes en jongens, aantrekkelijker worden.

Dan kan ik mij zelfs voorstellen als natuurkundig onderzoeker op een of ander wetenschappelijk instituut... Het eigen lichaam is een ongewoon uitgangspunt. Zo zijn er meer ongewone uitgangspunten denkbaar. Maar hoe lang zal het duren voordat niet alleen leerlingen met een andere leerstijl zich dienen aan te passen aan de natuurkunde, maar de natuurkunde zelf zich ook meer voor hen kan openstellen?

### **Een hommage aan de natuur.**

#### **Persoonlijke theorieën, utopie of realistische toekomstvisie?**

In mijn lezing 'Wie maakt nou van een mug een olifant?', noemde ik het beeld van de 'hommage' in de kunst.

Twintig kunstenaars is gevraagd een hommage te schilderen voor Vincent van Gogh, twintig beelden die zowel 'persoonlijk' zijn, als ook een relatie met van Gogh laten zien. Zou je naar analogie hiervan kunnen zeggen dat ook de natuurkunde bestaat uit 'hommages aan de natuur', dat zij dus geen beschrijving geeft van de werkelijkheid, maar beschrijvingen waarin een bepaalde relatie tussen waarnemer en werkelijkheid tot uitdrukking komt. Reageert in ieder natuurkundig model een 'deel' van de waarnemer op een 'deel' van de werkelijkheid, en zijn er daarom vele ook strijdige modellen, binnen de natuurkunde voorstelbaar? In de discussie na de lezing merkte iemand op dat hij zich dit wel in het dagelijks leven voor kan stellen, maar niet binnen de natuurkunde. Toch zou het een mogelijkheid zijn om op een andere manier met z.g. 'achterhaalde' modellen in de natuurkunde om te gaan en een ander beeld geven van de zoektocht naar andere en 'betere' modellen.

Het zou bovendien een antwoord kunnen geven op de vraag waarom docenten soms niet in het model 'geloven'. Komt dat omdat ze zelf geen relatie met dat model en met die visie op de werkelijkheid kunnen maken? Ontbreekt het verbindende element in henzelf dat wel aan de natuurkundige 'ontdekking' van het model ten grondslag ligt? En geloof ik pas in een natuurkundig 'model' als de docent deze verbinding ook aan (en in) mij duidelijk kan maken? In feite vraag ik naar het ontstaan, de aard en de kracht van een (natuur-)wetenschappelijke ontdekking. Welke relatie tussen wetenschapper en werkelijkheid tilt de ontdekking uit boven een louter persoonlijke/subjectieve waarneming en

geeft de vonk van het 'universele', het 'ware', het 'objectieve'...

Een subjectieve/persoonlijke waarneming gaat aan iedere meer objectieve benadering vooraf. Creatief verbeelden verzamelt deze subjectieve beelden en stelt ze open voor vergelijking met beelden van anderen en met andere beelden, het is daarmee het begin van meer objectieve (dwz intersubjectieve en generaliseerbare) kennis. De vraag is steeds welke beelden zich daar tot nu toe voor lenen. Waarom werken sommige 'hommages' wel en andere (nog) niet?

Ik vraag mij af of het beeld van een 'hommage aan de natuur' een hulpmiddel kan zijn om leerlingen een beter beeld te geven van wat natuurkunde is. Het zou ook een hulpmiddel kunnen zijn voor docenten bij de uitleg van natuurkundige modellen. Het laat zien dat het model niet alleen een (persoonlijke) constructie is, maar ook niet een beschrijving 'van' werkelijkheid. Het model zit er tussen in, het is een taal tussen waarnemer en werkelijkheid, een tussentaal. Het idee van een hommage helpt mij in elk geval om vrijer tegenover beelden in de natuurkunde te staan en mij daardoor beter met zowel het vak als met haar deskundigen te verstaan.

Daardoor durf ik nu zelf beelden bij natuurkunde te maken en kan ik beter naar beelden van anderen, waaronder de natuurkundige modellen, 'luisteren'.

Als natuurkundige beelden bovendien overwegend zijn gebaseerd op een mannelijke verbeelding en een vrouwelijke verbeelding ook andere aspecten van werkelijkheidsbeleving naar voren lijkt te brengen, zoals uit de voorbeelden in deze werkgroep naar voren komt, dan is de vraag hoe een natuurkunde eruit kan zien die ook dergelijke beelden in zich opneemt. Niet (alleen) om natuurkundige modellen te vervangen, maar ook om bestaande modellen begrijpelijker te maken.

Kunnen vrouwen een bijdrage leveren aan een meer compleet beeld in de natuurkunde als zij hun verbeelding ook binnen bestaande modellen uit kunnen werken? Een meer persoonlijke verbeelding die binnen het domein van de natuurkunde (nog) taboe is? En zijn vrouwen tot andere hommages aan de natuur in staat dan mannen, juist omdat zij vrouw zijn?

Niet beter, maar wel anders?

Deze vragen lijken misschien academisch en niet relevant voor het onderwijs aan jongens en meisjes. Toch zijn het juist dit soort vragen die op een onbewust niveau bij mij speelden toen ik natuurkunde maar niet kon 'begrijpen', hoewel ik wel een acht voor haalde.

Het zijn ook de vragen die mij inspireren om natuurkunde meer toegankelijk te maken voor meisjes en het vak open te stellen voor vragen die daar tot nu toe niet gesteld werden.



# Kunnen we onze leerlingen stapsgewijs opleiden tot een open onderzoek?

Werkgroep 4

*P. Claassen & R. Bouwens*

## Proeven aan onderzoeken

Een systematisch opgebouwd practicumprogramma voor de bovenbouw van het VWO in vier blokken: twee blokken in 4-VWO; twee in 5-VWO; waarbij aansluiting mogelijk is bij de zelfstandige onderzoeksopdracht in 6-VWO en voorzien van computerproeven (CMA-interface en IP-COACH) en CITO-toetsen.

Systematische opbouw:

- toename van het aantal practicumvaardigheden
- toename van de zelfstandigheid van de leerling

Uitgangspunten:

de CITO-practicumvaardighedenlijst:

- (voorbereiding\*uitvoering\*verwerking\*verantwoording)
- vooronderzoek naar de moeilijkheidsgraad van practicumvaardigheden aan de TUE
- literatuuronderzoek op het gebied van practicum en open onderzoek

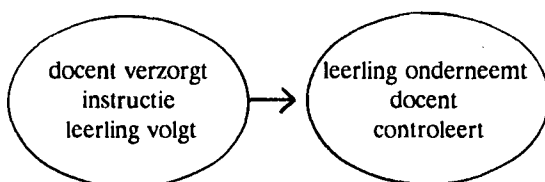
Randvoorwaarde:

- uitvoerbaarheid op de scholen universeel wat betreft methode, practicumvoorzieningen en organisatie.

Model voor experimenteel onderzoek:

- Inleiding
- Onderzoeksvraag met theoretische achtergrond
- Experimentele opzet
- Uitvoering
- Verwerking
- Conclusie
- Evaluatie

Dit model is voor iedere proef van blok I t/m IV aanwezig; het initiatief waarmee de verschillende onderdelen behandeld worden, wordt in de loop van de vier blokken verlegd van docent (instructie) naar leerling:



Stand van zaken:

- In september '90 is blok I gereed gekomen: een circulatiepracticum met de volgende vier proeven: "de uitzettingsmeter", "de topsterktemeter", "de rollende kogel: en "versnellen/vertragen".
- planning: blok II in januari '91 gereed; blok II en IV in juli '91.

Onderzoek:

In nov/dec '90 wordt blok I op 7 proefscholen uitgevoerd; blok II naar verwachting in het voorjaar van '91; blok III en IV in het schooljaar '91/92.

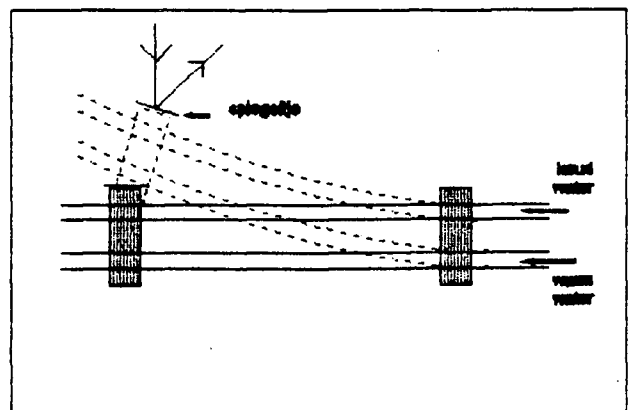
Informatie over het onderzoek bij Drs. S. Feiner-Valkier, TUE, vakgroep didactiek natuurkunde, Postbus 513, 5600 MB Eindhoven, 040-474811/473095.

## Korte beschrijving van de proeven van blok I

Proef 1: "De uitzettingsmeter"

Twee holle messing buisjes zijn bij begin en eind aan elkaar verbonden. Door ongelijke verwarming trekt het systeem krom, af te lezen volgens de spiegelmethode.

Uit de hoek tussen de invallende en de weerkaatste lichtstraal en het temperatuurverschil wordt de uitzettingscoëfficiënt van messing bepaald.

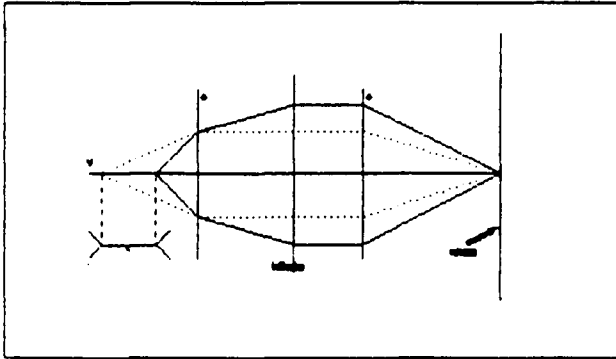


figuur 1 "De uitzettingsmeter"



**Proef 2: "De topsterktemeter"**

De topsterktemeter is een apparaat waarmee de sterkte van brilleglazen bepaald wordt. met een op school aanwezig optische opstelling is deze meting uitvoerbaar. Het brilleglas wordt in de evenwijdige bundel tussen twee lenzen 1 en 2 geplaatst, waardoor het beeld onscherp wordt. Om het beeld weer scherp te krijgen moet het voorwerp over een afstand  $x$  verschoven worden. Deze afstand is een maat voor de sterkte van het brilleglas.

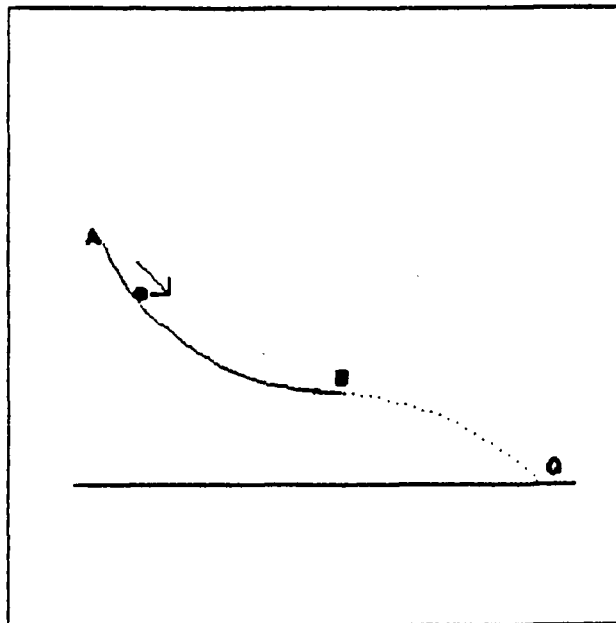


figuur 2 "De topsterktemeter"

**Proef 3: "De rollende kogel"**

De rotatie-energie van een rollende kogel wordt op de volgende manier bepaald:

Uit de parabolbaan BC volgt de kinetische translatie-energie bij B; het verschil hiervan met de omgezette hoeveelheid zwaarte-energie tussen A en B is gelijk aan de rotatie-energie.

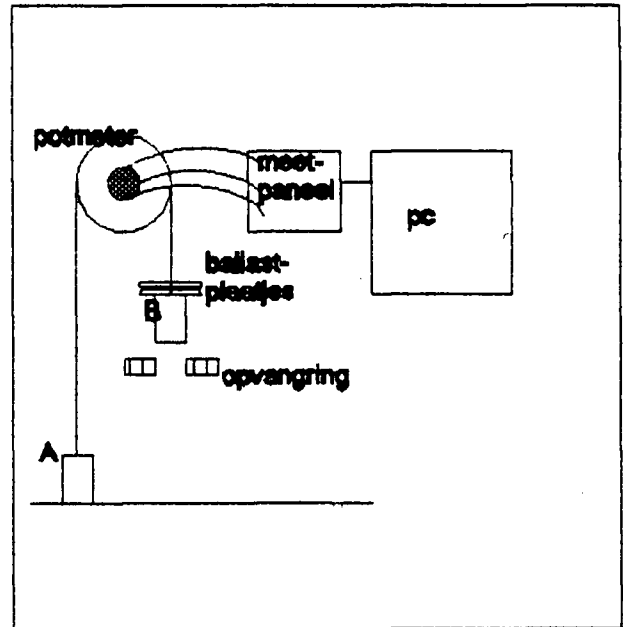


figuur 3 "De rollende kogel"

**Proef 4: "Versnellen en vertragen"**

Een experiment, waarbij de computer voorzien van CMA-interface en IP-COACH gebruikt wordt. Het systeem A, B en ballastplaatjes door de opvangring

worden onderschept. De beweging is daarna vertraagd door de wrijving. Het wielje is op de as van een 10-slagen potmeter gemonteerd; de weerstand hiervan wordt via IP-COACH met de computer gevolgd.



figuur 4 "Versnellen en vertragen"

Het verkregen X-t diagram kan zowel "met de hand" als met de computer verwerkt worden tot v-t diagram en vervolgens tot a-t diagram.

De verwerkingsopties van IP-COACH, waarvan hierbij gebruik gemaakt kan worden, zijn o.a. helling, oppervlakte, afgeleide, uitlezen en filteren.

Met behulp van de tweede wet van Newton wordt de wrijvingskracht bepaald:

$$(m_A + m_B + m_{ballast}) \cdot a = m_{ballast} \cdot g - F_W$$

## A. Voorbereiding

- |      |   |   |   |   |   |
|------|---|---|---|---|---|
| I.   | <i>Een probleemstelling formuleren en uitwerken</i> |   |   |   |   |
| 1.   | Het probleem in experimentele termen vertalen       |   |   |   | X |
| 2.   | doelen van een experiment formuleren                |   |   |   | X |
| 3.   | te bepalen grootheden benoemen                      |   |   |   | X |
| II.  | <i>Hypothese(n) formuleren</i>                      |   |   |   |   |
| III. | <i>Informatie verzamelen</i>                        |   |   |   |   |
| 1.   | Aangeboden gegevens gebruiken                       | X | X | X |   |
| 2.   | BINAS gebruiken                                     | X | X | X |   |
| 3.   | Overige bronnen raadplegen                          |   | X | X |   |
| IV.  | <i>Een werkplan maken</i>                           |   |   |   |   |
| 1.   | Een wijze van uitvoering aangeven                   |   |   | X | X |
| 2.   | Nauwkeurigheid aangeven                             | X | X | X |   |
| 3.   | Benodigdheden aangeven                              |   |   | X | X |
| 4.   | Gebruik van benodigdheden aangeven                  |   |   | X | X |
| 5.   | Te verrichten waarnemingen aangeven                 |   |   | X | X |
| 6.   | Nadere voorwaarden aangeven                         |   |   | X | X |
| V.   | <i>Randvoorwaarden vaststellen</i>                  |   |   |   |   |
| 1.   | Foutenbronnen aangeven                              | X | X | X |   |
| 2.   | Beperkingen aangeven                                |   |   | X | X |
| 3.   | Mogelijke gevaren aangeven                          | X | X | X |   |

## B. Uitvoering

- |     |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|
| I.  | <i>Handelingen uitvoeren</i>                |   |   |   |   |
| 1.  | Vorbereidende handelingen uitvoeren         | X | X | X | X |
| 2.  | Maatregelen nemen om gevaren te vermijden   |   | X | X | X |
| 3.  | Kontroles uitvoeren                         |   | X | X | X |
| 4.  | Handelingen uitvoeren tijdens het waarnemen | X | X | X | X |
| 5.  | Handelingen achteraf uitvoeren              |   | X | X | X |
| II. | <i>Waarnemingen doen en noteren</i>         |   |   |   |   |
| 1.  | Kwalitatieve waarnemingen doen              | X | X | X | X |
| 2.  | Kwantitatieve waarnemingen doen             | X | X | X | X |
| 3.  | Waarnemingen noteren                        | X | X | X | X |

## C. Verwerking van waarnemingen

- |     |  |   |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|---|
| I.  | <i>Waarnemingen uitwerken</i>                  |   |   |   |   |
| 1.  | Rekenen met kwantitatieve waarnemingen         | X | X | X | X |
| 2.  | Ordenen/omwerken van kwalitatieve waarnemingen | X | X | X | X |
| 3.  | Diagrammen maken gebruiken                     | X | X | X | X |
| II. | <i>Resultaten interpreteren</i>                |   |   |   |   |
| 1.  | Gestelde hypothesen aanvaarden/verwerpen       |   | X | X | X |
| 2.  | Overige konklusies trekken                     |   | X | X | X |

## D. Verantwoording (of evaluatie)

- |      |  |   |   |   |   |
|------|--|---|---|---|---|
| I.   | <i>Keuzes, gemaakt bij de voorbereiding toelichten</i> |   |   |   |   |
| 1.   | Uitwerking probleemstelling toelichten                 |   |   |   | X |
| 2.   | Gekozen hypothesen toelichten                          |   |   |   | X |
| 3.   | Gekozen werkplan toelichten                            |   |   |   | X |
| II.  | <i>Gekozen uitvoering toelichten</i>                   |   |   |   |   |
| 1.   | Uitgevoerde handelingen toelichten                     |   |   |   | X |
| 2.   | Waarnemingen verklaren                                 |   |   | X | X |
| III. | <i>Bewerkingen van waarnemingen toelichten</i>         |   |   |   |   |
| 1.   | De invloed van foutenbronnen aangeven/berekenen        |   | X | X | X |
| 2.   | De invloed van beperkingen aangeven                    |   |   | X | X |
| 3.   | Gevonden resultaten vergelijken met gegevens           | X | X | X | X |
| 4.   | Diagrammen toelichten                                  | X | X | X | X |
| 5.   | Aanvaarding/verwerping hypothesen toelichten           |   | X | X | X |
| 6.   | Overige konklusies trekken                             |   | X | X | X |
| IV.  | <i>Suggesties doen voor vervolgonderzoek</i>           |   |   |   |   |
| 1.   | Mogelijkheden aangeven voor verbetering van het exp    |   |   | X | X |
| 2.   | Mogelijkheden aangeven voor voortzetting van het exp   |   |   | X | X |
| 3.   | Mogelijkheid aangeven voor een alternatief experiment  |   |   |   | X |
| V.   | <i>Rapporteren</i>                                     |   |   |   |   |
| 1.   | Een schriftelijk verslag geven                         |   |   | X | X |
| 2.   | Een mondeling verslag geven                            |   |   |   | X |

# Hoe helpen we leerlingen op het juiste idee te komen?

Werkgroep 5

## *F. de Mink & M. Cornelisse*

Onderwijskundig Centrum, Universiteit Twente, SG De Meergronden, Almere



### 1. Op ideeën komen.

Om op ideeën te komen bij het oplossen van een som of het verklaren van een verschijnsel moeten leerlingen beschikken over twee zaken: ze moeten de juiste kennis kunnen oproepen uit hun geheugen en ze moeten kunnen omgaan met blokkades die hen verhinderen om een ideeënstroom te genereren.

Aangebrachte kennis moet diepe indruk achterlaten, anders is die na een week weer vergeten. Dat stelt hoge eisen aan de gebruikte onderwijsvormen. Onze uitleg, een proefje, wat sommen maken en een repetitie is vaak niet genoeg om een jaar later nog iets van die kennis terug te vinden.

Omgaan met blokkades kun je leren in oefeningen die creatief denken stimuleren. Waarom leren we onze leerlingen alleen omgaan met de cognitieve kanten van probleem-aanpakken? Emoties zijn misschien veel meer bepalend voor het kunnen vinden van een oplossing en het genereren van ideeën. Daarover meer in de tweede paragraaf

Er zijn in de natuurkunde veel krachtiger werkvormen en oefeningen mogelijk die gebruik maken van drama, spelvormen, creatief schrijven, humor en verhalen vertellen. Daarover meer in de derde paragraaf.

### 2. Leren omgaan met blokkades.

In de werkgroep maakten de deelnemers kennis met enkele oefeningen uit cursussen voor creatief denken, met name: hoe leer je leerlingen omgaan met blokkades die optreden tijdens het denken over een opgave of vraag.

Uit een zelfreflectie-oefening kwamen verbanden naar voren tussen wat je doet, wat je denkt en wat je voelt. Het uitgangspunt is dat je kunt leren om je gedachtenstroom op gang te houden door te leren omgaan met je blokkades. Dat kan door verschillende dingen die je doet met het probleem. Maar dat kan ook door bepaalde sturende gedachten te leren onderkennen die helpen om nieuwe gedachten op te laten komen. Voorbeelden van die sturende gedachten zijn: Wat is nu eigenlijk het probleem, of Wat zouden zoal oplossingen kunnen zijn, of Welke andere oplossingen zijn mogelijk, en Laat ik het nog eens van een andere kant bekijken. Het effect van zulke formuleringen

moet zijn dat je er een positief gevoel van overhoudt, en de gedachtenstroom van mogelijke oplossingen of associaties blijft doorgaan.

Van belang is om na te gaan hoe je reageert op een eerste oplossing die bij je opkomt. Keur je die resoluut af, dan bestaat bij veel mensen de kans dat de stroom aan gedachten opdroogt. Laat je die even liggen zonder oordelen, dan is er veel kans dat je meer "goede oplossingen" vindt. Een positieve of neutrale benadering van je ideeën levert vaak meer op, waardoor je meer gebruikt maakt van je onbewust aanwezige kennis en meer kans hebt om een goede gedachte te krijgen.

Veel tijd, tijdens het oplossen van een probleem wordt bij leerlingen immers besteed aan niet produktieve gedachten: "ik kan het niet, ik weet niet hoe ik verder moet, zal ik stoppen of het nog eens proberen, al weer fout, het lukt mij ook nooit, dat heb ik nou altijd...."

Misschien gaat daar wel de meeste tijd mee heen. Dat worden blokkades als die ons afhouden van produktief over het probleem denken.

Blokkades herkennen en er mee leren omgaan is een eerste stap in veel creativiteitstrainingen. Door zulke oefeningen in de klas te doen, kun je leerlingen leren omgaan met hun emoties tijdens het oplossen van problemen.

### 3. McClintock in het kort.

(voor meer informatie: bijlage 3)

Schoolnatuurkunde geeft een eenzijdig en fout beeld van natuurwetenschappen en hoe technici met vakproblemen omgaan:

- wetmatigheden krijgen te veel nadruk
- zekerheden lijken de kern van het vak te betreffen
- feiten, lijken het punt te zijn waar alles om draait
- formules, lijken de manier aan te geven om de werkelijkheid te vangen.

Dit is een vals beeld, dat moet worden aangevuld. Natuurwetenschappelijke problemen en techniek worden door beroepsbeoefenaren veel meer als volgt benaderd:

- intuïtief
- vage begrippen hebben de overhand benaderingen (in plaats van exacte antwoorden) zijn eerder regel dan uitzondering
- toevalligheden en speculaties bepalen vorderingen de afwezigheid van vaste antwoorden.

Door onze lesvormen in natuurwetenschappen geven we leerlingen een verkeerde indruk van beoefenaren van deze vakken:

- boeken
- demonstratie-proeven
- practica
- sommen maken, zijn niet de kern van het vak.

Daardoor keren velen die prima in bètavakken zouden kunnen functioneren en een wezenlijke bijdrage aan het vak kunnen leveren, zich af.

Beoefenaren van natuurwetenschappen en techniek zijn:

- sterk communicatief ingesteld, in woord en geschrift
- ze kunnen en willen samenwerken met anderen.
- ze spelen vaak met problemen in hun vak,
- ze maken zich voorstellingen, zijn beeldend bezig met problemen,
- ze zijn vaak invoelend bezig met technische problemen, en
- ze doen alsof ze in het probleem zitten.

McClintock ziet hierin de hoofdreden dat meiden afhaken. Dus niet omdat ze het niet zouden kunnen, maar omdat het imago dat het vak verspreidt niet bij kenmerkend "vrouwelijke" eigenschappen passen. Dit is ten onrechte.

Het McClintock collectief wil niet het hele onderwijs in bèta-vakken vervangen zien door andere werkvormen, maar ziet haar suggesties als aanvulling. Hieronder een invulling waarbij drama en schrijfopdrachten een belangrijke rol vervullen.

De uitgangspunten en lessuggesties van McClintock zijn vertaald en verkrijgbaar bij het Onderwijskundig Centrum te Enschede. Trainingen in de gehanteerde werkvormen zijn daar op aanvraag te organiseren.

#### 4. Een concrete uitwerking: het molekuulmodel.

Waarom en hoe de dramalessen zijn gegeven? Zie ook bijlage 1.

Bij het bespreken van een proef over verdunningen, om aan te tonen dat molekulen/deeltjes zeer klein en met zeer velen moeten zijn, bleek dat leerlingen absoluut niet begrepen wat het oplossen voor een proces is of wat met water en kleurstofdeeltjes gebeurt bij het oplossen. Het model bleef voor veel leerlingen onduidelijk, zij wisten niet wat zij zich er bij voor moesten stellen en vonden in de les, het boek, de aantekeningen of de demo geen creatieve ingevingen om verder te komen met dit begrip.

Mijn ervaring is dat ondanks alle uitleg veel leerlingen en vooral meisjes hier afhaken en accepteren dat deze "scheikunde" of "natuurkunde" niet voor hun is weggelegd. Om leerlingen andere ervaringen op te laten doen en anders tegen het probleem aan te laten gaan kijken heb ik hun aan het eind van de les een schrijfopdracht gegeven.

De volgende les zijn een aantal van deze verhalen in een klasgesprek besproken. Waarna het oplossen is uitgebeeld m.b.v. van drama. Vier leerlingen waren deeltjes in een suikerkorreltje en de overige leerlingen waren waterdeeltjes.

In de 3e les is met een van de twee klassen weer drama gedaan, na verdampen besproken te hebben. Hierbij is het bewegen geoefend van deeltjes in een vloeistof, in een vaste stof en in een gas evenals het overgaan van deeltjes in de vloeibare fase naar de gasfase en het effect van temperatuurverhoging op de beweging.

In de andere klas is alleen met uitleg, klasgesprek en tekeningen gewerkt.

In de 4e les zijn opgaven en vragen van de leerlingen besproken, waarbij vooral op de formulering van antwoorden is gelet (is dit antwoord op de gestelde vraag? Is dit antwoord volledig?).

In de 5e les is een SO van 45 minuten gegeven. Naast meer traditionele vragen moesten de leerlingen nu een verhaal schrijven over het oplossen van een zoetje, waarbij zij zich in moesten beelden, dat zij een deeltje/molekuul van het zoetje waren.

Problemen bij het drama:

Sommige leerlingen hadden veel weerstand en een enkele leerling vond, dat dit niets met scheikunde te maken had. Er moeten zeer duidelijke aanwijzingen gegeven worden en zeer veel aanwijzingen tijdens het spelen gegeven worden. Sommige leerlingen verdienen steeds enige "bijsturing", omdat zij zich niet aan de "spelregels voor molekulen" houden.

De schrijfopdrachten.

Deze werden door de leerlingen als leuk en zinvol ervaren. De meeste leerlingen probeerden er een leuk verhaal van te maken en sommigen vergaten, dat zij het proces ook zo goed mogelijk moesten beschrijven. Eén leerling vond de opdracht zo stom dat hij nauwelijks iets serieus op papier schreef en pas geloofde dat deze opdracht beoordeeld zou worden, toen hij zijn cijfer terug kreeg.

De toets. (zie bijlage 2)

De leerlingen die de eerste drie vragen slecht beantwoordden maakten niet automatisch het verhaal slecht en omgekeerd.

Een opgave over de snelheid van verdampen van warm en koud water werd door de klas waar dit met drama geoefend was, veel beter gemaakt.

Evaluatie van de lessen:

De twee gebruikte werkvormen (drama en schrijfopdracht) bleken krachtige middelen te zijn bij het aanleren van begrippen omdat:

- de leerwinst werd verhoogd.
- het begrip heel grondig door de leerlingen wordt verkend.
- misconcepties goed ontdekt kunnen worden, zowel tijdens de drama-oefeningen als bij de schrijfopdrachten.
- het beter mogelijk is leerlingen feedback te geven tijdens het leerproces.
- veel leerlingen plezier in de lessen hadden en beter bij de les bleven, doordat ze zelf actiever waren en direct feedback kregen.

Opmerkingen:

- Er was geen tijdverlies vergeleken bij deze manier van werken.

- Waarschijnlijk is nu een steviger basis gelegd voor de begrippen, waardoor vervolgonderwerpen van dit thema sneller behandeld kunnen worden.
- Bij drama moet van te voren goed afgesproken worden, wat de taak van de leerlingen is en aan welke natuurkundige principes zij zich moeten houden.

### 5. Discussie in de werkgroep.

Waar zijn er mogelijkheden voor drama en schrijfp opdrachten in de natuurkunde les?

DRAMA:

**Elektriciteit** geeft mogelijkheden in de onder- en bovenbouw:

- Spanning. Bekend is het voorbeeld uit DBK-natuurkunde over spanning. Leerlingen (ladingseenheden) doorlopen een stroomkring en krijgen van een spanningsbron bonen (energie) mee. Zij delen de bonen aan lampen etc. in de stroomkring uit. De afgegeven energie is afhankelijk van het aantal leerlingen dat langs komt en het aantal bonen dat zij afgeven. (DBK-natuurkunde)

Verder bij dit onderdeel:

- Afhangelijkheid (T, doorsnede en lengte) van weerstand in draden. Leerlingen zijn de vrije elektronen en de metaal-atomen in de draad.
- Stroomsterkte, gesloten stroomkring.

**Golven.** Met leerlingen op het schoolplein kunnen staande en lopende golven uitgebeeld worden.

Verder breking van licht, breking van een golf front.

Verder halveringstijd uitbeelden met groepjes leerlingen, compton effect en frequenties, werking van condensator met een rij jongens en een rij meisjes tegenover elkaar op te kleine banken, schaalvergrotingen (lengte-oppervlak-inhoud), het uitzetten van stoffen bij temperatuurverhogingen (leerlingen zijn deeltjes die bij hogere temperatuur sneller bewegen en meer ruimte nodig hebben) en ionvorming (jasje aan-jasje uit).

### SCHRIJFOPDRACHTEN.

Volgens de deelnemers aan de workshops waren bij ieder onderwerp en begrip schrijfp opdrachten mogelijk. B.v.:

- Je bent een stukje in een touw, waaraan beide kanten wordt getrokken. Beschrijf wat er met je gebeurt.
- Je bent een stukje van een touw waar een lopende golf doorheen gaat. Beschrijf wat er met je gebeurt.

Naast drama en schrijfp opdrachten werden er nog een aantal suggesties gedaan voor experimenten waarbij leerlingen aan de lijve natuurkundige effecten ervaren:

- Laat leerlingen in hun handen wrijven om te ervaren dat door wrijving deze warm worden.
- Meet het vermogen van leerlingen die de trap oplopen.
- Laat twee leerlingen tegen elkaar duwen om te kijken wat er gebeurt, sommatie van krachten met leerlingen, leerlingen op een skateboard duwen tegen elkaar enz.
- Twee fietser op een rijdende fiets. De een zit rechtop de ander voorovergebogen. Wie komt het verst als er niet meer getrapt wordt?

- Valversnelling ervaren door te springen.
- Slingertijden ervaren aan de touwen in het gymlokaal.

Verder kwamen er suggesties om in de klas stellingen discussies te houden over beslissingen uit b.v. de politiek waarbij natuurkundige kennis van belang is of rollenspel hierover te houden.

Een manier om leerlingen over het geleerde in de les door te laten denken is: vlak voor de bel, als de leerlingen denken dat zij "het" begrijpen, verwarring te scheppen over het geleerde, door een opmerking te plaatsen, waardoor zij gaan twijfelen.

Door het enthousiasme en de suggesties van de deelnemers aan de workshop was het zinvol om de volgende vraag aan de orde te stellen:

### 6. Hoe kunnen we met dit materiaal in Nederland verder aan de slag?

Dit leverde de volgende opmerkingen en suggesties op:

- Dit soort oefeningen moeten voor alle onderdelen en voor onder en bovenbouw ontwikkeld worden.
- Bij creatief schrijven moet de beoordeling serieus genomen worden. Er moeten eisen gesteld worden.
- Er moeten leskaarten geschreven worden.
- Bij het APS is een project "Lessen die lukken!"; hier zou mee samengewerkt kunnen worden.
- Samenwerking met een dramadocent geeft mogelijkheden. B.v. er zijn zintuig-oefeningen. Je moet de leerlingen de werkelijkheid laten beleven en hun nieuwsgierig maken.
- Een artikelenserie in het NVON-blad.
- Er zou een reizend gezelschap moeten komen, dat docenten kan instrueren, informeren en helpen.
- Mensen die met dit materiaal verder willen kunnen zich bij de Werkgroep Vrouwen en Natuurwetenschappen aanmelden. De Werkgroep zal proberen initiatieven te starten.
- Er is een vertaling van de opzet van het Australische McClintockcollectief beschikbaar voor f10,- . (zie bijlage 3)

## Bijlage 1:

Lessenserie 3 HV. Molekuulmodel, oplossen, deelbaarheid van stoffen.

Boek: Paragraaf 4.2 en 4.8 3HV Chemie overal.

Totaal 5 lessen.

Voorkennis leerlingen: 2e klas Lessen Natuurwetenschappen:

vaste stof, vloeistof, gas, faseovergangen, molekuul, oplossen van stoffen. (niet diepgaand behandeld)

Behandelde begrippen in deze lessen:

Par. 4.2: Stofeigenschappen, stoffen zijn uniek, verdunningen, deelbaarheid stoffen, eindigheid van de deelbaarheid. (context suiker en zoetstoffen).

Par. 4.8: Fasen, faseovergangen, dichtheid fasen, natie fasen, verdamping, beweging molekulen in de verschillende fasen, vanderwaalskrachten, verandering beweging bij temp. verhoging.

1e les.

Demo: Oplossen van Kaliumdichromaat om aan te tonen dat enkele korreltjes van een paarse stof veel water gekleurd kan worden.

Conclusie: Een korreltje kaliumdichromaat bestaat uit zeer veel deeltjes en deze deeltjes moeten dus wel zeer klein zijn.

Proef besproken en uitgelegd met behulp van het molekuulmodel.

Huiswerkdracht: Je bent een deeltje in een suikerkorreltje dat in een kop thee wordt gedaan. Beschrijf wat er de eerste drie minuten met je gebeurt.

Par. 4.2 vragen en bestuderen.

2e Les.

Met de leerlingen opgaven besproken en verhaaltjes ingenomen.

Drama: oplossen. Vier leerlingen een korreltje suiker de rest

van de leerlingen waterdeeltjes.

Molekuulmodel besproken m.b.v. tekeningen.

Huiswerk: Par. 4.8 en aantekeningen bestuderen.

3e Les.

Par. 4.8 Molekuul verder besproken.

Drama: Verdampen van een vloeistof. (Alleen in 3R)

Huiswerk par. 4.8 leren en vragen maken.

4e Les.

Par. 4.8 besproken incl. vragen.

Huiswerk: par. 4.2, 4.8 en aantekeningen leren.

5e les.

Schriftelijk overhoring.

## Bijlage 2

Schriftelijk overhoring 3 HV. november 1990.  
par. 4.2 en 4.8

1. Verklaar met behulp van het molekuulmodel dat:
  - a. Een gas kan wel worden samengeperst maar vloeistoffen niet. b. De vaste stoffen een vaste vorm hebben en vloeistoffen niet.
  - c. Warm water sneller verdampt dan koud water.
  - d. Twee gasen in eenzelfde ruimte met elkaar mengen zonder dat je daar iets voor moet doen.

2. Je werkt in een laboratorium voor een frisdranken industrie.

Er moet door het team laboranten die in dat laboratorium werken, een nieuw zoetstof ontwikkeld worden voor de "light" frisdranken.

Aan welke eisen moet de zoetstof voldoen, die in jullie laboratorium ontwikkeld gaat worden?

3. Een klein druppeltje uit een flesje gele voedselkleurstof wordt in een literfles met water gedaan. Al het water in de fles krijgt een gele kleur.
  - a. Wat leert je dit over het aantal kleurstofdeeltjes (molekulen)? Leg uit waarom.
  - b. Wat leert je dit over de grootte van de kleurstofdeeltjes (molekulen)? Leg uit waarom.

4. Denk je eens in, dat je een zoetstofdeeltje (zoetstofmolekuul) bent in een "zoetje".

Je wordt in een hete kop koffie gedaan.

Beschrijf in een verhaaltje wat er de eerste drie minuten hierna met je gebeurt.

Norm: opgave 1: 4x3 opg. 2: 4x2 opg. 3: 3+3 opg. 4:10  
cijfer: score + 4

4

Beoordeling opgave 4: Veel deeltjes in een zoetje.

Deze deeltjes trillen op vaste plaats.

Veel bewegende watermolekulen.

Watermolekulen botsen tegen zoetje.

Watermolekulen bewegen veel door hoge T

Zoetdeeltjes worden door VdW krachten bij elkaar gehouden.

Watermolekulen botsen buitenste zoetdeeltjes los.

Zoetdeeltjes worden door botsende molekulen door oplossing verspreid.  
enz.

Voor elk steeds 1 punt. Maximaal zo 7 punten en maximaal 3 punten voor een leuk verhaal.

## Bijlage 3

Titel: Gender inclusive science teaching, geschreven door Frank de Mink, Onderwijskundig centrum, Universiteit Twente,  
Postbus 217, 7500 AE Enschede. tel 053-892050

# Energiebeheer op school als onderzoeksproject

Werkgroep 6

*P. Dirkson*

R.S.G. "Het Goese Lyceum"



## Inleiding

Velen van ons ergeren zich wel eens aan ramen die midden in de winter wijd open staan. Vaak hebben de docenten in de betreffende lokalen echter geen andere mogelijkheid, omdat de knoppen ontbreken op de radiatorelementen. Dikwijls zijn er steeds terugkerende klachten over lokalen die altijd te koud of juist altijd te warm zijn.

Bij ons op school was dit in elk geval wel zo en ik liep al jaren rond met het idee om met de leerlingen eens een periode systematisch te gaan meten. Wat me weerhield is de grote hoeveelheid werk, die een dergelijk project met zich meebrengt. En zou de directie zodanig in de resultaten geïnteresseerd zijn, dat er met de resultaten ook echt iets gebeurt? Onze school is een rijksschool en het rijk betaalt de energierekening.

De komende "lump sum"-regeling, die als alles volgens plan doorgaat augustus '92 van kracht wordt, zal hier verandering in brengen. Dan moet de school zelf de rekening betalen en wat bespaard wordt kan ten eigen bate worden aangewend. Bij het bijzonder onderwijs is dat overigens al lang zo.

Mooi moment om naar de directie toe te stappen en om een taakur te vragen. Deze reageerde enthousiast en gaf alle medewerking.

## Het project

De metingen werden uitgevoerd door leerlingen van 6 VWO in het kader van het schoolonderzoek natuurkunde. Het keuzeonderwerp "natuurkunde in de samenleving" leent zich goed voor een dergelijke invulling. Een vakinspecteur zal zich, kijkend naar de toekomst (WEN: zelfstandige opdracht), waarschijnlijk niet meer druk maken over een andere invulling van dit keuzeonderwerp.

De groep van 35 leerlingen werd onderverdeeld in een tiental aparte onderzoeksgroepen. Om een idee te geven van de aard van de opdrachten is de verdeling hiernaast opgenomen.

Naast de meetopdracht moest elke deelnemer ook een bijdrage leveren aan de verwerking van de meetresultaten. De metingen vonden plaats gedurende de eerste vier weken na de kerstvakantie.

groep	aantal leerlingen	onderzoekopdracht
1	8	Temperatuurregistratie en verwerking (met de hand)
2	4	Temperatuurregistratie (continu)
3	4	Registratie olie- en gasverbruik
4	2	Besparing bij toepassing van dubbel glas in het "Laantje van Leenhouts"
5	2	Besparing bij toepassing/verbetering zolderisolatie dependence
6	2	Onderzoek naar mogelijke besparing warmwatervoorziening gymzalen I en II
7	2	Onderzoek naar besparing bij gebruik van zonnecollector voor de warmtapwatervoorziening
8	4	Computerverwerking meetgegevens
9	6	Inventarisatie elektriciteitsverbruik en onderzoek naar mogelijke besparingen hierop
10	2	Onderzoek naar verlichting lokalen

## Vorbereiding

Voor de docent zit er veel voorbereiding aan een dergelijk project. Er worden in feite twee doelen gesteld, die niet altijd gemakkelijk met elkaar in overeenstemming te brengen zijn:

- Elke leerling moet een volwaardige schoolonderzoekopdracht krijgen, onderling overeenkomend in zwaarte en niveau.
- Het project moet bruikbare resultaten opleveren.



Ook op materieel gebied is er de nodige voorbereiding. In de lokalen moeten thermometers worden opgehangen. Als er oliestook is, zoals bij ons in het hoofdgebouw, dan moeten er oliedebietmeters geplaatst worden. Er moet apparatuur zijn om ook 's nachts en in het weekend temperaturen te meten.

De onderzoeksgroepen moesten komen tot een meetplan én een goede taakstelling en werkverdeling. Op de eerste dag na de kerstvakantie moest er gemeten kunnen worden. Ook voor hen zat er dus de nodige voorbereiding aan. Groep 1 moest er bijv. voor zorgen dat in alle lokalen een map met bruikbare invullijsten lag, waarin de docent op overzichtelijke wijze gegevens over temperatuur, ventilatie en welbevinden kon noteren. Groep 2 moest zorgen, dat de temperatuurschrijvers goed werkten en dat we de BBC-computer konden gebruiken voor het meten van verschillende temperaturen tegelijk, enz.

### **Resultaten**

Het project heeft een aantal verrassende resultaten opgeleverd, die ook daadwerkelijk geleid hebben of nog zullen leiden tot aanpassingen van de installaties en tot maatregelen in de beheerssfeer. In de werkgroep is hier nader op ingegaan.

Het was een zinvol en boeiend project, waar de meeste leerlingen zich met overgave op gestort hebben. De eerste motivatie voor de meesten was natuurlijk, dat het meetelde voor het schoolonderzoek (1/10 van het uiteindelijke s.o. cijfer), maar gaandeweg begon voor de meesten de intrinsieke motivatie het te winnen van de extrinsieke.

### **Beoordeling**

In het groepsverslag moesten de leerlingen aangeven wat de bijdrage was van elk individueel lid van de groep. Gedurende het project observeerde ik en hield voeling met de verschillende groepen. Zo kreeg ik een redelijke indruk van inzet en aandeel van de verschillende leerlingen. Aanpak, resultaten en gemeenschappelijk verslag werden beoordeeld op verschillende punten en leverden een cijfer op. De leerlingen van de groepen 1, 2 en 3 hadden ook nog een individuele uitwerkingsopdracht. Na een eindgesprek met de groep werden de cijfers vastgesteld.

### **Project geschikt als keuzeopdracht in het nieuwe eindexamen vwo?**

Aan de criteria die betrekking hebben op studie- en onderzoeksvaardigheden (zie par. 2.4 van het nieuwe eindexamenprogramma) wordt naar mijn idee wel voldaan. De vereiste praktische vaardigheden zullen in een afzonderlijk practicum schoolonderzoek getoetst moeten worden, aangezien deze slechts bij enkele van de groepen aan de orde kwamen.

De WEN hecht nogal aan het zelfstandig formuleren van de onderzoeksvragen. Eigen ervaring, maar ook deelname aan werkgroep 12 (Rob van Haren: "Eigen experimenteel onderzoek in 6 vwo") heeft me geleerd, hoeveel tijd er i.h.a. nodig is om de leerlingen zelf tot een geschikte onderzoeksvraag te laten komen. Ikzelf had elke groep een opdrachtvel verstrekt, waarin naast een aantal praktische tips ook de onderzoeksoopdrachten geformuleerd stonden. Zelf uitzoeken hoe ze het onderzoek moeten aanpakken vereist al voldoende creativiteit en eigen initiatief van de leerling. Bovendien zullen ze binnen de gegeven opdracht toch vaak

veronderstellingen uiten en daardoor zelf tot deelonderzoeksvragen komen.

Vooraf nu duidelijk wordt, dat het nieuwe eindexamenprogramma overladen is, lijkt het me verstandig om bij de uitvoering van de keuzeopdracht niet te ambitieus te werk te gaan.

### **Slotopmerkingen**

Als U de tijdsinvestering en de inzet op kunt brengen, zijn keuzeopdrachten op het gebied van energiebeheer om verschillende redenen de moeite waard:

- Het onderzoeksonderwerp is praktisch en zinvol en werkt daardoor sterk motiverend.
- De resultaten kunnen een bijdrage leveren aan energiebesparing. Dit is goed voor de school en voor het milieu.
- U bent opvoedend bezig. Toch ook een belangrijk doel van ons onderwijs.
- Binnen de scholen is vaak niet veel deskundigheid op het gebied van energiebeheer. U met Uw natuurkundige achtergrond bent bij uitstek geschikt om de processen die hierbij een rol spelen, te doorgronden.
- Er is uiteraard niets op tegen om het wat kleinschaliger aan te pakken. Onderzoek naar een bepaald aspect van het energiebeheer op de school zou U kunnen aanbieden als één van mogelijkheden voor de zelfstandige opdracht. De resultaten van de leerlingen roepen dan waarschijnlijk weer vragen op, die U mogelijk helpen aan onderwerpen voor het volgend jaar.

### **Adressen**

voor diverse publikaties, ook specifiek over energiebeheer op scholen:

- SVEN (Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland), Postbus 503, 7300 AM Apeldoorn, tel.055-497911
- Communicatie en Adviesbureau over Energie en Milieu, Postbus 21421, 3001 AK Rotterdam, tel.010-4046080
- Stichting ICS (Informatie Centrum Schoolgebouwen Rotterdam), Postbus 20720, 3001 JA Rotterdam, tel.010-4117486

### **Verder:**

Uw eigen energiebedrijf, afdeling voorlichting. Handig voor het lenen van apparatuur, maar ook voor informatie over graaddagen en tariefstructuren.

# Natuurkundig didactisch werk aan weerszijden van de noordzee

Werkgroep 7

*H.M.C. Eijkelhof & R. Drijver*



De discussie in deze werkgroep was gebaseerd op de ochtendlezing van prof. Rosalind Driver. Aan de discussie namen (incl. de spreker) 10 personen deel, die in het dagelijks leven uiteenlopende rollen vervullen, zoals die van schoolboekschrijver, docent in het VO, student, schoolbegeleider en vakdidactisch onderzoeker.

De discussie startte met de vraag hoe onderzoeksresultaten bruikbaar te maken voor docenten, met name als het gaat om onderwijs- en leerstrategieën. Volgens Driver moeten we onderscheid maken tussen twee soorten strategieën:

- die welke gericht zijn op het ondersteunen van de leeromgeving waarin leerlingen tot begripsontwikkeling kunnen komen, bijv. het werken van leerlingen in kleine groepen, het gebruik van vraagtechnieken door de docent en manieren om in de les diagnostisch te werken (nagaan welke leerproblemen de leerlingen hebben); deze strategieën zijn van algemene aard en kunnen worden gebruikt voor allerlei leerstofgebieden binnen de natuurkunde;
- die welke specifiek zijn voor een bepaald leerstofgebied, met name voor onderwerpen die notoir moeilijk zijn, zoals het onderscheid tussen de begrippen warmte en temperatuur, de relatie tussen kracht en beweging en het verschil tussen de begrippen stroom en spanning.

Een van de aanwezigen bracht in dat meer zou kunnen worden gekeken naar leraren die op dit gebied al vruchtbaar werk doen. Immers, in de praktijk hebben een aantal docenten oplossingen gevonden voor leerproblemen. Ze komen er echter niet toe hun ervaringen aan anderen door te geven.

Een ander vond de genoemde leerstrategieën niet zo bruikbaar. Hij vroeg zich met name af of leerlingen in groepsdiscussies niet teveel zouden blijven hangen in hun eigen ideeën ("sharing ignorance"). Hoe kun je als docent greep hebben op de begripsontwikkeling tijdens dat soort groepsdiscussies? Volgens Driver hebben groepsdiscussies uiteenlopende functies, bij voorbeeld:

- Ze helpen leerlingen om het eigen denken te verhelderen omdat ze hun gedachten moeten uitdrukken in de discussies.

- Ze geven leerlingen de gelegenheid te beseffen dat er verschillende manieren zijn om tegen een verschijnsel aan te kijken.
- Leerlingen kunnen gebruik maken van oplossingen die andere leerlingen bedacht hebben.
- Ze maken het mogelijk dat leerlingen af en toe terugblikken op de ideeën die ze oorspronkelijk hadden.

Bij het samenwerken met leraren in haar onderzoek bleek dat leraren de eerste keer vaak dat gevoel van controleverlies hadden. Hoe in te gaan op de ideeën die leerlingen naar voren hebben gebracht? Je weet als docent niet wat ze gaan zeggen dus hoe kun je tevoren plannen wat je gaat doen in de les? Een dergelijk gevoel verdwijnt echter meestal na het eenmaal voor een bepaald onderwerp gedaan te hebben. Je weet als docent de tweede keer dat je het onderwerp behandelt veel beter wat voor soort ideeën en redeneringen naar voren zullen komen.

Aanvankelijk vreesden de docenten ook dat de leerlingen niet echt over de natuurkunde zouden praten. Dat blijkt mee te vallen, mits de opdrachten aan bepaalde eisen voldoen. Een daarvan is dat het de leerlingen duidelijk moet zijn wat de bedoeling van de opdracht is. Er moet een produkt gevraagd worden, bij voorbeeld een theorie die aan medeleerlingen moet worden gepresenteerd. Om een goede gedachtenwisseling tussen leerlingen op gang te brengen is het gewenst dat de docent aanvankelijk weinig bijdraagt aan de discussies en zich terughoudend opstelt.

Van de kant van de deelnemers werd als belangrijk probleem het tijdsaspect genoemd: de examenprogramma's zijn erg vol en laten weinig ruimte om uitgebreid in te gaan op leerlingdenkbeelden.

Een derde deelnemer benadrukte het belang van schoolboeken om leraren te bereiken. Veel docenten wonen geen conferenties bij en lezen literatuur ("artikelen veel te lang!"). Ze gebruiken wel schoolboeken om hun lessen voor te bereiden en dus is het het meest effectief de aandacht te richten op auteurs van schoolboeken.

Daarop vroeg Driver hoe schoolboeken volgens de deelnemers zouden kunnen worden verbeterd. Die vraag leverde de volgende antwoorden op:

- \* concentrisch werken, waarbij in het begin de leerlingen heel actief zijn en theorie pas later wordt behandeld, is niet succesvol gebleken; leraren willen toch graag dat in een tweede-klasboek niet alleen vragen worden opgeroepen maar ook antwoorden worden gegeven;
- \* het is heel belangrijk aan te sluiten bij de visie van de docent op leren en onderwijzen;
- \* soms lijken goede instructies bij proeven er weinig toe te doen; op de universiteit lezen studenten vaak de instructies niet of slecht, terwijl ze toch redelijke resultaten halen;
- \* het is belangrijk dat de opdrachten motiverend zijn voor de leerlingen;
- \* de opdrachten dienen goed gestructureerd te zijn;
- \* vaak kan men volstaan met het geven van aanwijzingen voor het oplossen van problemen in plaats van snel het antwoord te geven;
- \* het beginnen van een hoofdstuk met uitdagende problemen (bijv. via verrassende proeven) die niet gelijk worden opgelost; het zou nuttig zijn de ervaringen van leraren met dit soort technieken te evalueren;
- \* gebruik maken van leerstrategieën waarin rekening wordt gehouden met leerlingdenkbeelden en die effectief zijn gebleken.

Driver dacht dat men in Engeland minder sterk leunde op schoolboeken in de onderbouw dan in Nederland. Sommige deelnemers zeiden echter in de onderbouw ook geen schoolboek te gebruiken. De groep was echter te klein om de uitspraak te kunnen bevestigen of falsifiëren.

# Rekenmodellen in de kinematica

## Ervaringen met het gebruik van NEMO in 4-VWO

Werkgroep 8

*J.W. Drijver*



Op het St. Bonifatius College te Utrecht is de afgelopen jaren in 4-VWO geëxperimenteerd met het maken van rekenmodellen met behulp van het computerprogramma NEMO. Uitgangspunt daarbij is dat leerlingen zelf modellen opstellen van situaties, die ze op dat ogenblik als theorie en als experiment krijgen aangeboden. De modelleer-leszen zijn in eerste instantie bedoeld om leerlingen meer inzicht te geven in een natuurkundige situatie, door ze er vanuit een nieuwe invalshoek naar te laten kijken. Wat dat betreft is er geen onderscheid met het toepassen van practicum. Daarnaast verwerven ze, net als bij practicum, specifieke vaardigheden.

De motivatie om met rekenmodellen in 4-VWO te beginnen ook geput uit andere overwegingen:

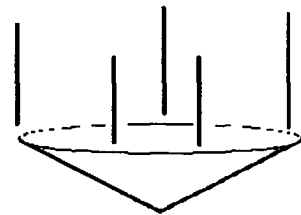
- het gebruik van reële contexten (b.v. in het WEN-programma) leidt gemakkelijk tot situaties die voor een leerling niet meer analytisch zijn op te lossen,
- het werken met rekenmodellen is als aparte vaardigheid in het WEN-programma opgenomen,
- in rekenmodellen kan het accent liggen op definities van de ingevoerde grootheden, niet op "lastige" wiskunde als bijvoorbeeld de abc-formule,
- in de natuurkunde na het VWO wordt steeds meer gebruik gemaakt van simulaties en numerieke methoden.

De lessenserie is gewijd aan beweging, met de nadruk op valbeweging, en begint direct na de behandeling van constante snelheid. De serie heeft de volgende opbouw:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| - korte inleiding in rekenmodellen en de bediening van NEMO      | - 2 lessen      |
| - proef vrije val (met tikkerband) en bespreking daarvan         | - 2 lessen      |
| - maken van vrije-val model                                      | - 2 lessen      |
| - proef val met luchtwrijving (papieren trechter) en modellering | - 2 lessen      |
| - klassikale bespreking van luchtwrijving en rekenmodellen       | - 1 les         |
| - toets aan de computer  | - 1 les         |
| - werpen zonder wrijving, naar alle kanten                       | - enkele lessen |

De serie telt dus zo'n 13 lessen, waarvan een 4-tal ook zonder modelleer-leszen zou zijn gegeven. Dat betekent dat er in het 4-VWO-curriculum voor 9 lessen plaats moet worden gevonden. Het afgelopen jaar (90/91) werd de lessenserie in 5 klassen gegeven: 3 klassen op het St. Bonifatius college (Hooyman, van der Rijst en ondergetekende), 2 klassen op het college Blaucapel (Ockhuijsen). Het aantal werkelijk gegeven lessen bedroeg in de verschillende klassen 6, 8, 11, en 2x12. Lestijd-gebrek was de belangrijkste reden om voortijdig te stoppen.

In de werkgroep heb ik allereerst de gang van zaken in mijn klas besproken. Alle leerlingen (op een doubleur na) hadden voor de zomer-



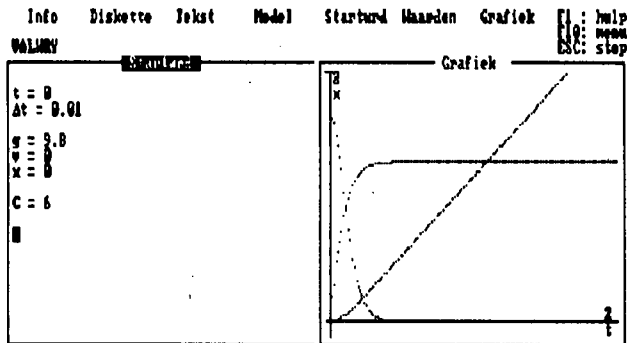
vakantie een inleidende modelleer-cursus van 6 of 12 lessen gevolgd, een cursus ontwikkeld door Moes (Vakgroep Didactiek van de Natuurkunde, R.U. Utrecht) en ondergetekende. Eén inleidende les in plaats van twee bleek voldoende om de leerlingen weer met NEMO te laten werken. Verder was er van de vorige cursus geen duidelijke invloed merkbaar. De mengeling van theorie, experiment en modellering had een goede uitwerking op de leerlingen. In vorige jaren werd alleen de vrije-val proef gedaan, nu was er ook een proef met luchtwrijving opgenomen. Ook konden leerlingen zeer gemotiveerd bezig zijn met het oplossen van opgaven uit het leerboek met het zelf gemaakte model.

Besproken werd de plaats van de lessenserie in het 4-VWO-curriculum. Ervaring uit vorige jaren heeft er toe geleid dat de modelleer-leszen vroeg in het leerjaar zijn geplaatst, *voordat* de analytische oplossing van de eenparig versnelde beweging ter sprake is geweest. Leerlingen bleken zich anders verschrikkelijk vast te klampen aan de vertrouwde " $\frac{1}{2}at^2$ "-formules, hetgeen het construeren van een algemeen

geldig (val)model in de weg stond. Plaatsing vroeg in het curriculum heeft bovendien als voordeel dat definities van snelheid en versnelling automatisch de gewenste aandacht krijgen.

Daarna werden diverse praktische knelpunten aan de orde gesteld. Zoals boven al gemeld, is er weinig (eigenlijk geen) ruimte in het 4-VWO-curriculum. De leeropbrengst van een klein aantal modelleer-lesse is echter nihil; een leerling heeft dan onvoldoende vaardigheid om bij andere onderwerpen rekenmodellen te kunnen construeren. Vermeld mag ook worden dat de voorbereiding van dit soort lessen veel tijd kost, die niet gefaciliteerd wordt. De beschikbaarheid van voldoende computers (twee leerlingen per computer) en van voldoende uren in het computerlokaal (lieft aaneengesloten) kan een probleem zijn. De aanwezigheid van een goed functionerend netwerk is erg prettig. Helaas is het Ariadne-netwerk nogal traag, waardoor, vooral bij grote klassen, filevorming optreedt bij het begin van de les.

De deelnemers aan de werkgroep konden vervolgens het lesmateriaal doornemen, het papieren-trechter proefje uitvoeren en een rekenmodel daarvan maken. Invoeren in de aanwezige computer mislukte helaas vanwege een onjuiste toetsenborddefinitie van de IBM. Over standarisatie gesproken.... De vakgroep Didaktiek van de Natuurkunde overigens dank voor leen van computer en transviewer. Wel kon een op schijf staand model getoond worden, dat van leerling-uitkomsten was voorzien. De figuur hieronder is een beeldscherm'foto'.



F2: oxfen regel F3: verwissel regels F4: datanamen F9: uis regel

Links in de figuur staan de startwaarden van het rekenmodel, waarbij C de wrijvingscoëfficiënt is uit de betrekking  $a = g - C \cdot v^2$ . Deze betrekking werd de leerlingen trouwens gegeven. De opdracht was om de waarde van C te vinden, die de beste overeenstemming gaf met de gemeten valtijd van een van 2,0 m hoogte vallende papieren trechter. Rechts in de figuur staan de grafieken afgebeeld van x, v en a tegen t. Leerlingen bleken goed in staat om het betreffende model op te stellen en waren zeer geïnteresseerd om de C te vinden die bij hun metingen paste.

Tenslotte werden in de werkgroep nog ervaringen uitgewisseld. Werken met rekenmodellen bleek slechts op beperkte schaal te gebeuren, voor zover bekend bij de deelnemers. Als afsluiting besprak ik nog kort de mening van mijn collega's over de gegeven lessen. Hooyma had de grootste

klas (29 leerlingen) en gaf de minste lessen. Hij zou rekenmodellen liever in een later stadium introduceren. Van der Rijst voelt veel voor een geïntegreerde aanpak in het begin van 5-VWO, waarbij dan het vak wiskunde sterk kan worden betrokken. Ockhuijzen is erg tevreden over het introduceren van rekenmodellen in 4-VWO tegelijk met de valbeweging. Ondergetekende is dat ook, en zou graag leerlingen geruime tijd met NEMO laten werken aan de onderwerpen vallen en werpen alvorens in de les met de " $\frac{1}{2}at^2$ "-formules te beginnen.

Samenvattend kan gesteld worden dat het werken met rekenmodellen zowel leraar als leerling op nieuwe gedachten kan brengen. Het werken ermee vraagt een aparte denkstijl, die iemand zich maar geleidelijk eigen maakt. In het (WEN)-curriculum is geen plaats voor het aantal lessen dat een leerling nodig heeft om "wendbaar" te worden op modelleergebied.

# FLITSJES

Werkgroep 9

## I. FREDERIK



Als onderwerp van onze werkgroep hadden we een thema uit de vakdidactiek-lessen gekozen. We presenteerden een aantal proefjes die uitgevoerd werden door medestudenten en die allemaal uit het dagelijks leven komen. We hebben geprobeerd zoveel mogelijk de natuurkunde uit die proefjes te belichten. We hadden gekozen voor een centrale presentatie met tussendoor een pauze om de deelnemers de gelegenheid te geven wat uitgestalde proefjes te bekijken. Naar ons idee is de werkgroep goed aangeslagen, zeker gezien het feit dat we tweemaal een volle zaal hadden. Bij de proefjes hoorde ook een boekje met daarin de uitvoering en uitleg van de getoonde proefjes. De deelnemers hebben dat allemaal gekregen.

Wanneer we deze werkgroep nogmaals zouden doen, zouden we waarschijnlijk een iets andere aanpak kiezen. Nu zijn de deelnemers vrij passief geweest. Een volgende keer zouden we ze meer zelf laten doen en uitvinden. Hierbij zou dan het boekje als handleiding of verduidelijking kunnen werken.

Het onderwerp is volgens ons iets, dat elke natuurkundeleraar kan gebruiken in zijn/haar les. Het geeft de mogelijkheid iets concreets te laten zien uit het dagelijks leven. Verder spoort het naar onze mening de leerlingen aan om eens wat meer om zich heen te kijken en daarbij natuurkunde-aspecten uit zijn omgeving te ontdekken.

Tenslotte hebben wij veel plezier gehad aan het uitvoeren en voorbereiden van deze werkgroep. Hopelijk hebben de deelnemers er iets nuttigs aan over gehouden.

# Invoeren van techniek op een HAVO/VWO-school

Werkgroep 10

*R.P. Frederik*



## Stand van zaken

Er zijn tekenen, die er op wijzen, dat techniek binnen enkele jaren inderdaad zal worden ingevoerd, ook op HAVO/VWO-scholen, misschien tegelijk met de Basisvorming, anders wel zonder ....

Het duidelijkste teken is volgens mij de voor Nederlandse begrippen ongekende (om)scholings-faciliteitenregeling:

- De school mag 1 docent aanwijzen als toekomstig techniekdocent.
- Voor de helft van zijn/haar baan kan dan op Rijks-kosten een vervanger/ster worden aangesteld.
- Op zes NLO's kan een opleiding Techniek worden gevolgd.

Die opleiding duurt (in dagonderwijs) vier jaar. Door reeds in een verwant vak bevoegde docenten kan de opleiding in kortere (deel-)tijd worden doorlopen.

In alle stukken staat, dat er geen artikel - 114 - verklaringen voor techniek meer zullen worden afgegeven; alleen via om-, her-, en bijscholing aan de NLO's kan nog een bevoegdheid techniek worden verkregen. Noch een natuurkunde-, noch een handvaardigheid-bevoegdheid (om er maar twee te noemen) leveren een bevoegdheid techniek op.

In mijn ogen is een tweede signaal, dat er op het ogenblik geld beschikbaar is voor nieuw- of verbouw (f 70.000,-) en inrichten (f 29.750,-) van een vaklokaal techniek. Techniek kan dus op korte termijn reeds ingevoerd worden.

Als de basisvorming wordt ingevoerd, gaat dat voor een HAVO/VWO-school een grote verandering betekenen. In de nu circulerende minimum-tabellen is er sprake van 5 uur techniek naast 5 uur voor het gecombineerde vak natuur- en scheikunde.

Voor een school betekent dat niet alleen een grondige verandering van leerplan, maar ook een wijziging van sfeer: het werken met hoofd én handen.

## Emancipatie

In het basisonderwijs en op de Pedagogische Academie zijn ontwikkelingen gaande op het gebied van de invoering van techniek. In de basisvorming kan daarop worden doorgegaan. Als het vak techniek voldoende status krijgt/houdt, is het misschien mogelijk, dat jongens en meisjes later een minder op vooroordelen gebaseerde keuze doen voor hun vakkenpakket.

Het zou wel eens zo kunnen zijn, dat deze ontwikkeling over enkele jaren van groter belang blijkt te zijn, dan heel die campagne rond de leuke "Kies Exakt".

## Werkgroep

Op onze school hebben we een werkgroep gevormd, bestaande uit een conrector en 3 docenten die een opleiding techniek volgen. Deze docenten geven dit jaar reeds aan iedere brugklas 5 blokken techniek. Zowel school, leerlingen als wijzelf wennen zo vast aan het nieuwe vak.

Als je als werkgroep bezig bent Techniek in te voeren, krijg je te maken met verschillende "belangstellenden":

1. bestuur
2. directie
3. collega's
4. ouders
5. leerlingen
6. toeleverende scholen

Alle groepen zijn nieuwsgierig, hebben hun eigen verwachtingen van het vak, maar ook hun onzekerheden!

"Banden plakken? Doorgeslagen stoppen na kortsluiting vervangen? Wat kost dat? Hoe moet dat met het rooster? Moeten we verbouwen? Gaat dat niet ten koste van mijn vak? Mogen wij (leerlingen) dan iets (kapot-)maken?" Wij hebben de ouders op een ouderavond in de gelegenheid gesteld met de drie betrokken docenten over het nieuwe vak te praten. Als de klas aan de beurt is, krijgen de ouders een brief, waarin de gang van zaken wordt uitgelegd. In een bijgesloten folder wordt het belang van techniek voor toekomstige leden van onze maatschappij uitgelegd. Wij verwachten dat het verschaffen van dit soort "statusverhogende

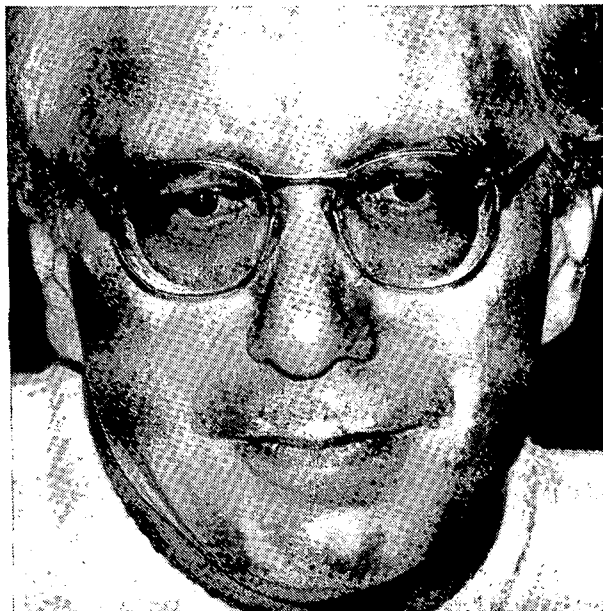
informatie" de acceptatie van het vak vergemakkelijkt. Ook functioneert de folder in de briefing van collega's. We hebben in de werkgroep gelukkig een corrector, die de beschikbare informatie en ideeën doorgeeft naar schoolleiding en schoolbestuur.



# Natuur- en scheikunde geïntegreerd in heterogene groepen, kan dat?

Werkgroep 11

*R. Genseberger*



Het is te verwachten dat binnen enkele jaren op alle scholen voor voortgezet onderwijs in de onderbouw natuurkunde en scheikunde door één docent en als één vak moet worden gegeven. Verder zullen op steeds meer scholen in de onderbouw heterogene klassen gevormd worden: leerlingen van uiteenlopende niveaus (soms lbo t/m atheneum) die een paar jaar bij elkaar in de klas blijven.

In de Open Schoolgemeenschap Bijlmer hebben we nu al bijna twintig jaar ervaring met geïntegreerd natuur- en scheikunde-onderwijs in heterogene groepen.

Wij willen in deze werkgroep niet discussiëren over het al of niet wenselijk zijn van dergelijke veranderingen voor het hele Nederlandse onderwijs. Wel kunnen we laten zien hoe wij dat binnen onze school aanpakken en dat over het algemeen zowel leerlingen als leraren tevreden zijn over het aanbod en de wijze van werken. Over voor- en nadelen van onze werkwijze willen we graag met de werkgroepdeelnemers discussiëren.

# Eigen experimenteel onderzoek (EXO) in 6-VWO

Werkgroep 12

*R. van Haren*

KUN Didactiek Natuurkunde



De keuzeopdracht in het nieuwe examenprogramma kan zowel experimenteel als niet-experimenteel worden ingevuld. De meerderheid van de docenten is van plan om EXO aan de leerlingen aan te bieden, experimenteel dus. (R. van Haren, 1990)

## Kenmerken EXO

<b>Eigen</b>	Het initiatief ligt volledig bij de leerling.
<b>eXperimenteel</b>	Het praktisch werk heeft voldoende niveau.
<b>Onderzoek</b>	De leerling gaat te werk volgens de natuurwetenschappelijke methode.

## Redenen voor EXO

1. De leerling heeft in alle fasen van het EXO zelf het initiatief en stimuleert daarmee de eigen interesse en betrokkenheid bij natuurkunde.
2. De leerling maakt zich onderzoeksvaardigheden eigen.
3. Door het unieke karakter van elk EXO krijgt deze activiteit een bijzondere waarde.
4. De leerling krijgt door imitatie een beeld van de natuurwetenschappelijke onderzoeksmethode.
5. De EXO-opdracht is voor de leerling de meest complete bekroning van de natuurkunde als schoolvak.

## Opbouw in de onderbouw

In de onderbouw kan vooral de creativiteit van de leerlingen gestimuleerd worden. (R. van Haren, 1988) Het is ook verstandig om bij elke leerling-activiteit conclusies te eisen: wat is het resultaat van je werk? De volgende activiteiten zijn mogelijk:

- keuzewerkstukken maken
- minilessen verzorgen
- markt en/ of tentoonstelling organiseren
- krant artikelen maken
- proefjes met alledaagse dingen in reële context, waarin de mens centraal staat
- beroepenoriëntatie
- interview afnemen

## Opbouw in de bovenbouw

In de bovenbouw moeten de onderzoeksvaardigheden systematisch worden aangeleerd. Mogelijkheden hiertoe zijn:

- vrije proeven opnemen in het roulerend practicum
- presentaties door leerlingen laten verzorgen
- een eigen hoofdstuk maken met de klas
- PLON thema's doen
- een groot scala van meetmogelijkheden invoeren

Onder vrije proeven wordt verstaan dat u de leerlingen ófwel in het roulatiepracticum ófwel in tussenuren vrij laat experimenteren binnen het kader van een eigen onderwerp en onderzoeksvraag. Het werk moet in één à twee lessen uitvoerbaar zijn.

Verder verwijzen wij naar de opbouw van vaardigheden die de TUE en de UvA (computerexperimenten) in een curriculumlijn verwerkt.

## Enquête

Uit een enquête (R. van Haren, 1990) met een respons van 59 secties natuurkunde, blijkt dat 70 % van de docenten van plan is om de leerlingen EXO aan te bieden. Ten aanzien van de invoering van het EXO verwacht men echter veel problemen vanwege de extra te investeren tijd.

Wij ontwikkelen, gebruik makend van de EXO-expertise van docenten en van het PLON thema OPEXON (R. van Haren e.a., januari 1987), een EXO logboek en een ideeënbank om deze en andere in de enquête naar voren gebrachte problemen te helpen oplossen.

## Kenmerken EXO Logboek

- De leerlingen doorlopen stapsgewijs het hele onderzoeksproces in 10 fasen.
- Per fase vindt schriftelijk terugkoppeling plaats met de docent; naar keuze te gebruiken als voortgangscontrole of als beoordelingsmoment.
- Inbedding van het gekozen onderwerp in natuurkunde- en contextgebieden.
- Typering van de gekozen werkwijze (aanscherping kwalitatief/kwantitatief).
- Lestijd-beslag van 13 lesuren.

- Buiten-les-tijd-beslag (gemiddeld) voor de ervaren docent per leerling 1,7 u.  
voor de ervaren TOA per leerling 1,7 u.  
voor de leerling 16 u.

#### Vakdidactisch onderzoek

Op een vijftal scholen wordt onderzocht in hoeverre het EXO logboek in de praktijk aan de verwachtingen voldoet. Hierover zal in augustus 1991 gerapporteerd worden. Tot nu toe blijkt vooral de structuur die het logboek biedt positief te worden gewaardeerd. Ze geeft de leerling houvast en maakt het voor de docent gemakkelijk om direct betrokken te blijven bij de vorderingen van de leerling.

#### Ideeënbank

Het is de bedoeling dat in 1991 een ideeënbank tot stand komt. Alle relevante gegevens van een groot scala EXO's worden opgenomen in een database, die zowel voor leerlingen (gedeeltelijk afschermbaar) als voor docenten toegankelijk is vanuit een aantal verschillende invalshoeken.

#### Discussie

- Eist de inspectie dat voor dit onderdeel een cijfer in tien-den wordt gegeven?  
**Conclusie** De eerste jaren zul je een en ander rustig kunnen ontwikkelen op school.
- Moeten de leerlingen steeds opnieuw het wiel uitvinden?  
Laat ze naar bedrijven gaan!  
**Conclusie** Dat kan goed gaan maar geeft geen garantie dat alle geëiste vaardigheden op voldoende niveau aan bod komen.
- Welke vaardigheden moet ik nu precies opbouwen?  
**Conclusie** Er bestaat een vrij gedetailleerde lijst EXO vaardigheden, zie bijlage 1. Begin bij de grove indeling en geef extra aandacht aan het eigen initiatief van de leerlingen. Juist hierin onderscheidt deze lijst zich vooralsnog van de TUE lijst en de CITO lijst.
- Hoe kun je groepswerk van leerlingen individueel beoordelen?  
**Conclusie** Een beoordelingsgesprek met voor elke onderzoekspartner aparte vragen n.a.v. het ingeleverde verslag maakt een individuele beoordeling mogelijk. Verder kan men ook de leerlingen het gehele onderzoek individueel laten werken.
- Het formuleren van de onderzoeksvraag lijkt zeer moeilijk. Is het wel nodig dit van leerlingen te eisen?  
**Conclusie** Juist de beginfasen van EXO zijn zeer bepalend voor het verdere verloop. Als je deze overslaat vervallen de redenen voor EXO.

#### Literatuur

- Rob van Haren e.a., 'Handleiding voor open experimenteel onderzoek', NVON Maandblad 12 (jan. 1987), nr 1, blz 33.
- Rob van Haren, 'Kijk eens, mijn beugel geleidt!', NVON Maandblad 13 (juli 1988), nr.6

- Rob van Haren, 'De keuzeopdracht in de praktijk', NVON Maandblad 15 (december 1990), nr.10
- C. Hellingman, 'Leren we onze leerlingen wetenschappelijk denken?' Faraday 42 (1973), blz. 145
- G. van Lieshout e.a. *Practica*, Aula pocket, Uitgeverij Het Spectrum 1986
- G. van Lieshout, de Ruiter, *Onderzoeken moet geleerd worden*. Faraday 50 (1981), blz.95
- Roger Lock, *Open-ended, problemsolving investigations*. School Science Review, mar. 1990, 71 (256)
- R. de Werk e.a., *Een knuppeltje en een computer*, NVON Maandblad 14 (feb. 1989), nr.2
- A. Ypma, *Knuppeltje of boemerang?*, NVON Maandblad 14 (nov. 1989), nr.9
- Thema map, *Woudschoten map 1977*, Werkgroep Natuurkunde Didactiek Utrecht
- Themanummer, *Diverse artikelen*, NVON Maandblad 12 (jan. 1987), nr. 1

**I BEDENKEN EN INSTAPPEN**

- A Ordening aanbrengen in de persoonlijke interesse ten aanzien van natuurkundige onderwerpen.
  - A1 Relevante informatie ten aanzien van hobby, beroep en vervolgcopleiding selecteren en ordenen.
  - A2 Relevante informatie ten aanzien van de eigen persoonlijke voorkeur voor bepaalde gebieden van de natuurkunde selecteren en ordenen.
- B Vertrekkend vanuit A experimenteel toetsbare onderzoeksvragen en/of doelen formuleren.
  - B1 Aard van het doel van het onderzoek aangeven.
  - B2 Theorie bedenken bij het doel van het onderzoek.
  - B3 Te bepalen grootheden benoemen.
  - B4 Doel van het onderzoek formuleren.
  - B5 Fysische diepgang beoordelen en eventueel verdiepen.
- C Experimenten bedenken bij de zelf geformuleerde vragen en/of doelen.
  - C1 De realiseerbaarheid van de experimenten inschatten en problemen signaleren.
  - C2 Proefexperimenten bedenken om de gesignaleerde problemen op te lossen.

**II EXPERIMENTEN OPZETTEN EN UITVOEREN**

- D Experimenten opzetten met apparatuur, die past bij de zelf geformuleerde vragen en/of doelen.
  - D1 Proefexperimenten uitvoeren en consequenties verwerken (met terugkoppeling naar I).
  - D2 Theoretische achtergrond van experimenten geven.
  - D3 Benodigdheden aangeven.
  - D4 Aangeven hoe je aan de benodigdheden komt.
  - D5 Gebruik van de benodigdheden aangeven.
  - D6 Te verrichten waarnemingen aangeven.
  - D7 Te verwachten foutenbronnen aangeven.
  - D8 Meetomstandigheden en meetvoorwaarden aangeven.
  - D9 Maatregelen bedenken om gevaren te vermijden.
  - D10 Opstelling schetsen.
  - D11 Wijze van uitvoering aangeven.
  - D12 Uitvoering plannen.
  - D13 Te verwachten resultaten aangeven.
  - D14 Rapporteren over A, B, C en D1 t/m 13.
- E Zelf bedachte experimenten uitvoeren en eventueel verbeteren (met terugkoppeling naar I).
  - E1 Maatregelen nemen om gevaren te vermijden.
  - E2 Meetomstandigheden controleren en verbeteren.
  - E3 Handelingen uitvoeren tijdens het waarnemen.
  - E4 Kwantitatieve waarnemingen doen.
  - E5 Kwalitatieve waarnemingen doen.
- F Voortdurend op eigen kracht overschakelen tussen het theoretisch en het praktisch niveau.
  - F1 Theorie bedenken bij experimentele resultaten.
  - F2 Vertaling van nieuwe theoretische aspecten in experimentele termen.

**III OOGSTEN EN RAPPORTEREN**

- G Nagaan of de meetresultaten kloppen met de eigen hypothese en daaruit conclusies trekken.
  - G1 Analyseren van waarnemingen.
  - G2 De invloed van beperkingen aangeven.
  - G3 De invloed van foutenbronnen aangeven of berekenen.
  - G4 Gevonden resultaten vergelijken met de verwachte resultaten (D13).
  - G5 Theorie F1 vergelijken met theorie B2.
  - G6 Aanvaarding of verwerping van hypothesen toelichten.
  - G7 Overige conclusies trekken.
- H Rapporteren over een eigen experiment.
  - H1 Toelichtingen geven bij A t/m G.
  - H2 Verschillende representatievormen van gegevens toepassen.
  - H3 Geschikte presentatievorm kiezen.
- I Suggesties doen voor vervolg op eigen onderzoek.
  - I1 Mogelijkheden aangeven voor verbetering van het experiment.
  - I2 Mogelijkheden aangeven voor voortzetting van het experiment.
  - I3 Mogelijkheden aangeven voor alternatief experiment.

# De mogelijkheden en ontwikkelingen van Multi-Media

Werkgroep 13

*F. Havekes*

Multi-Media is een verzamelnaam voor programmatuur waarin verschillende mediale vormen als tekst, tekeningen, dia's, bewegend beeld en geluid, in een interactie met de gebruiker worden toegepast. Toepassingen zijn te vinden op het gebied van Opleiding & Training en Informatie-verstrekking. Op dit moment wordt dit type programmatuur voornamelijk in opdracht, voor speciale toepassingen vervaardigd. Door technologische ontwikkelingen zullen deze mogelijkheden binnen afzienbare tijd ook op de consumentenmarkt beschikbaar komen. Dan zal ook het onderwijs worden geconfronteerd met een groeiend aanbod aan programma's die ingezet kunnen worden.

Tijdens de werkgroep worden de belangrijkste kenmerken van Multi-Media aan de hand van concrete programma's getoond. Daarnaast zal worden ingegaan op de komende ontwikkelingen.

# Beoordeling Open Onderzoek

Werkgroep 14

*F. Budding, K. Hellingman,  
E. Holl & J. de Jong*



Hoe beoordeel je verslagen van vrije onderzoeksopdrachten?

Dit is één van de moeilijkheden waar collega's op stuiten, wanneer zij hun leerlingen een vrij onderzoek naar hun eigen keuze willen laten doen. Door de grote verscheidenheid in onderwerpen en uitwerking daarvan is onderling vergelijk tussen verschillende verslagen moeilijk en lijkt het beoordelen een kwestie van 'natte vinger'-werk.

Het Engelse project GASP (Graded Assessment of Science Project) heeft voor het oplossen van dit probleem een criteria-lijst ontworpen die als 'meetlat' kan dienen voor allerlei soorten onderzoeksverslagen.

Een NVON-werkgroep van leden uit de kringen Zwolle en Twente heeft de lijst toegepast op verslagen van eigen leerlingen en de lijst enigszins aangepast aan de Nederlandse situatie.

Met de deelnemers van de werkgroep op de conferentie is deze lijst met toelichting doorgenomen en gebruikt voor de beoordeling van een verslag dat in voldoende aantallen gecopieerd aanwezig was.

Puntenlijstjes zijn door de deelnemers ingevuld voor wat betreft Planning en Verslaggeving, en tijdens de workshop besproken. Vergelijk van de ingeleverde lijstjes leverde bij Verslaggeving redelijk goed overeenstemmende resultaten op; bij Planning was de overeenstemming beslist matig: de scores liepen van 12½ tot 22½. Hierbij valt echter te bedenken dat de deelnemers weinig 'inwerktijd' en weinig beoordelingstijd hadden (15 minuten). Het was bovendien een zeer gedifferentieerd publiek: van collega's met veel tot collega's met praktisch geen ervaring in het beoordelen van verslagen.

De bespreking leverde nogal wat informatie op over de problemen die de deelnemers met de lijst hadden. De tijdens de workshop gestelde vragen zijn aanleiding tot nadere toelichting op de criterialijst. De verbeterde versie van de lijst wordt nogmaals aan een soortgelijk onderzoek onderworpen als tijdens de workshop gebeurd is en dan opnieuw bijgesteld. Aan het begin van het cursusjaar '91/'92

moet de lijst gereed zijn om aan het veld te worden aangeboden; waarschijnlijk in de vorm van een NVON-publicatie.

# Toetshulp

Werkgroep 15

*J. Hendricx & J. Zwarts*



Veel docenten hebben behoefte aan grote hoeveelheden opgaven waaruit ze proefwerken kunnen samenstellen. Het CITO heeft hierop ingespeeld door het ontwikkelen van grote opgavenverzamelingen en het computerprogramma Toetshulp.

Toetshulp stelt de docent in staat uit die grote verzamelingen opgaven (opgavenbanken genoemd) schriftelijk toetsen "op maat" samen te stellen, na te kijken en te analyseren. Het op maat samenstellen van toetsen wordt gewaarborgd door de docent volledig de vrije hand te geven in de selectie van opgaven voor een bepaalde toets. Bovendien kan de docent eigen opgaven aan de opgavenbank toevoegen en opgaven wijzigen of verwijderen.

Het samenstellen van een toets vindt plaats aan de hand van een beschrijving van de leerstof. De docent geeft aan over welke delen van de leerstof de toets moet worden samengesteld en daarna stelt Toetshulp een toets samen. De toets wordt vervolgens geprint, gekopieerd en aan de leerlingen uitgereikt. Na afname van de toets kunnen de leerlingantwoorden worden verwerkt. De antwoorden worden met behulp van het toetsenbord of een optische kaartlezer ingevoerd. Toetshulp analyseert de gegevens en drukt een aantal overzichten af.

In het vroege voorjaar van 1991 een Scheikundebank voor havo bovenbouw en een Natuurkundebank voor lbo-mavo c/d worden uitgegeven.

In de werkgroep kunt U uitgebreid kennis maken met Toetshulp. Aan de hand van instructiemateriaal zal systematisch een aantal functies van Toetshulp worden behandeld.

# Natuurkunde overal

Werkgroep 16

*P. Hogenbirk, A. de Jager &  
K. Walstra*



In deze werkgroep hebben we een aantal problemen geschetst die een auteursgroep ervaart bij het ontwikkelen/schrijven van een nieuwe leergang voor natuurkunde-onderwijs. Er is een keuze gemaakt voor vier vragen:

1. Hoe speel je in op veranderend natuurkunde-onderwijs?
2. Hoe maak je een methode concentrisch?
3. Hoe kies je contexten, die voor alle leerlingen zinvol zijn?
4. Hoe bouw je een vaardigheidslijn op?

## Veranderend natuurkunde-onderwijs

Was een aantal jaren geleden het bouwwerk van de fysica nog een vaststaand uitgangspunt voor ons onderwijs, nu zie je dat ook natuurkunde geordend in thema's in leerboeken wordt uitgewerkt. Er is een tijd geweest dat deze invalshoeken nogal tegenover elkaar stonden. Men gaf dat wel aan met de termen "schematisch" en "thematisch". Naar de mening van de auteurs van Natuurkunde Overal is synthese van beide benaderingen noodzakelijk.

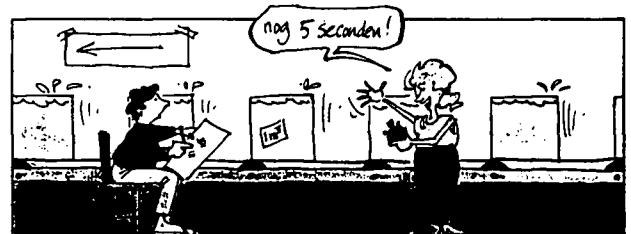
Een natuurkundige ordening is van belang om op een goede manier tot begripsontwikkeling te komen. Inzicht in elektriciteit ontwikkel je niet door te hooi en te gras in allerlei verschillende contexten wat proeven met elektriciteit te laten zien. Aan de andere kant functioneert het schoolvak natuurkunde naar onze mening alleen als het ook aansluit bij de dagelijkse beleving van leerlingen, waarbij overigens wel het nieuwe en verrassende gezocht moet worden.

De synthese lijkt ons mogelijk, hoewel het tegelijk een voortdurende strijd is. Er is de verleiding om op een schematische, relatief eenvoudige manier de natuurkunde-theorie aan de leerlingen voor te schotelen, maar tegelijkertijd weten we dat ze dan na hun schoolloopbaan met tegenzin aan "ons" vak terug zullen denken, als ze de opgedane kennis al ooit gebruiken. Aan de andere kant is het ook niet de bedoeling er een populair wetenschappelijk tv-programma van te maken. Een stevig fundament voor latere studie en mondig burgerschap moet gelegd worden.

## Concentriciteit

Vanuit het idee dat je "onze" moeilijke natuurkunde-begrippen langzaam moet opbouwen, besef je dat dat alleen

met een concentrische methode te realiseren is. Uw reactie: Dat zeggen ze allemaal, maar vaak zie je toch die grote blokken leerstof, die tamelijk los van elkaar staan. Concentrisch betekent dan ook naar onze mening dat je in elk leerjaar leerstof in een behoorlijke breedte aan de orde stelt, waarbij je iedere keer impliciet, maar duidelijk merkbaar voor de leerlingen teruggrijpt op eerdere ervaringen met het betreffende onderwerp.



Figuur 1 Het aantal  $m^3$  water dat in één minuut passeert.

Een voorbeeld is elektriciteitsonderwijs. We beginnen daarmee in de tweede klas door alleen naar elektrische stromen en elektrische energie te kijken. Dit in analogie met andere stromen en energiesoorten. In de derde klas wordt dit begrip uitgebreid naar spanning. Dat kan dan, omdat de bouwstenen aan de orde zijn geweest. In de vierde klas mavo wordt de elektriciteitsleer uitgewerkt naar examen-niveau. In het deel voor 4 havo worden in het hoofdstuk elektriciteit de wat moeilijker schakelingen behandeld. In het deel voor 4 vwo wordt elektriciteit vooral ingebed in de onderwerpen modellen en meet- en regelsystemen. Ook hier wordt in de delen voor de examenklassen de theorie afgemaakt naar het vereiste niveau.

## De keuze van contexten

Een van de redenen om goede contexten te kiezen is het streven naar een natuurkunde-onderwijs dat aantrekkelijker is voor meisjes en waarmee meer aandacht kan worden gegeven aan interculturele aspecten.

Een eerste vraag die zich hierbij opwerpt is in hoeverre je als methodeschrijver hieraan kunt bijdragen. Het gaat er



natuurlijk ook om hoe de methode door de docent gebruikt wordt in de lespraktijk.

Naar onze mening is Natuurkunde Overal een methode geworden die meisjesvriendelijk oogt. Met heel kleine dingen kun je dat al bereiken. Illustraties en naamgeving bijvoorbeeld. (Niet alleen maar Jannen en Pieten. Niet alleen maar "Een leerling onderzoekt..... Hij vindt...".)

Ook is in de contextkeuze geprobeerd meer aandacht te geven aan historische en culturele aspecten. Vrijwel elk hoofdstuk kent historische contexten en een literaire context zoals hieronder (bij de wet van Archimedes) zal -qua type- in weinig andere methodes voorkomen.

---

### Opwaartse kracht

\*....Isaac stond al uren op het achterdek naar de nachtelijke zee te staren. Op een gegeven moment zag Isaac een lichtje een lichtje in de verte een bruuske zwenking maken. Toen het lichtje alsmat dichterbij kwam was Isaac tot de slotsom gekomen, dat dit geen schip kon zijn ....Een schip met alleen één heklicht aan? Toen het merkwaardig voertuig tot op een afstand van 200 vadem genaderd was, zag Isaac dat het een brommer was.....

"Hoe is het mogelijk dat u op het water kan rijden? vroeg Isaac verbaasd. "Dat is een kwestie van oefenen. Ik ben begonnen met een speld plat op het water te leggen. Als je dat heel voorzichtig doet blijft hij drijven. Op de lange duur nam ik steeds zwaarder voorwerpen. Het was mij tenslotte om mijn brommer te doen en tenslotte reed ik mijn eerste schamele rondjes over de stadsvijver. Nu rijd ik over de hele wereld. Ik kom nergens aan land maar omdat ik af en toe eten moet rijd ik vaak naar een schip.....

(uit: Brommer op zee-Verhalen in de bovenkooi- Maarten Biesheuvel)

---

Verder is geprobeerd zoveel mogelijk het praktisch gebruik van de schoolnatuurkunde aan te geven. Dit streven vindt haar weerslag in het practicum (bijvoorbeeld elektrische apparaten in huis) maar ook in paragrafen over beroepen (bijv: tandartsassistente, verpleger bij het onderwerp radio-activiteit).

Een vraag die zich hierbij opwerpt (en waar wij geen antwoord op hebben) is in hoeverre je met je methode rolbevestigend of juist roldoorbrekend bezig bent en zou moeten zijn. Door hier en daar zonder nadruk jongens én meisjes in elkaars situaties te plaatsen, naast de meer op specifieke interesses afgestemde voorbeelden, denken wij dat Natuurkunde Overal een meisjesvriendelijker methode is geworden, zonder de jongens tekort te doen.

Echter: Het bedenken van nieuwe onderwerpen, contexten kost veel tijd, creativiteit en energie. Wij zijn er dan ook van overtuigd dat er nog veel meer mogelijk is. Zo is Natuurkunde Overal geen methode geworden die dramatisch meer aandacht besteedt aan interculturele aspecten. Natuurlijk zijn er enkele contexten met een niet-westerse achtergrond. En natuurlijk hebben wij ook in dit opzicht bewust voor wat niet-Nederlandse namen gekozen. Er is terdege nagedacht over in hoeverre illustraties de natuurkunde beeldend kun-

nen uitleggen, voor kinderen die meer visueel zijn ingesteld. De illustraties zijn vaak niet alleen "illustraties", maar ook functionele onderdelen van het leerproces. Ook het taalgebruik is eenvoudig gehouden. Er is gelet op lengte van zinnen.

Misschien had je verder kunnen komen. Maar je wordt dan geconfronteerd met -voor ons- onoplosbare vragen zoals bijvoorbeeld:

- Wat voor andere contexten je zou kunnen gebruiken? Het raadplegen van niet-westerse methodes heeft ons wat dat betreft niet verder gebracht. Ook in natuurkunde methodes uit de 3<sup>e</sup> Wereld worden westerse contexten gebruikt.
- Wat voor soorten contexten zijn herkenbaar voor 2<sup>e</sup> generatie allochtone leerlingen?

### Van Practicum- naar onderzoeksvaardigheid

"Zeg nu even snel wat we leren moeten!" Een bekende wens voor een examen, een proefwerk? Misschien is het wel zo eenvoudig: je zet de "theorie" op een rijtje... Maar hoe zit dat met vaardigheden, die je al doende leert? Hoe gaat het met een vak waarbij je verwacht wordt een onderzoeksvraag te kunnen formuleren, te kunnen meten en te kunnen rapporteren over een (gegeven) hypothese? Om maar een paar stukjes WEN te citeren. Leer je dat even en snel, zo als het uitkomt?

Over de experimentele kant van een vak als Natuurkunde bestaan veel meningen. Helaas zijn er praktische beperkingen. Lokalen en zo. Het is de docent die het hem doet. Of: Moeten leerlingen het zelf doen? Hoe kijken wij daar als auteurs van Natuurkunde Overal tegenaan?

In het deel voor de tweede klassen, deel 2MHV, wordt het vak geïntroduceerd door een breed overzicht te geven. Maar vooral wordt dan al in beginsel duidelijk hoe het vak werkt: wat is de rol van de nieuwsgierigheid, het waarnemen, de conclusie. Op kleine schaal illustreert het experiment dan ook de natuurkundige theorie. De leerlingen kunnen zelf op hun niveau en binnen het natuurlijk beperkte kader iets ervaren. Hierin versterken de 'natuurwetenschappelijke werkwijze' en gekozen didactische vormgeving van een methode elkaar. Regelmatig kan dan ook de betekenis van het antwoord van een onderzoeksvraag voor de 'theorie' benadrukt worden. De conclusies worden echter steeds ook als samenvatting gegeven.

Maar het experiment in Natuurkunde Overal functioneert in dubbele betekenis. Hoewel het nieuwsgierigheidsaspect en de rol van het experiment in het leerproces essentieel blijft, is het uitvoeren van experimenten -en in ruimere zin het doen van onderzoek- ook doel op zichzelf. Dat wordt in de volgende delen doorgezet en uitgebouwd. Eventueel kunnen de leerlingen van de gegeven tips voor andersoortige verslaggeving gebruik laten maken. Achter in 3HV vindt U een 'repetierend hoofdstuk', opgezet aan de hand van de plaats van de natuurkunde in diverse beroepen.

De delen voor de bovenbouw van Natuurkunde Overal kunnen qua inhoud los van die van de onderbouw gebruikt worden. In de delen voor 4 havo en 4 vwo kan aandacht besteed worden aan hoofdstukken die "Vergelijkend onderzoek", "Onderzoek opzetten" en "Bronnenonderzoek" heten, waarbij het om meer gaat dan proeven doen. Het zelf

opzetten van een experiment en het kritisch bekijken en vergelijken van informatie over natuurkundige onderwerpen zijn vaardigheden die in het nieuwe examenprogramma zijn opgenomen. Voor het vwo ook een aanzet om via de suggesties in 5V tot een zinvol eigen, "open onderzoek" te komen.



figuur 2 Experimenteer nooit zelf met spanningen op je spieren. Laat dat over aan een deskundige!

De theorie én het experiment samen vormen het doel. Het is de 'natuurwetenschappelijke werkwijze', die steeds terugkomt, afhankelijk van het onderwerp in meer of mindere mate, en steeds rekening houdend met de bekende praktische beperkingen. Op die manier kan practicumvaardigheid in de loop van de jaren uitgebouwd worden tot onderzoeksvaardigheid.

# Invoering nieuwe WEN-programma's

Werkgroep 17

*F. Jansens & J. Tromp*



De leden van de WEN-invoeringscommissie ervaren te vaak dat 'men' niet weet wat de commissie zoal doet en welke rol zij speelt. Een reden om daar, als eerste poot onder onze werkgroep, wat meer duidelijkheid in te brengen. Als tweede poot is informatie gegeven over ervaring van de voorloopscholen met het geven van fysische informatica (eerste ronde: "technische automatisering").

De invoeringscommissie bestaat uit drie leden (A. Snater vz, J. Tromp-van Dijk en W.G.F. Jansens coördinator) en twee adviseurs (P. Guthman insp. en H. Joosten CITO). In het 'WEN-centered'-wereldbeeld bevindt ze zich in het midden van een web van wisselwerkingslijnen. Referentiepunt is het 'veld'. De docent moet immers kunnen werken met het nieuwe programma. Het veld wordt geïnformeerd via het Maandblad, Uitleg, kringbijeenkomsten, conferenties en de telefoon.

Een belangrijke taak voor de invoeringscommissie is het begeleiden van de voorloopscholen, zowel op technisch niveau (regeling faciliteiten) als op programma-inhoudelijke niveau. De werkzaamheden in het Project Bovenbouw natuurkunde (PBN) worden kritisch gevolgd, enerzijds via een zetel in de begeleidingscommissie, anderzijds door contact te houden met de verschillende werkgroepen om er voor te waken dat de PBN-producten waar mogelijk afgestemd worden op de eisen die het nieuwe programma aan ons oplegt. Die waakfunctie manifesteert zich ook in contacten met enkele universitaire afdelingen vakdidactiek, bijvoorbeeld met die van de Universiteit van Amsterdam, waar de belangrijkste ontwikkeling op het gebied van de (school-)fysische informatica plaats vindt. In de nabije toekomst start een project gericht op de universiteiten en hbo-instellingen om informatie te verschaffen aan de schrijvers van eerste-jaars curricula, met het doel om de kloof tussen voortgezet onderwijs en tertiair onderwijs niet nog groter te laten worden. Met het CITO is uitvoerig contact over toetsaangelegenheden. Het ligt in de bedoeling dat er in het najaar van 1991 een bundel met 'typische WEN-opgaven' verschijnt. Een co-productie van invoeringscommissie en CITO. Met de CEVO-natuurkunde wordt o.a. contact onderhouden betreffende de interpretatie van de nieuwe programma's. Met de inspectie is voortdurend overleg over allerlei aangelegenheden. Inspecteur Guthman is onlangs de heer Smit opgevolgd als adviseur van de invoeringscommissie. Ook bij de opzet van de nascholing etc. Met de inspectie is voortdurend overleg over allerlei aangelegenheden. Inspecteur Guthman is onlangs de heer Smit opgevolgd als adviseur van de invoeringscommissie. Ook bij de opzet van de nascholing voor fysische informatica en biofysica is de invoeringscommissie nauw betrokken geweest. Met het NVON-bestuur is overleg, o.a. over de formule-afdeling in toekomstige tabellenboeken. Tenslotte de auteurs. De invoeringscommissie heeft reeds enkele jaren geleden een aantal bijeenkomsten georganiseerd voor auteurs en uitgevers om van gedachten te wisselen over de interpretatie van een aantal onderdelen van het nieuwe programma. Ook nu nog is er overleg met individuele auteurs.

Een belangrijke klus waar de WEN zich op dit moment mee bezig houdt, is het formuleren van een voorstel om de effecten van de gesignaleerde overladenheid van het VWO-programma te reduceren

#### **Ervaringen voorloopscholen, o.a. met fysische informatica**

Van de ervaringen die op de voorloopscholen zijn opgedaan, zijn er een paar vermeldenswaardig:

- Nu er voor de tweede keer in de vierde klas volgens het nieuwe programma wordt lesgegeven, is er duidelijk minder tijdgebrek.
- Let erop dat de geschrapte leerstof niet werkt als valkuil. Je bent zo makkelijk geneigd om de oude stof er toch nog 'even' bij te behandelen.
- Een goede tijdsplanning is van zeer groot nut. Hou ook bij waar je af bent gaan wijken. Dat is voor het volgend jaar nuttig.
- Probeer het de eerste keer niet al te goed te willen doen.

De voorloopscholen hebben hun eerste ronde fysische informatica behandeld volgens het (Amsterdamse) boekje 'Technische Automatisering'.

Samengevat is er in de workshop gesproken over de volgende zaken (meestal persoonlijke ervaringen):

#### **Vorbereiding**

- nascholing
- zelfstudie
- overleg op school met de TOA
- testen van de apparatuur in schoolomstandigheden
- lesplanning maken

#### **De lessen**

- voor iedere leerling een boek, aantekenschrift, apart practicum-schrift (gebruikt als een soort logboek)
- tien systeemborden op 28 leerlingen (werkte goed)
- aandacht nodig voor de samenstelling en de werkverdeling binnen de groepjes
- de practica moeten afgewisseld worden met theorielessen
- de laatste les is gebruikt als een vrije keuzeles
- proefwerk + indruk practicum-schrift leveren het eindcijfer

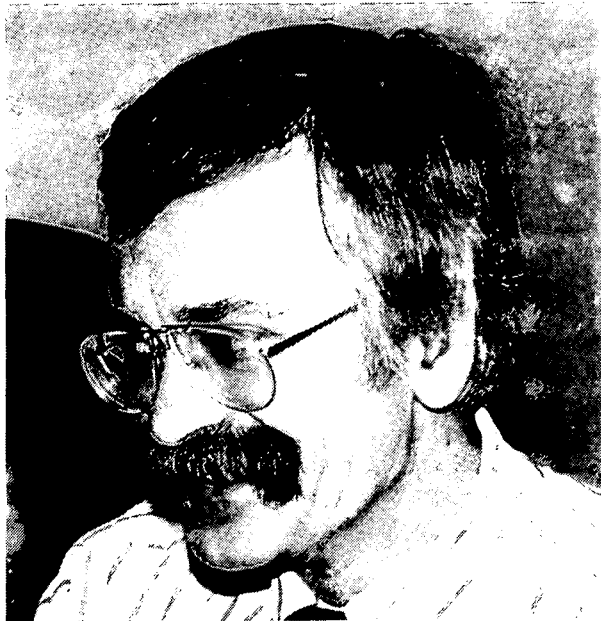
#### **Ervaringen**

- het is de eerste keer zeer intensief werk
- de TOA is onmisbaar
- je moet wennen aan de andere manier van lesgeven
- de systeemborden zijn leerlingproof en -vriendelijk
- mijn practicumtafels zijn te klein voor de vele spullen
- er zijn minimaal twee 220 V aansluitingen nodig per tafel
- er is altijd wel ergens iets niet in orde
- het nakijken van de practicum-schriften is nuttig, o.a. om de vorderingen bij te houden
- de computer komt in de eerste ronde niet veel aan bod
- de stuurtaal 'ligt nog moeilijk', de meesten kwamen er niet aan toe of konden er weinig aandacht aan besteden
- soms valt een blokkade te overwegen

# Examenvragen in context

Werkgroep 18

## *Hans Joosten, Cito*



Traditioneel is het onderwijs in de natuurwetenschappen sterk disciplinegericht, dat wil zeggen gericht op het vak als academische wetenschap of gericht op het vervolgonderwijs waarin dat vak een belangrijke rol speelt.

De laatste tijd echter is in het denken over onderwijs een nieuwe ontwikkeling gaande. Twee belangrijke aspecten daarbij zijn:

1. Het geleerde moet nu en/of later toepasbaar zijn in het dagelijks leven.

Verder wordt het aanbrengen van attitudes, bijv. milieubesef, belangrijk gevonden.

2. De leerstof moet de leerlingen aanspreken.

Ik heb voor het CITO zitting in de Werkgroep Eindexamens Natuurkunde (WEN).

De WEN heeft in dec.'88 haar eindrapport overhandigd aan de toenmalige Staatssecretaris Mevr. Ginjaar-Maas. Naast een andere leerstoflijst bevat dit examenprogramma ook een andere kijk op het onderwijs. Dit blijkt uit de geformuleerde doelstellingen en uit het opnemen van een kolom contextbegrippen in de leerstoflijst. Bij de doelstellingen lezen we tot dan toe niet uitgesproken doelen zoals:

- het hanteren van argumenten voor en tegen/het innemen van een standpunt
- kritisch vergelijken van informatie uit verschillende bronnen
- hypothesen kunnen stellen
- kennis aan derden kunnen overdragen

Doordat gelijktijdig ook bij biologie en scheikunde aan een nieuw examen-programma werd gewerkt, en ook daar waaide die wind om leerlingen meer omgevingswereldvriendelijke wetenschap bij te brengen, zagen wij op het CITO in dat bij zo'n veranderende aanpak ook andere soorten examenvragen horen.

Zo werd eind 1988 de werkgroep NACO (=Natuurwetensch. in COntext) opgericht.

Dit project heeft als doel in te spelen op die huidige trend.

Het project kent verschillende fasen.

### **Fasering van het project**

Het project heeft een looptijd van 3 jaar. Tijdens de planning van de te verrichten werkzaamheden zijn de volgende fasen onderscheiden:

#### **Fase 1: oriëntatie**

Deze fase heeft tot doel zicht te krijgen op de ontwikkelingen op het gebied van het functioneler maken van het onderwijs in natuurwetenschappelijke vakken in Nederland en in het buitenland.

#### **Fase 2: ontwikkelen van vraagvormen en contextmodellen.**

Het doel van het project is voorbeelden van examenvragen te ontwikkelen die aansluiten bij de huidige tendens om het onderwijs in natuurwetenschappelijke vakken meer rekening te laten houden met de bruikbaarheid van het geleerde in het dagelijks leven. Deze doelstelling brengt met zich mee dat nagegaan moet worden welke vraagvormen, vaardigheden en contexten hierbij aansluiten. Deze fase heeft tot doel dergelijke nieuwe vraagvormen, vaardigheden en contextmodellen te ontwikkelen.

#### **Fase 3: constructie**

In deze fase zullen externe medewerkers uitgaande van de door leden van het project ontwikkelde vraagvormen, vaardigheden en contextmodellen, onder begeleiding van leden van het project, voorbeeldvragen construeren. Deze voorbeeldvragen zullen voorgelegd worden aan deskundigen en leerlingen.

#### **Fase 4: proefafname**

In deze fase wordt informatie verzameld over toetstechnische kwaliteiten van de ontwikkelde vragen. Tevens wordt naar de mening van de docenten gevraagd.

#### **Fase 5: verslag**

Tijdens deze fase wordt verslag gedaan van de verrichte activiteiten door middel van publikaties. Ook worden lezingen en eventueel studiebijeenkomsten georganiseerd om

belangstellenden en betrokkenen te informeren over het ontwikkelwerk.

Toelichting fasen:

Fase 1:

We hebben eerst gekeken waar al ontwikkelingen aan de gang waren. Dat was in Nederland bij PLON en in Engeland bij de GCSE-examens. Duidelijk werd dat de nieuwe doelstellingen tot (deels) nieuwe vraagvormen zouden leiden. Nieuwe vraagvormen in die zin, dat er een aantal maatschappelijke vaardigheden getoetst moeten worden. De gedachte hierachter is, dat deze nieuwe vraagvormen (context-vragen) leerlingen als het ware tijdens het examen plaatsen in een levensechte situatie waarin ze hun vakkennis moeten inzetten om een probleem op te lossen dat nu of later ook in de werkelijkheid zich aan hen zou voor kunnen doen.

Fase 2:

In deze fase zijn een aantal vaardigheden en thema's geformuleerd.

Voor een overzicht van de vaardigheden zie bijlage 1.

Fase 3:

Men hanteerde bij de constructiefase een matrix met langs de horizontale as de eerder genoemde vaardigheden en verticaal zette men thema's uit. Elke vraag werd dus geclassificeerd naar deze twee dimensies. Daarnaast kreeg elke vraag nog een label 'niveau', 'leerstof' en 'gedrag'.

Fase 4:

We zijn nu met ons project bijna in deze fase. In het voorjaar '91 worden opgaven afgenomen op scholen. Daar moet dan blijken of leerlingen en leraren overweg kunnen met deze toch andersoortige vragen.

Bij die afname hoort uiteraard ook een uitgebreide enquête. Ik wil nu in deze werkgroep ook een kans aangrijpen om met jullie van gedachten te wisselen over deze vernieuwing.

Enige opmerkingen die voortgekomen zijn uit de discussies in de werkgroep:

1. Men is blij dat het CITO zich met deze materie bezighoudt en is zeer belangstellend.
2. Men hoopt dat men op het CITO inziet dat deze nieuwe vaardigheden voor leerlingen en leraren volkomen nieuw zijn en dat er een proces op gang moet komen om deze vragen/vaardigheden geleidelijk in het veld te implementeren.
3. Alle vragen moeten in ruime mate bij leerlingen gepretest worden.
4. Er moet veel aandacht besteed worden aan de antwoordmodellen.
5. Gebruik niet te lange zinnen in teksten voor Mavo-leerlingen.
6. Het verband CONTEXT - TEKST moet altijd sterk zijn, anders is de opgave slecht.

Over de vergrote claim op LEESvaardigheid: Kun je dan nog natuurkunde bedrijven zonder teksten te lezen? Nee toch. Daar is men niet bang voor. Hoewel er altijd leerlingen zijn die eerst een aangeboden tekst zo grondig bestuderen dat ze wellicht bij meerdere van deze vragen in tijdnood geraken.

Over de vergrote claim op SCHRIJFvaardigheid: men is in twee groepen verdeeld. De vervolgopleiders klagen dat eerste jaars studenten geen verslag kunnen schrijven. Dus voor hen mag die vaardigheid er wel beter in komen. Maar na een discussie wordt het: graag meer schrijfvaardigheid trainen, maar voornamelijk toetsen op het S.O.

Bijlage 1. Overzicht vaardigheden

categorie	vraagvorm	omschrijving	voorbeeld
T	tekstanalyse	Het gebruiken van vakinhoudelijke kennis en vaardigheden om verschillende vormen van tekstuele informatie te verwerken.	Beantwoord n.a.v. dit tijdschrift-artikel, deze wervingsadvertentie, gebruiksaanwijzing of bijsluiter de volgende vragen.
S	argumenten hanteren	Het geven van aan de vakdiscipline ontleende argumenten voor en/of tegen een standpunt c.q. het aangeven of gegeven onderbouwingen voor een standpunt valide zijn.	Geef twee argumenten ter ondersteuning van deze stelling en twee argumenten tegen deze stelling.  Geef één argument voor je keuze.
W	werkplan opstellen	Het stapsgewijs beschrijven van handelingen waarmee met gebruikmaking van vakinhoudelijke kennis en vaardigheden, op een natuurwetenschappelijke wijze, praktische problemen op te lossen zijn.	Geef aan welke metingen achtereenvolgens verricht moeten worden, voordat men het rendement kan gaan berekenen.  Beschrijf stapsgewijs de uit te voeren handelingen.
C	contextbepaling (toepassing aangeven)	Het noemen of beschrijven van een alledaagse situatie of maatschappelijke context, waarbinnen een gegeven vakinhoud functioneert/wordt toegepast.	Waar komt magnetisme in huis voor?
O	overdracht van kennis/communicatie	Het overdragen van informatie die met behulp van vakinhoudelijke kennis in een bepaalde sector is verworven.	Schrijf een ingezonden brief naar een krant; een stukje voor de schoolkrant of houdt een spreekbeurt.
K	kennis over context	Het beantwoorden van vragen over contexten die in het ex.progr. genoemd worden.	Geef een korte beschrijving van de werking van de kamerthermostaat.

# Hoe kan natuurwetenschap op school relevanter voor meisjes én jongens: McClintock strategieën voor gebruik in de klas

Werkgroep 19

*J. Klaus, E. van Swieten & M. Man in 't Veld*



Deze werkgroep maakt deel uit van het speciale programma "Natuurkunde voor meisjes én jongens", dat verder bestaat uit de werkgroepen W1 W3, W5 en de lezingen van Dr. D. Jorde en van drs R. Hablé.

Naar aanleiding van de lezing van Dr. D. Jorde, Oslo University,

Er zijn belemmeringen voor leerlingen, nog afgezien van hun capaciteiten, om met succes een vak als natuurkunde te leren. Dat kan bijvoorbeeld te maken hebben met de geringe relevantie van de natuurkunde op school voor hun leven en hun dagelijkse omgeving of met de fundamentele moeilijkheid van abstracte begrippen. Wij als leerkrachten zullen manieren moeten vinden om daar iets aan te doen.

Wat bijvoorbeeld?

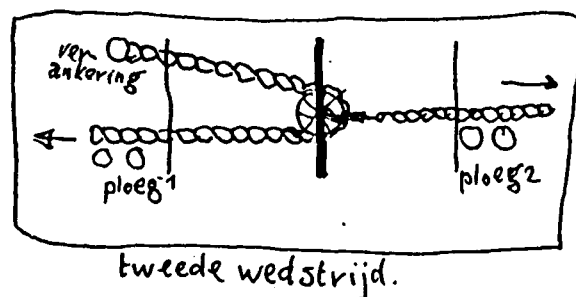
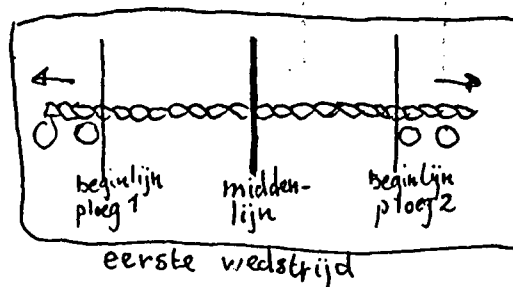
Tijdens deze bijeenkomst hebben we twee werkvormen gepresenteerd om iets te laten zien van McClintock strategieën in de praktijk. Deze strategieën zijn er op gericht om het begrip te bevorderen van zowel meisjes als jongens en hun voldoening te vergroten over wetenschappelijke ideeën en processen. Deze aanpak van het onderwijs moedigt leerlingen aan ideeën uit te wisselen, vragen te bedenken, en elkaar te helpen om ideeën onder woorden te brengen en te verduidelijken. Samenwerking, groepswerk, actief betrokken zijn in een ondersteunende en plezierige sfeer zijn daarbij belangrijke kenmerken van de leeromgeving.

Voorbeeld 1: Wie niet sterk is moet slim zijn: een les over losse katrollen.

(Deze les is gemaakt voor leerlingen van een ZMOK-school (ZMOK = zeer moeilijk opvoedbare kinderen) door Jeroen en Erika tijdens hun stage voor hun opleiding tot natuurkundeleerkracht, welke zij inmiddels hebben afgerond.)

De les bestond uit drie delen: een inleiding, een praktisch deel en daarna theorie en een verwerkingsopdracht. De inleiding was een stripverhaaltje waarin twee sterke verhuizers drie dagen bezig zijn met het naar boven brengen van een brandkast. Het praktisch deel bestond uit een touwtrekwedstrijd (buiten). Eerst gebeurt dat op de gewone manier,

twee partijen en één touw. Daarna krijgt de verliezende partij het voordeel van een losse katrol, en wint!

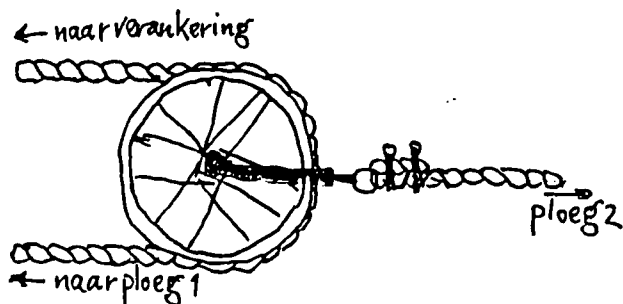


figuur 1

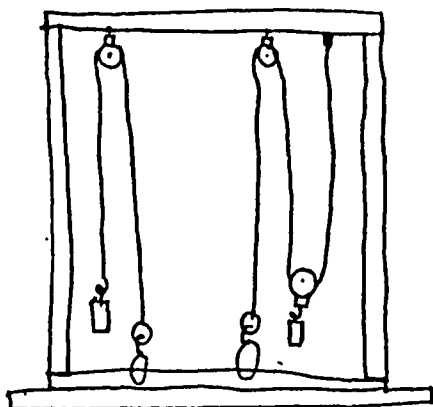
De nieuwe verliezer krijgt er één helper bij en de wedstrijd begint opnieuw. dat herhaalt zich net zo lang, totdat de verliezer weer winnaar is geworden. De leerlingen raken door deze wedstrijd waarbij de rollen (verliezer en winnaar) tweemaal omdraaien heel erg betrokken bij het onderwerp. Ze ervaren aan den lijve hoe een losse katrol werkt. Dat geeft mogelijkheden voor theorie. Tijdens het touwtrekken zien de leerlingen onmiddellijk dat het niet eerlijk is, maar kunnen niet goed benoemen waarom. Daar zijn ze wel nieuwsgierig naar. Als verwerking krijgen ze dan een opdracht om met behulp van getekende onderdelen, schaar en



lijm een constructie te maken waarmee zij een brandkast 3 verdiepingen hoger moeten brengen. Om uit te zoeken welke constructie het moet zijn kunnen ze bovendien gebruik maken van een katrollenraam.



figuur 2



figuur 3

Voorbeeld 2: Natuurwetenschap toepassen voor maatschappelijke doeleinden: Kan het echt? En mag het ook? (Het gepresenteerde lesmateriaal is een onderdeel van het SATIS-materiaal (SATIS = Science and Technology in Society), uitgegeven door de ASE (Association for Science Education) in Engeland. Dit materiaal omvat een serie van 100 lespakketten voor de onderbouw, die te gebruiken zijn als aanvulling op bestaande methoden in de natuurkunde, biologie, scheikunde en techniek lessen. Op voorstel van Doris Jorde die wegens ziekte zelf niet bij deze werkgroep aanwezig was, presenteerde Magda een voorbeeld van dit lesmateriaal.)

Dit lespakket gaat over een aantal voorstellen om natuurwetenschap toe te passen in de vorm van nieuwe technologieën. Niet al deze nieuwe ideeën zijn mogelijk. En soms komt een nieuwe technologie binnen ons handbereik, waarvan we bij nader inzien wellicht geen gebruik willen maken. De leerlingen moeten bij deze activiteit hun kennis leren gebruiken om in te schatten of nieuwe technologische ontwikkelingen haalbaar zijn en op grond van hun eigen opvattingen beoordelen of deze wenselijk zijn. Leerlingen bediscussieren daarbij in kleine groepjes zowel hun kennis als hun mening over de genoemde onderwerpen.

Het materiaal bestaat uit een leerlingentekst met drie meerkeuze vragen:

- A. Is het mogelijk (in dagelijks leven, in het laboratorium, in theorie, niet)?
- B. Hoe zeker ben je van antwoord A (zeker, vrij zeker, onzeker, gegokt)?
- C. Is het wenselijk (moet wel in praktijk gebracht worden, hangt af van de afweging van voor- en nadelen, moet niet in praktijk gebracht worden)?

De antwoorden op de 42 vragen kunnen ingevuld worden op een speciale antwoordenlijst.

Tijdens de bijeenkomst namen we de eerste tien suggesties van de lijst met nieuwe ontwikkelingen en werkten hieraan in groepjes van twee. Al gauw ontstond er levendige discussies. Hieronder volgen een aantal aansprekende voorbeelden van de voorstellen uit de gehele lijst:

4. Een auto door middel van zonlicht van energie voorzien.
5. Een chemische stof bedenken waardoor je niet dronken wordt, hoeveel je ook drinkt.
7. Straling gebruiken om voedsel te steriliseren, zodat het niet bederft.
12. Recyclen van 90 % van de aluminium die we gebruiken.
22. Dokters vervangen door computers.
28. Een diepvrieskast maken die niet op elektriciteit werkt.
33. De gemiddelde dosis straling die mensen dagelijks oplopen halveren.
35. Een geneesmiddel maken tegen AIDS.

Wie meer wil weten over het besproken materiaal kan bij de Werkgroep Vrouwen en Natuurwetenschappen een informatiepakketje aanvragen (adres zie NVON-maandblad). Het lesmateriaal waarover het gaat, is ook rechtstreeks of via de boekhandel te bestellen:

1. "Getting into Gear" Gender Inclusive Teaching Strategies in Science, developed by the McClintock Collective. Te bestellen door US\$ 25,- te sturen naar The McClintock Collective, Hawthorne Professional Development Centre, 11 Patersonstreet, Hawthorne, Vic, 3122, Australia (ISBN 0 642 53293 1).
2. "Science & Technology in Society" (SATIS). 10 books of 10 resource units each and a General Guide for Teachers (Per boek £ 5,-). Intended for GCSE syllabuses (d.w.z. onderbouw voortgezet onderwijs). Editor: John Holman. Te bestellen bij The Association for Science Education, Colledge Lane, Hatfield, Herts AL10 9AA. (ISBN 0 86357 044 5).
3. Zeer recent is er serie voor de bovenbouw verschenen van het SATIS-project (SATIS 16-19, intended for post-16 syllabuses) eveneens te bestellen bij de ASE.

# Natuur- en scheikunde in de basisvorming

Werkgroep 20

*R.J. de Kievit, SLO*



## **Basisvorming**

Het ziet er naar uit dat de basisvorming er aan gaat komen. Sinds het verschijnen van het WRR-rapport over de basisvorming zijn inmiddels al weer vier jaar verstreken. De politieke discussie gaat vooral over de positie van het mavo en lbo, over de vorming van brede scholengemeenschappen en over de relatie tussen de vrijheid van onderwijs en landelijk voorgeschreven eindtermen (inmiddels omgedoopt tot kerndoelen). Door die schier eindeloze discussie over de eerste fase van ons voortgezet onderwijs is langzamerhand onduidelijk geworden wat er nu wel en niet staat te gebeuren. Hoewel de Tweede Kamer (en de Eerste Kamer!) zich er nog over moet uitspreken - waarschijnlijk in het voorjaar van 1991, maar zeker is dat niet- is wel duidelijk dat basisvorming moet worden ingebouwd in de bestaande schoolstructuur. Er komt dus geen drie-jarige opleiding in heterogeen samengestelde klassen met dezelfde onderwijsinhoud. Of zoals E. Schussler (procesmanager basisvorming) in de Volkskrant van december het formuleerde: "basisvorming is een casco, geen van bovenaf opgelegd bouwpakket".

Door de nadruk in de landelijke discussie op vormgevingsaspecten dreigt de kerngedachte achter de invoering van de basisvorming op de achtergrond te raken. Die kerngedachte is dat het onderwijs in de eerste fase van het voortgezet onderwijs functioneler en beter bruikbaar voor alle leerlingen moet worden. Dat kan niet anders dan dat de inhoud van de vakken vernieuwd moet worden.

## **Kerndoelen**

Basisvorming mikt dus vooral op vernieuwing van de inhoud van 14 vakken, waaronder natuur- en scheikunde. Die vernieuwing komt tot uiting in kerndoelen. Het voorstel voor kerndoelen is in juni 1990 gepubliceerd onder de titel "Advies kerndoelen voor de basisvorming in basisonderwijs en voortgezet onderwijs". dit advies is opgesteld door de Commissie Herziening Eindtermen.

De voorgestelde kerndoelen zijn gebaseerd op de eerdere eindtermenadviezen uit 1989. De belangrijkste verschillen met de eindtermen zijn dat de kerndoelen geen aanduiding meer geven van een of ander niveau en globaler geformuleerd zijn.

Scholen moeten zelf voor de invulling zorgen. Zij kunnen daarbij steun krijgen van verzorgingsinstellingen zoals LPC, CITO en SLO.

De kerndoelen worden niet bij wet geregeld, maar bij Algemene Maatregel van Bestuur, net zoals de eindexamenprogramma's. Na een proefperiode volgt bijstelling. In tegenstelling tot de examenprogramma's vindt er geen centrale afsluiting plaats, dwz er komt geen landelijk schriftelijk eindexamen.

Alle scholen hebben inmiddels het advies kerndoelen ontvangen (paarse boekje).

## **Kerndoelen voor natuur- en scheikunde**

De kerndoelen voor natuur- en scheikunde verschillen nauwelijks van de laatste versie van de eindtermen van juli 1989 van de eindtermencommissie natuur- en scheikunde. Er zijn twee veranderingen: de eindtermen hoger niveau zijn weggelaten, evenals de toelichting.

De kerndoelen bestaan uit 'algemene doelstellingen', vaardigheden(7) en 7 leerstof domeinen over de volgende onderwerpen:

- stoffen en materialen in huis
- elektrische energie in huis
- verbranden en verwarmen
- licht en beeld
- geluid horen en maken
- krachten en veiligheid
- bouw van de materie

Er zijn in totaal 17 kerndoelen geformuleerd, die weer bestaan uit verschillende onderdelen. In de kerndoelen zijn contexten opgenomen, zoals bijvoorbeeld in kerndoel 8, waar staat:

"(de leerlingen) kunnen) de werking van warmte-isolerende maatregelen verklaren, gebruikmakend van de begrippen stroming en geleiding"

## **Verschillen met examenprogramma C/D-niveau**

Het opvallendste verschil met het meest direct aansluitende examenprogramma(C/D-niveau) is de ordening in wat wel

genoemd wordt contextgebieden. Natuur- en scheikundige leerstof wordt daarmee verdeeld over onderwerpen uit het dagelijks leven, maar dan wel zo dat er samenhangende gehelen van natuur- en scheikundige leerstof in zijn ondergebracht. Naast contexten uit het dagelijkse leven zijn ook contexten uit de beroepspraktijk opgenomen.

Een tweede belangrijke verschil is dat er in de basisvorming een programma is voor natuur- en scheikunde, waarmee een goede aansluiting tussen leerstof uit beide vakken bewerkstelligd is. Bestaande overlap tussen natuurkunde en scheikunde in de onderbouw (stoffen, verwarmen, atoom en molekuultheorie) is op die manier vermeden.

Verder valt op dat vaardigheden een belangrijke plaats innemen. Het gaat dan niet alleen om het uitvoeren van experimenten, maar ook om vaardigheden als meningsvorming en gebruik van de computer bij gegevensverwerking en het inzichtelijk maken van processen.

Een laatste belangrijke verschil met het examenprogramma C/D is de grotere aandacht voor milieu-zaken.

Maar wellicht de belangrijkste verandering is dat nu alle leerlingen van 12-15 jaar kennis zullen maken met natuur- en scheikunde. Dat gegeven alleen al betekent dat een programma moet worden samengesteld dat bruikbaar is voor de brede groep leerlingen. En dat meer dan ooit rekening moet worden gehouden met de leerlingen die geen natuurkunde in het vervolgonderwijs kiezen. (In de huidige situatie kiest tweederde van de leerlingen geen natuurkunde; in het vwo is dat ongeveer de helft)

#### **Invoering natuur- en scheikunde**

Dat basisvorming voor natuur- en scheikunde niet zo maar kan worden ingevoerd ligt voor de hand. De reden daarvan is niet alleen een inhoudelijke. Er liggen ook andere problemen, waar een oplossing voor gevonden moet worden.

Het eerste probleem is de aansluiting tussen de kerndoelen en het examenprogramma C/D-niveau. Hiervoor is al aangegeven dat er duidelijke inhoudelijke verschillen zijn tussen de kerndoelen en de omschrijving in het examenprogramma (contexten, vaardigheden).

Daarnaast speelt het probleem van de beschikbare tijd. In de adviestabel basisvorming gaat men uit van 5 uur voor natuur- en scheikunde, terwijl in mavo 6 uur voor beide vakken beschikbaar is en in havo/vwo gemiddeld 7 uur.

Daar komt nog bij dat het nieuwe natuurkunde-programma behoorlijk overladen is. De Commissie Herziening Eindtermen heeft dan ook geadviseerd om een werkgroep de opdracht te geven de omvang van het natuurkunde C/D-programma met 10% in te perken en het programma beter te laten aansluiten bij de kerndoelen.

Het tweede probleem is dat van de bevoegdheden. Daarover zijn nog geen eenduidige uitspraken gedaan. Duidelijk is wel dat er zo iets als een overgangsregeling zal komen, waarbij docenten bekwaam verklaard kunnen worden door het bevoegd gezag (en met goedkeuring van de inspectie) voor het geven van het vak natuur- en scheikunde. Uiteraard is het dan noodzakelijk dat nascholing gevolgd moet worden in het 'andere' vak.

#### **Vorbereiding van een sectie natuurkunde**

Basisvorming komt eraan, zo lijkt het. Wanneer is echter onzeker. Dat betekent niet dat een sectie natuurkunde op een school rustig af hoeft te wachten op wat te gebeuren staat. Voor diegenen die zich in dit stadium alvast willen

oriënteren volgen hier een paar aandachtspunten ten behoeve van deze voorbereiding:

- Neem als sectie natuurkunde kennis van de inhoud van de kerndoelen (het paarse boekje is op iedere school aanwezig)
- Vergelijk de inhoud van de kerndoelen met uw huidige natuurkunde-onderwijs in klas 2 en 3.
- Maak op basis van deze vergelijking een sterkte/zwakte analyse:

Het gaat daarbij om vragen als

- Wat doen wij al (practicum, contexten)? en in welke mate?
- Wat vinden wij belangrijk in het onderbouw natuurkunde-onderwijs?
- Wat voor vernieuwingen worden in de kerndoelen voorgesteld? Is daar al voorbeeld-materiaal voor?
- Betrek in de analyse ook uw scheikunde-collega's. Wat doet scheikunde in de derde klas? In hoeverre zijn er nu al afspraken te maken over behandeling van dezelfde leerstof (terminologie, volgorde)?

Met betrekking tot interessant voorbeeld-materiaal kan ik tenslotte verwijzen naar materiaal uit het Engelse Salters Science project van de Universiteit van York en naar materiaal dat ontwikkeld wordt in het SLO-project natuur- en scheikunde VO-I. In dit laatste project worden drie voorbeeld-lessenseries ontwikkeld over de onderwerpen 'reinigingsmiddelen en cosmetica', 'schakelingen' en 'verkeer en veiligheid'.

# Radioactiviteit in de onderbouw

Werkgroep 21

*K. Klaassen, W. Moerman & C. Janssen*



## Inleiding

LBO/MAVO-leraren noemen als problemen met de behandeling van het onderwerp radioactiviteit:

- het is heel moeilijk de vooroordelen van leerlingen over radioactiviteit te veranderen;
- het onderwerp is nogal abstract voor de leerlingen;
- het is een beperking dat bij dit onderwerp bijna geen gebruik gemaakt kan worden van (practicum)materiaal.

Met het eerste punt wordt bedoeld dat leerlingen ook voordat zij er les over krijgen al een heleboel over radioactiviteit weten, en dat zij daar nauwelijks van af te brengen zijn. Dit probleem doet zich zeker niet alleen voor bij LBO/MAVO-leerlingen.

Met het tweede punt wordt bedoeld dat bij het onderwerp radioactiviteit tamelijk abstracte zaken, zoals atoombouw en isotopen, aan de orde komen. Deze abstracte zaken blijken voor LBO/MAVO-leerlingen zeer moeilijk te zijn, maar ook voor veel leerlingen uit de onderbouw van het HAVO/VWO.

Wat betreft het laatste punt merken wij op dat er voor HAVO/VWO-scholen een rijdend 'ioniserende straling practicum' (ISP) bestaat. Het ISP doet echter slechts incidenteel LBO/MAVO-scholen aan. Bovendien zijn de proefjes in dat ISP afgestemd op het HAVO/VWO-examenprogramma, en zijn in het algemeen te diepgaand voor LBO/MAVO leerlingen. Bij enkele leermiddelenfabrikanten zijn setjes te koop met daarin een geigermüllerteller en enkele radioactieve bronnetjes. Voor het kopen van zulke setjes is tegenwoordig geen vergunning meer nodig. Het is ons echter opgevallen dat veel leraren niet weten wat zij met zo'n setje zouden moeten doen.

Wij doen hier enkele suggesties waardoor bovengenoemde problemen verminderd zouden kunnen worden. In plaats van te beginnen met een abstracte behandeling van het onderwerp, stellen wij voor eerst aan de hand van enkele simpele proefjes met radioactieve bronnetjes en een geigermüllerteller te proberen de bestaande 'vooroordelen' van leerlingen te veranderen. Volgens ons is deze aanpak

zowel op LBO/MAVO- als op HAVO/VWO-scholen de moeite waard.

## Dagelijks leven kennis over radioactiviteit

Door ervaringen uit het dagelijks leven hebben leerlingen een aantal inzichten verworven die voor hen vanzelfsprekend zijn geworden. Die inzichten noemen wij dagelijks leven kennis. Voor het onderwerp radioactiviteit zal die dagelijks leven kennis vooral ontstaan zijn door het verwerken van informatie uit kranten, televisie, radio, films, etcetera. In hoofdlijnen denken wij de dagelijks leven kennis over radioactiviteit te kunnen beschrijven door de volgende drie kenmerken:

- a. alles wat met 'straling' te maken heeft is gevaarlijk;
- b. gebruik van één ongedifferentieerd begrip 'straling';
- c. achterblijven of blijven hangen van 'straling' (behoud van 'straling').

### ad a

In het dagelijks leven, en ook door leerlingen, wordt radioactiviteit vooral in verband gebracht met gevaar. Deze notie van gevaar wordt nog versterkt door de media.

### ad b

Wanneer leerlingen (en leken) vertellen over iets dat volgens hen met radioactiviteit te maken heeft, doen zij dat vaak in termen van één ongedifferentieerd begrip 'straling'. Wij zetten 'straling' hier tussen aanhalingstekens omdat het iets anders is dan het natuurkundige begrip straling. Leerlingen gebruiken het woord "straling" bijvoorbeeld ook wanneer natuurkundigen "radioactieve stof" zouden zeggen. Met dat ene begrip 'straling' zijn mensen prima in staat voor zichzelf te begrijpen wat er aan de hand is. Bijvoorbeeld het ongeluk in Tsjernobyl: de 'straling' ontsnapte uit de kerncentrale; de wind blies de 'stralings'wolken in onze richting; met de regen kwam de 'straling' op groente en gras; koeien aten gras en kregen daardoor 'straling' in zich; door melk van die koeien te drinken of door verse groente te eten zouden wij ook 'straling' binnen krijgen; daarom werd toen afgeraden verse melk te drinken en verse groente te eten.

### ad c

Om voor zichzelf te kunnen begrijpen dat alles wat met radioactiviteit te maken heeft potentieel gevaarlijk is, geven mensen vaak aan dat 'straling' ergens in achterblijft of ergens blijft hangen. Zo geven veel leerlingen aan dat men geen bestraald voedsel moet eten omdat men dan 'straling' binnen krijgt. Sommige leerlingen zeggen dat de 'straling' wel achter móet blijven, omdat er nog jaren later effecten kunnen optreden. Ook vermelden sommige leerlingen expliciet dat iemand die teveel 'straling' ontvangen heeft daardoor zelf ook 'straling' uit gaat zenden. Dit komt dicht in de buurt bij wat in het dagelijks leven onder absorptie wordt verstaan. Bijvoorbeeld absorptie van water door een spons: in dat geval kun je de spons uitknijpen en dan komt het geabsorbeerde water er weer uit. Ook om te begrijpen dat alles wat met radioactiviteit te maken heeft gevaarlijk is, hebben leerlingen dus niet meer nodig dan één 'begrip' 'straling'. Een natuurkundige daarentegen maakt onderscheid tussen besmetting en bestraling, en zal alleen die voorwerpen gevaarlijk vinden die zelf radioactief materiaal hebben ontvangen.

Wij denken dat de genoemde drie kenmerken, die elkaar ondersteunen, belangrijke achtergronden zijn van de dagelijks leven kennis over radioactiviteit. Bovendien is het helemaal niet zo gek dat mensen tot die dagelijks leven kennis komen op grond van wat zij zoal horen en zien. Die kennis 'werkt' in het dagelijks leven: het stelt mensen in staat voor zichzelf te begrijpen wat er aan de hand is.

#### Wat moet er veranderen?

Volgens examenprogramma's moeten leerlingen tamelijk abstracte 'feiten' kennen als atoombouw, isotopen en halveringstijd. In ieder leerboek dat wij kennen begint de behandeling van radioactiviteit dan ook met een inleidend hoofdstuk over atoombouw. Dan komen isotopen aan de orde, wordt er uitgelegd waar de verschillende soorten straling uit bestaan, etcetera. Na enige oefening blijken leerlingen ook best wel in staat 'standaard'sommetjes te maken: over het aantal neutronen dat een bepaald isotoop bezit, over halveringstijd of over het verschillend doordringend vermogen van de verschillende soorten straling.

Aan de andere kant blijkt echter dat de dagelijks leven kennis waarmee leerlingen de klas in komen het onderwijs vaak overleeft. Wij kunnen dat o.a. illustreren aan de hand van een vragenlijst die wij in enkele MAVO-klassen hebben afgenomen. In de volgende tabel staan enkele resultaten.

Foutieve bewering	percentage correct beantwoord	
	eind klas 2	eind klas 3
Wanneer je bestraald bent met straling van een radioactieve stof raak je radioactief besmet.	9%	13%
Nadat een radioactieve bron uit een bestralingsruimte weggehaald is blijft nog een tijdje straling hangen.	5%	20%
Een radioactief atoom zendt geleidelijk aan steeds minder straling uit.	32%	7%

Radioactieve straling bestaat 0%34% uit radioactieve deeltjes.

In de eerste kolom staan (foutieve) beweringen. In de tweede en derde kolom staat aangegeven welk percentage van de leerlingen een correct antwoord geeft en dus aangeeft dat de beweringen foutief zijn. In de tweede kolom betreft het leerlingen aan het eind van de tweede klas, voordat het onderwerp radioactiviteit behandeld is. In de derde kolom gaat het om leerlingen aan het eind van de derde klas, vlak nadat zij les gehad hebben over het onderwerp. Het lijkt erop dat de leerlingen hun dagelijks leven kennis nauwelijks veranderd hebben. Deze situatie is niet uniek voor MAVO-leerlingen. Zelfs een flink percentage 6-VWO leerlingen met natuurkunde in het pakket blijft na het onderwijs terugvallen op dagelijks leven kennis.

Het lijkt er dus op dat er bij leerlingen twee gescheiden kennis-eilandjes zijn ontstaan die niets met elkaar te maken hebben: dagelijks leven kennis aan de ene kant en natuurkundige 'feiten'kennis aan de andere kant. Deze 'feiten'-kennis moet dan gebruikt worden in de natuurkundeles, terwijl de dagelijks leven kennis wordt gebruikt in het leven van alledag. In zo'n situatie zal de kennis die de leerlingen in de natuurkundelessen hebben opgedaan niet gaan functioneren in het dagelijks leven.

Wij achten het daarom raadzaam dat, voorafgaand aan de gebruikelijke behandeling van het onderwerp radioactiviteit (atoombouw, isotopen, halveringstijd, etc.), eerst expliciet geprobeerd wordt de dagelijks leven kennis van leerlingen te veranderen. Zo'n verandering is bijvoorbeeld dat leerlingen, vanuit hun idee dat alles wat met radioactiviteit te maken heeft gevaarlijk is, komen tot een onderscheiden gevaarbeleving van open bronnen, gesloten bronnen en röntgenbronnen. Dat je je tegen gesloten bronnen eenvoudig kunt beschermen door voldoende afstand te nemen. Dat open bronnen zelfs op grote afstand nog gevaarlijk zijn, omdat het radioactief materiaal daaruit over grote afstanden verspreid kan worden (zoals bij het ongeluk in Tsjernobyl). Dat röntgenbronnen alleen maar straling uitzenden als zij aan staan. Of dat leerlingen tot een onderscheiden gevaarbeleving van bestraalde en besmette voorwerpen komen. Bestraalde voorwerpen zijn niet gevaarlijk want zij zenden zelf geen straling uit. Besmette voorwerpen doen dat wel. Of dat leerlingen, vanuit hun idee dat 'straling' achterblijft of blijft hangen, komen tot het idee dat eenmaal uitgezonden straling vrij snel verdwenen is (niet meer meetbaar is), terwijl radioactief materiaal nog een tijdje achter kan blijven.

Nadat zo'n verandering van de oorspronkelijke dagelijks leven kennis heeft plaatsgevonden, zouden de leerlingen zelf leergierig kunnen worden naar dieper liggende verklaringen. Die verklaringen kunnen dan op 'deeltjes'-niveau gegeven worden. Zaken als atoombouw, isotopen en halveringstijd zouden dan niet zozeer een feitelijke waarde hebben, maar meer een verklarende waarde.

#### Voorbeelden

Wij denken dat bij het veranderen van de oorspronkelijke dagelijks leven kennis op eenvoudige wijze gebruik gemaakt kan worden van een aantal radioactieve bronnetjes en een geiger-müllerteller. Hieronder zullen wij daar een aantal voorbeelden van geven.

## Tsjernobyl

Wij hebben al aangegeven dat leerlingen vaak gebruik maken van één ongedifferentieerd begrip 'straling'. Daarmee kunnen zij bijvoorbeeld het ongeluk in Tsjernobyl begrijpen: in Nederland konden wij toen 'straling' meten, omdat die 'straling' kon ontsnappen en door de wind naar Nederland is geblazen; wij mochten toen geen spinazie eten, want daar was 'straling' in gekomen. Aan de hand van proefjes willen wij bereiken dat leerlingen dit begrip 'straling' gaan differentiëren in afzonderlijke begrippen radioactief materiaal en straling.

Voordat wij zulke proefjes gaan beschrijven, denken wij dat het nuttig is dat U als docent zichzelf eerst eens afvraagt welke proefondervindelijk feiten zo'n differentiatie noodzakelijk maken. Denkt U daarom eens na over de volgende vragen:

1. Waarom moet het zo zijn geweest dat bij het ongeluk in Tsjernobyl radioactief materiaal naar Nederland is gekomen?
  2. En waarom moet het zo zijn geweest dat er op en in de spinazie radioactief materiaal terecht is gekomen?
- Een bruikbaar antwoord op de eerste vraag lijkt ons: als er in Tsjernobyl alleen maar straling vrijgekomen was, dan had die nooit zo ver als Nederland kunnen reiken, ook al stond de wind in onze richting. En op de tweede vraag: als er alleen maar straling in de spinazie was gekomen, dus als de spinazie alleen maar bestraald was, dan hadden wij die spinazie best mogen eten; bestraalde spinazie zendt zelf immers geen straling uit, en er komt ook geen straling vrij als de spinazie bijvoorbeeld kapot gesneden wordt. Op basis van bovenstaande ideeën komen wij tot de volgende proefjes.

### Proef 1

1. Leg radioactief materiaal vóór in de klas en loop daar met een geigermüllerteller vandaan. Op een paar meter afstand zal de teller nauwelijks meer tikken, dus niet sneller tikken dan wanneer het radioactief materiaal er niet zou liggen.
2. Vraag de leerlingen zich voor te stellen dat het radioactief materiaal voor in de klas het radioactief materiaal is dat zich in een kerncentrale bevindt, mensen die op grote afstand wonen zullen daar geen last van hebben. Mensen die dichtbij wonen echter wel. Vraag de leerlingen hoe men ervoor zorgt dat ook de mensen die dichtbij wonen er geen last van hebben.
3. Uit ervaringen in de klas blijkt dat leerlingen zeggen dat om een kerncentrale dikke muren van lood en beton zitten.
4. Laat de leerlingen het radioactief materiaal dan inderdaad inpakken (in lood, staal, ijzer en/of bakstenen). Laat hen het zo inpakken dat ook dichtbij nauwelijks nog straling gemeten wordt. Noem het bouwsel van de leerlingen dan een 'kerncentrale'. Noch de omwonenden noch de mensen veraf hebben er nu last van.
5. Vertel dan dat er in 1986 een kerncentrale in Rusland (Tsjernobyl) stond, waar wij zelfs in Nederland (op meer dan 1500 km) last van hadden. Vraag de leerlingen hoe dat mogelijk was.
6. Uit ervaringen in de klas blijkt dat leerlingen dan dingen noemen als: de straling kon toen vrijkomen omdat de muren kapot waren; de straling is met de wind naar Nederland gewaaid.

7. Laat leerlingen deze suggesties uitvoeren. Laat hen dus bijvoorbeeld de muren weghalen of laat hen wind maken (blazen, ventilator). Stel vast dat de omwonenden er wel last van gaan krijgen als de muren kapot zijn, maar mensen in Nederland (achter in de klas) niet. Zelfs niet als de wind in de richting van Nederland staat, dus als leerlingen (met behulp van een ventilator) in de richting van de geigermüllerteller achter in de klas blazen.
8. Misschien zien de leerlingen dan nog niet meteen hoe het kan dat wij in Nederland van Tsjernobyl last hadden. Toch hebben zij al geleerd dat als er in Tsjernobyl alleen maar straling vrijgekomen was, dat die dan nooit zo ver als tot in Nederland had kunnen reiken, ook al stond de wind in onze richting.

### Proef 2

1. Vraag de leerlingen waarom wij na het ongeluk in Tsjernobyl geen spinazie mochten eten.
2. Uit ervaringen in de klas blijkt dat de leerlingen iets zullen zeggen als: daar zat straling in.
3. Vraag de leerlingen hoe zij kunnen laten zien dat iets waar straling in zit gevaarlijk is. Laat hen hun suggesties uitvoeren, bijvoorbeeld een appel bestralen door radioactief materiaal. Stel vast dat de appel daarna geen straling uitzendt, zelfs niet als hij bijvoorbeeld de hele nacht bestraald is of na bestraling in stukjes gesneden wordt.
4. Misschien zien de leerlingen dan nog niet meteen waarom wij geen spinazie mochten eten. Toch hebben zij al geleerd dat als de spinazie alleen maar bestraald was, wij die dan best hadden mogen eten.

### Achtergrond

Dat overal en altijd wel wat straling gemeten wordt (achtergrondstraling), kan aannemelijk gemaakt worden als blijkt dat ook in de klas de geigermüllerteller al iets tikt. Uit het volgende proefje kan blijken waar die straling vandaan komt, namelijk van radioactieve stoffen in de lucht.

### Proef 3

1. Bevestig een dun tissue met een elastiekje aan het uiteinde van een stofzuigerslang, en zet de stofzuiger voor ongeveer 5 min aan.
2. Meet ondertussen met een geigermüllerteller bij een ander tissue gedurende een minuut het aantal tikken. Herhaal dit een paar keer.
3. Meet dan gedurende een minuut bij het tissue dat aan de stofzuigerslang heeft gezeten. Houdt de teller daarbij tegen het tissue aan.

In sommige ruimtes (ruimtes die slecht geventileerd worden, kruipruimtes, ruimtes met gipsplaten) is het zeer waarschijnlijk dat bij het tissue dat aan de stofzuigerslang gezeten heeft meer tikken gemeten zullen worden. Als U deze proef uit wilt voeren, raden wij U aan dit van te voren uit te proberen om een geschikte ruimte uit te zoeken.

### Audiovisuele hulpmiddelen

Als een aardige videoband, die ook niet meteen op een abstract niveau het onderwerp radioactiviteit behandelt, noemen wij deel 4A van de in 1989 door de NOT uitgezonden televisieserie "Natuurkunde in de onderbouw".

Kees Klaassen & Wout Moerman: Vakgroep Natuurkunde-Didactiek, CDB, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht  
Chris Janssen: Niels Stensen College, Amerikalaan 17, 3526 VD Utrecht

# Verkeerseducatie in het voortgezet onderwijs

Werkgroep 22

*R. Knoppert*



In de nieuwe examenprogramma's nemen de contexten een belangrijke plaats in. Verkeerseducatie is een dergelijke context. Leraren zijn gewend hun eigen vak centraal te stellen. Laten we nu de context verkeer centraal stellen, zoals het ministerie van verkeer en waterstaat dit doet. Dit ministerie acht het gewenst dat niet alleen op de basisschool maar ook in het voortgezet onderwijs aandacht aan verkeerseducatie wordt besteed. Daar is alle reden voor.

Brugklassers voor het eerst naar de nieuwe school en het gebruik van de eerste bromfiets veroorzaken stijgingen in de ongevalsstatistieken. Enkele cijfers:

leeftijdsgroep	aantal verkeersslachtoffers per jaar
8 - 11 jaar	1400
12 - 15 jaar	3000
16 - 19 jaar	10000

Het ministerie heeft aan 'Kompaktgroep', een afdeling van het KPC, opdracht gegeven verkeerseducatie in de onderbouw bij de vakken natuurkunde, aardrijkskunde, biologie en techniek onder te brengen.

Om verkeerseducatie een vaste plaats in het onderwijs te geven, moet aan drie voorwaarden worden voldaan. Ten eerste: het examenprogramma moet verkeer als context vermelden. Dit is nu al het geval bij alle examenprogramma's voor natuurkunde: MAVO-LBO WEN, HAVO-VWO WEN en BAVO. Ten tweede: methodes dienen aandacht te besteden aan verkeerseducatie. In een aantal methodes is dit reeds het geval. Ten derde: docenten dienen overtuigd te zijn van het nut van verkeerseducatie. Op dit moment besteedt de kompaktgroep veel aandacht aan dit aspect.

Kompaktgroep zoekt op dit moment deelnemers voor de derde fase van een verkeerseducatie-project. Deze deelnemers worden verondersteld gedurende de tweede helft van dit schooljaar aan een drietal workshops deel te nemen (reiskostenvergoeding wordt verstrekt) en enkele lessen te besteden aan door kompaktgroep ontwikkeld lesmateriaal.

In dit lesmateriaal wordt natuurkunde behandeld in de context verkeer.

Waarom zou een docent meedoen? Via gedragsbeïnvloeding van zijn leerlingen levert hij een bijdrage aan de verkeersveiligheid. Maar ook: hij kan zijn natuurkundelessen verrijken met een context die zijn leerlingen aansprekt. Een voorbeeld: illustreer terugkaatsing vlakke spiegels bij door kinderen de "dode hoek" bij auto's vast te laten stellen. Docenten geïnteresseerd in deelname kunnen zich opgeven bij de werkgroepleider (04108-15044).

# Energie in klas 4: een alternatieve aanpak

Werkgroep 23

*P. Licht*



In het WEN vwo-examenprogramma voor natuurkunde worden minstens 13 verschillende energiesoorten genoemd, verspreid over zeven van de tien leerstofgebieden. Het examenprogramma nodigt beslist niet uit tot een integratieve aanpak van het energiebegrip, waardoor leerlingen meer inzicht kunnen krijgen in de verbanden tussen de verschillende leerstofgebieden. Daarmee krijgt het energiebegrip niet de centrale plaats die het naar mijn idee zou moeten hebben in het natuurkunde-onderwijs. Het lijkt nog steeds ondergeschikt aan het krachtbegrip, dat traditioneel binnen de dynamica altijd al de meeste aandacht voor zich opeist. Ik doe binnen deze werkgroep een voorstel voor een andere aanpak, waarin het energiebegrip juist mogelijkheden biedt om "bruggen te slaan" tussen de verschillende leerstofgebieden. Centraal in deze aanpak staat de volgende energievergelijking, die wordt toegepast op een gekozen systeem:

$$\Sigma U_{toevoer} - \Sigma U_{afvoer} = \Delta U_{inhoud}$$

Voor de ervaren natuurkundeleraar zal het even wennen zijn, want U bent nu éénmaal vertrouwd met een andere aanpak. Het enige dat ik kan zeggen is: probeer het eens en zie wat het teweegbrengt bij Uzelf en bij Uw leerlingen. Na een inleiding over deze nieuwe aanpak krijgt U gelegenheid kennis te nemen van lesmateriaal waarin deze aanpak is verwerkt<sup>1)</sup>. Vervolgens wil ik met de deelnemers van de werkgroep in discussie over de betekenis en de haalbaarheid van deze aanpak in de bovenbouw van havo en vwo.

<sup>1)</sup>. Het betreft hier blok 9 "Energie" uit de nieuwe bovenbouw methode "Natuurkunde in Blokken", zoals deze wordt geschreven door een schrijfgroep uit de Vereniging DBK-natuurkunde.



# Modelleren met de computer zonder computer

Werkgroep 24

*A. Moes*

Steeds meer leraren doen in de bovenbouw iets met dynamische modellen. Ze gebruiken daarbij een modelleerprogramma zoals DMS of NEMO. Werken met dynamische modellen geeft leerlingen de gelegenheid geleerde begrippen te oefenen en toe te passen. Daarnaast kan het leerlingen helpen een algemeen modelbegrip op te bouwen.

Je kunt dynamische modellen inzetten bij veel onderwerpen uit de bovenbouw-stof. Werken met modellen vormt dan een regelmatig terugkerende activiteit in je lessen. Willen leerlingen daarvan profijt hebben, dan moeten ze al iets weten over modellen, modelleren en modelleerprogramma's.

In deze werkgroep laat ik een opzet van een inleidende lessenserie voor 4 vwo zien. Daarin leren leerlingen méér dan de bediening van een programma en het maken van grafieken. Uitgangspunt van deze serie is dat leerlingen zelf met dynamische modellen problemen oplossen en dat ze nadenken over dit oplosproces. Voor zo'n serie zul je minstens acht lessen moeten uittrekken. Dat is nogal wat. Ik stel me voor dat we in de werkgroep de discussie op twee vragen toespitsen: wat zouden leerlingen in een inleidende lessenserie moeten leren om in de bovenbouw zinvol met dynamische modellen te werken? En: heb je daar zoveel lessen voor nodig?

N.B. Je zult in deze werkgroep niet zelf met een computer aan de slag gaan. Het is daarom wenselijk dat je al enige ervaring met een modelleerprogramma hebt.

# Metten met de Jacobsstaf

Werkgroep 25

*H. Mulder*



Hoeken worden gemeten door vanaf het eind van een staaf via de einden van een verschuifbaar dwarslatje naar twee punten te kijken.

Langs de lange staaf is een verdeling aangebracht in overeenstemming met het dwarslatje. Bij een vierkante doorsnede kunnen zo wel vier verdelingen door gaatjes of inkerlingen aangebracht worden.

Zo'n verdeling kan lineair zijn, bepaalde verhoudingen of graden aangeven. In de zeevaart ging het meestal om graden, vandaar de naam graadstok.

We beperkten ons tot een eenvoudig model dat geen rekenwerk of raadplegen van tabellen vereist.

De lange stok werd in delen van 10 cm verdeeld en de twee vizierspijkertjes op het dwarshout kwamen ook op 10 cm afstand.

## **De werking**

Een landmeter stelt de staf in op de 1:3 verhouding (zie tekening). Dan gaat hij zover achteruit dat hij de wal GF aan de overkant van de rivier, in volle breedte tussen de spijkertjes ziet. Dat lukt in positie A.

Vervolgens vergroot hij de gezichtshoek die hoort bij een 1:2 verhouding (dwarslatje 10 cm terug schuiven). Hij gaat dan zover naar voren dat hij weer F en G met de spijkertjes ziet samenvallen.

Het zal nu wel duidelijk zijn dat hij nu evenveel naar voren is gelopen als de wal breed is ofwel  $AB=GF$ .

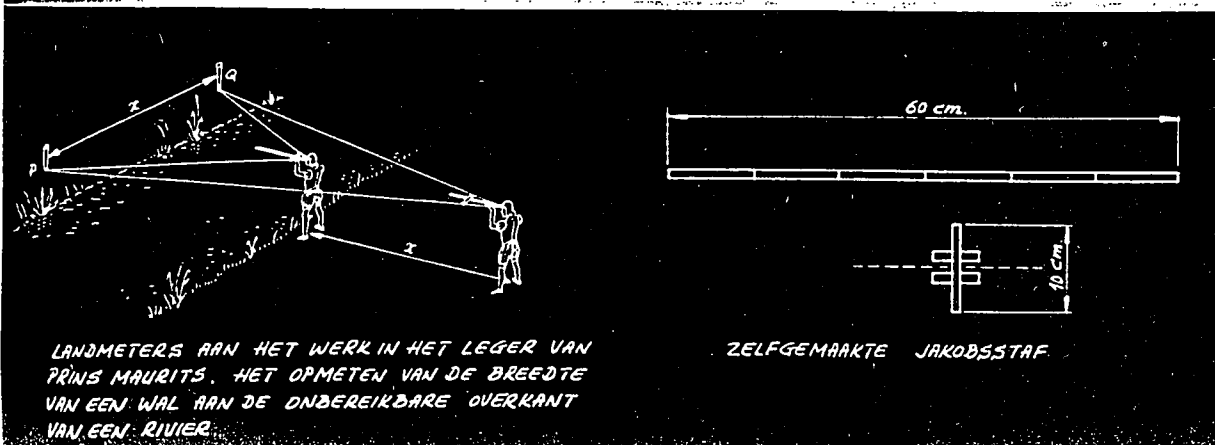
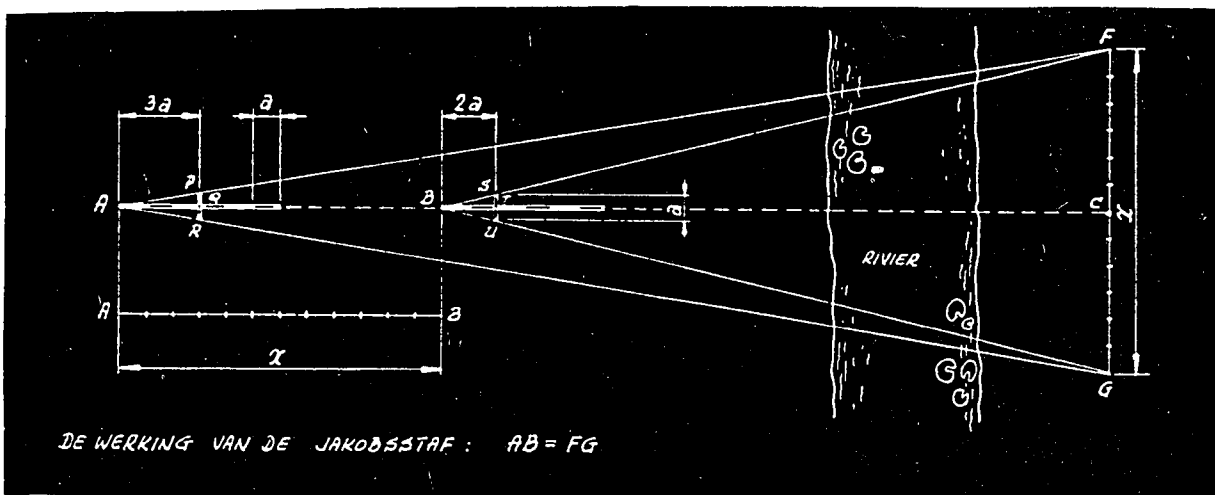
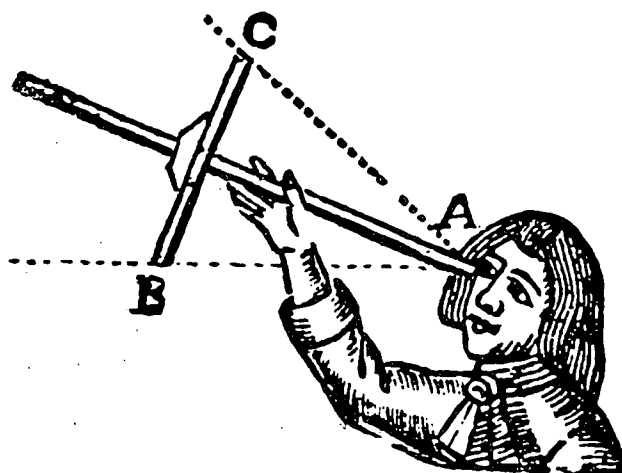
## **Metten**

Na een kwartiertje knutselen hadden de deelnemers ieder uit het aanwezige latmateriaal en met wat simpel gereedschap een jacobsstaf gemaakt.

In het lokaal was de aangegeven meting al meteen te verifiëren en daarmee de onnauwkeurigheid van het instrument te testen. De bedoeling was om daarna in groepjes naar buiten te gaan en de hoogte van de toren van de Leeuwenhorst te bepalen. Daarna was er nog tijd zelf andere opdrachten te bedenken en uit te voeren.

Al met al een prima activiteit voor de eigen leerlingen: een beetje historie, wat handwerk, een tikkeltje wiskunde en meten aan "onbereikbare" hoogten en breedten.

# meten met de jakobsstaf



# IP-COACH 3.0

Werkgroep 26

*C. Neuvel*



Het doel van IP-COACH is een software-omgeving voor de exacte vakken te creëren. Deze software moet frequent toepasbaar zijn door docenten en leerlingen. Dit betekende voor Didactiek Natuurkunde van de UvA dat zij de versies 1.0 en 2.0 zo moest aanpassen dat er een nieuwe modulaire structuur in het programma kwam.

- IP-COACH 3.0 is thans modulair van opzet. Dit maakt keuze uit en toevoegen van programma's mogelijk
- Via extra's of Proefmaker is de omgeving instelbaar naar de wensen van de docent.

In deze werkgroep worden achtergronden van IP-COACH besproken en een aantal toepassingen getoond. Er komen proeven aan bod waar vooral met de nieuwe elementen van IP-COACH gewerkt wordt.

# Een andere rol

Werkgroep 27

*J. van Rooijen*



Heterogene klassen kunnen docenten voor grote problemen stellen. In de afgelopen jaren zijn hiervoor diverse oplossingen aangedragen: differentiatie binnen klasseverband was één van die oplossingen waar veel van verwacht werd. In de huidige lespraktijk is hier echter niet veel van te zien; in veel heterogene klassen wordt overwegend homogeen lesgegeven, met alle nadelige gevolgen van dien.

Blijkbaar veronderstelt differentiatie binnen klasseverband bepaalde vaardigheden van de docent en van de leerlingen, vaardigheden die niet altijd (in voldoende mate) worden beheerst. De vaardigheden van de docent hebben betrekking op het management van de klas en overzicht van de manier van werken en leren van de leerlingen. De vaardigheden die leerlingen moeten beheersen, hebben betrekking op zelfstandig werken en zelfstandig leren.

Om bij de leerlingen deze vaardigheden tot ontwikkeling te brengen, moeten docenten een andere rol vervullen. In veel gevallen geven docenten de voorkeur aan het **voordoën** van vaardigheden. Binnen het APS-project "Alle leerlingen bij de les!" worden docenten getraind in een andere rol: niet alleen voordoën, maar **samen** met de leerlingen komen tot beheersing van de benodigde vaardigheden.

De workshop wil aan de hand van toelichtingen en korte opdrachten duidelijk maken waarom deze rol zo belangrijk is en hoe docenten deze rol kunnen vervullen.

# Basisvorming Natuur- en Scheikunde

Werkgroep 28

*J. Schipper*

Keuze, kans of kwelling?

Met de keuze basisvorming in te voeren is beoogd om alle Nederlanders de beginselen van natuur- en scheikunde bij te brengen.

Tot de basisvaardigheden wordt naast rekenen, lezen en schrijven nu ook vertrouwdheid met de kerndoelen natuur- en scheikunde gerekend.

Die algemene ontwikkeling moet de helft van de Nederlanders tot nu toe ontberen.

De inleider wil een beeld geven van de mogelijkheden en opgaven die invoering met zich meebrengt.

In de discussie komen vragen aan de orde als:

- hoe bereiken we die andere 50%
- voelt u zich daarvoor (mede-)verantwoordelijk
- wilt u het proces van invoering van basisvorming beïnvloeden?
- welke mogelijkheden heeft u daartoe?

# Het eventuele nut van cognitieve psychologie voor het structuren van natuurkunde-onderwijs

Werkgroep 29

*G. Schutte*



## **Inleiding**

Het menselijk brein is geen vat waarin op willekeurige wijze een enorme hoeveelheid ervaringen gegooid zijn. Het bevat een gestructureerd systeem van kennis met diverse relaties tussen de elementen en waarin elementen opgezocht kunnen worden. Het functioneren van die structuur, het ontstaan en veranderen ervan is van belang voor het ontwerpen en verbeteren van onderwijs. In dit stuk wordt het productie systeem model geschetst. Dit model geeft een beeld van het functioneren van die structuur en haar dynamiek. Ik wil hierbij overigens benadrukken dat de implementatie van ondergeschikt belang is. Als verschillende implementaties dezelfde input-output functie geven zijn ze gelijkwaardig en niet onderscheidbaar m.b.v. behavioral data. Met behulp van dit beschrijvende model kunnen we een verklaring vinden voor problemen in het onderwijs en voorspellingen doen over het effect van een bepaalde benadering. Dit model is dan ook zeer bruikbaar voor het opzetten van vakdidactisch onderzoek. Het zal zeker nog tijd en energie vergen om dit model te verbeteren en de specifieke natuurkundige kennis en problemen hierin in te passen, maar ik geloof zeker dat dit zijn vruchten af zal werpen. Met name op het gebied van begripsontwikkeling, probleem oplossende vaardigheden en de keuze contexten en experimenten kan het zeer nuttig zijn.

## **Begripsontwikkeling**

Het is niet voldoende om te "constateren" dat leerlingen bij begripsontwikkeling bepaalde stadia doorlopen. Om op een zinvolle manier, die verder gaat dan een trial-and-error methode, onderzoek te kunnen doen aan begripsontwikkeling moeten we proberen te ontdekken waarom ze die stadia doorlopen en wat die stadia eigenlijk weerspiegelen. Alleen dan kunnen we uitspraken doen over hoe het lesmateriaal optimaal gestructureerd zou kunnen worden en voorspellingen doen over het resultaat van een bepaalde methode. Het volgende zal hiertoe een aanzet zijn.

Als een systeem geconfronteerd wordt met een nieuw soort probleem zal het in eerste instantie proberen om dit probleem te vertalen naar bekende situaties. Het systeem zal proberen of bestaande producties het probleem kunnen

oplossen. In het oriënterend stadium zal een systeem kennis moeten maken met het domein van de nieuwe concepten om zo de geldigheid van analogieën en probleem oplossings methodes te kunnen beoordelen. Als op het terrein van de nieuwe concepten een nieuw probleem succesvol is opgelost ontstaan nieuwe producties die hun uiteindelijke procedurele vorm krijgen door gebruik. Deze productie hebben echter slechts betrekking op het specifieke probleem waarbij ze ontstaan zijn en een geringe transfer naar andere situaties. In dit stadium leert het systeem kennis gebruiken in concrete situaties.

Uit specifieke producties ontstaan meer algemene producties door generalisatie. De meer specifieke producties zullen echter in bekende situaties voorrang krijgen boven de algemene. In nieuwe situaties zal het gedrag echter wel gaan veranderen. De zwakke algemene producties zullen in eerste instantie het probleem oplossend gedrag in de nieuwe situatie gaan sturen. Een effect hiervan is het sterker worden van deze producties en het verbeteren ervan. Zo kan het systeem in een 'theoretisch' stadium komen. Het tempo waarin en of het systeem dit stadium bereikt hangt af van de geschiedenis van het systeem, de ervaringen met (de sterkte van) algemene producties. Een probleem is dat specifieke producties in bekende situaties voorrang krijgen, dus het systeem zal in bekende situaties de neiging hebben om concrete kennis te blijven gebruiken.

Uit onderzoek is bekend dat abstracte logische redeneer vaardigheden maar een beperkte transfer hebben. De vraag is of het mogelijk is om leerlingen een redeneer vaardigheid bij te brengen die ze op het gebied van natuurkunde kennis kan helpen om (sneller) algemene producties te produceren en versterken, of te wel het theoretisch stadium te bereiken. Daarvoor zal een analyse nodig zijn van de karakteristieke eigenschappen van 'theoretische' natuurkundige producties. Daarnaast zal onderzocht moeten worden welke probleem oplossings methode(s) tot het ontstaan van dergelijke producties leiden.

## **Probleem oplossende vaardigheden**

Om probleem oplossende vaardigheden te kunnen verbeteren moeten we inzicht hebben in hoe kennis geactiveerd

wordt en hoe oplossings methodes tot stand komen en gekozen worden. Alleen dan kunnen we goede voorschriften produceren aan de hand waarvan leerlingen hun probleem oplossende vaardigheden zullen verbeteren en kunnen we voorspellingen doen t.a.v. het effect hiervan.

Het productie systeem model geeft duidelijk aan hoe retrieval processen verlopen en wat hierbij belangrijke factoren zijn. Er wordt een duidelijk beeld geschetst van het declaratief geheugen en van activering van kennis.

Nieuwe problemen worden door z.g. weak methodes aangepakt. Aan de hand van goede oplossingen worden producties geproduceerd die nieuwe meer specifieke methodes implementeren. Het gaat bij natuurkundige problemen meestal om bepaalde soorten

problemen. Door de oplossingen van een groot aantal representatieve problemen te analyseren tot op productie niveau, d.w.z. uit te schrijven in producties, kunnen algemene producties geformuleerd worden die de belangrijkste probleem oplossings methodes implementeren. Vaardigheid in het gebruik van die methodes zal ontwikkelen door het gebruik ervan, dus door de leerlingen goed gekozen voorbeelden te laten oplossen. Deze zijn m.b.v. de geformuleerde algemene producties gemakkelijk te genereren. Daarbij moet de methode versterkt worden door de leerlingen de effectiviteit ten opzichte van andere methodes te laten ondervinden. Hiervoor zijn de door mij geformuleerde onderwijsstrategieën geschikt.

Het is mogelijk om de leerstof te analyseren op productie niveau om zo de relatieve belangrijkheid van de diverse concepten te bepalen. Op deze wijze kunnen we ontdekken welke concepten meer benadrukt moeten worden en welke relaties tot andere concepten het belangrijkste zijn. Dit heeft betrekking op het aanleren van declaratieve kennis

### Contexten en experimenten

Om de rol van contexten en experimenten te begrijpen moeten we inzicht hebben in transfer van kennis en de rol van analogieën.

Als een systeem nieuwe kennis leert gebruiken hebben de producties die ontstaan betrekking op die specifieke situatie waarin ze ontstaan. Transfer zal optreden naar problemen met dezelfde karakteristieken. In een dergelijk stadium zal de rol van een experiment zich vaak beperken tot het produceren van dergelijke specifieke producties, en hetzelfde geldt voor de rol van de context. Willen we bereiken dat leerlingen in veel verschillende situaties met bepaalde kennis uit de voeten kunnen dan zullen we ze oefeningen moeten laten maken met veel verschillende contexten. Dit zal echter resulteren in veel zwakke specifieke producties die moeilijk zullen kunnen concurreren met eventueel aanwezige naïeve producties. Een voordeel zou echter kunnen zijn dat veel zwakke specifieke producties leiden tot het ontstaan van relatief sterker algemene producties. Het hangt hierbij dus sterk van het onderwerp af hoe hier mee om te gaan. Bij mechanica zou het gebruik van veel verschillende contexten een negatief effect hebben: a) de leerlingen bouwen een zwak schoolbeeld op en zullen slechter zijn in het oplossen van de traditionele natuurkunde vraagstukken; b) in de straat-beeld contexten maken de zwakke nieuwe productie helemaal geen schijn van kans en de naïeve kennis zal de baas blijven.

### Conclusies

Ik heb hierboven een aantal aanzet gegeven tot het formuleren van verklaringen vanuit het beschrijvende model voor een drietal onderwerpen. Dit zijn zeer ruwe aanzetten en er zal nog veel over nagedacht moeten worden voordat ze volledig zijn. Maar ze illustreren wel het potentieel van een dergelijke theorie.

Veel voorspellingen en verklaringen die we uit het productie systeem model halen, zullen vaak vrij voor de hand liggend lijken en vaak zal gezegd worden dat daar geen beschrijvend model voor nodig is. Maar er zijn een reeks van triviaal lijkende voorspellingen en verklaringen van verschijnselen te geven die onjuist zullen blijken te zijn. Een van de voordelen van het gebruik van een productie systeem model is dat we alleen het andere deel van die voorspellingen en verklaringen vinden. Juist bij de knelpunten in het onderwijs zal intuïtieve kennis vaak te kort blijken te schieten en op misconcepties gebaseerd lijken te zijn. Het zijn die knelpunten waar het vakdidactisch onderzoek zich op richt en daar kan een beschrijvend model aangeven in welke richting oplossingen gezocht moeten worden en hoe nieuw onderzoek op te zetten.

Een ander kritiek punt is dat een productie systeem model de mens als een computer ziet en geen rekening houdt met emotionele aspecten. In de eerste plaats is het de bedoeling om een beschrijvend model te formuleren dat ons in staat stelt om algemene voorschriften te formuleren voor het construeren van lesmateriaal en het opzetten van onderzoek. Emotionele factoren zullen daarbij bepaalde effecten versterken of verzwakken en zullen bij de constructie van lesmateriaal en het opzetten en de evaluatie van onderzoek zeker een rol moeten spelen, maar dit doet niets af aan de waarde van de beschrijving van de leermechanismen in de menselijke hersenen die het productie systeem model geeft. Daarnaast houdt de rationele analyse wel rekening met emotionele factoren in het algemeen, zoals het vertrouwen in een bepaalde methode op basis van ervaringen uit het verleden.

Het belangrijkste punt voor mij is dat een beschrijvend model onontbeerlijk is om fatsoenlijk onderzoek op te zetten. Je moet voorspellingen kunnen doen en onderzoek opzetten om die te kunnen verifiëren. Daarbij moet je je variabelen en hun samenhang kunnen definiëren en de zuiverheid van je onderzoek kunnen bepalen.

Ten aanzien van mijn eigen onderzoek naar mogelijkheden tot het overwinnen van onjuiste naïeve denkbeelden bij mechanica lijken de verklaring en aanwijzingen die het productie systeem model geeft niet zo spectaculair. Het beschrijvende model stelt mij echter wel in staat om een duidelijke verklaring te geven voor het bestaan en met name de hardnekkigheid van dergelijke onjuiste naïeve denkbeelden en met name ten aanzien van de competitie van kennis en de draagwijdte van voorbeelden zijn de aanwijzingen niet onbelangrijk. Daarnaast ben ik in staat om met behulp van dit beschrijvende model voorwaarden te formuleren waaraan voldaan moet worden om hardnekkige naïeve denkbeelden te overwinnen.

Al met al lijkt dit tot de conclusie dat de competitie tussen de nieuwe natuurkunde kennis en de oude naïeve kennis t.a.v. mechanica een oneerlijke en vrij kansloze is. Het te verwachten effect van een lesmethode die zo'n 80 lesuren groot is, dus ook het door mij geschreven verdiepingsblok mechanica, zal gering zijn. Door in dit verdiepingsblok de



nadruk te leggen op een aantal centrale begrippen is wel enig effect ten aanzien van die begrippen te verwachten. Ik verwacht dat de door mij geformuleerde strategieën om onjuiste naïeve kennis te overwinnen voor andere gebieden waar de naïeve kennis minder hardnekkig is zoals elektriciteit, optica, trillingen en golven, en kernfysica effectief zal zijn.

#### Referenties

- Anderson, J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*; Harvard University Press.
- Anderson, J.R. (1987). *Skill acquisition: Compilation of weak-methode problem solutions*. *Psychological Review*, 94, 192-210.
- Anderson, J.R. (1989). *A Theory of the Origins of Human Knowledge*. *Artificial Intelligence*, 40, 313-351.
- Anderson, J.R. (1990). *The Adaptive Character of Thought*; Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. & Thagard, P.R. (1986). *Induction. Processes of Inference, Learning, and Discovery*. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.
- Rosenbloom, P.S., & Newell, A. (1986). *The chunking of goal hierarchies: A generalized model of practice*. In R.S. Michalski, J.G. Carbonell, & T.M. Mitchell (Eds.), *Machine Learning* (Vol. II, pp. 247-288). Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- Schutte, G.J.W. *Wrong naive notions in mechanics; an attempt to deal with them in the classroom*. (in voorbereiding)
- Singley, K., & Anderson, J.R. (1989). *The transfer of cognitive skills*. Cambridge, MA: Harvard Press

# Sterrenkunde in/buiten de les

Werkgroep 30

*Hans Snoek & Herman Vunderink*



Toen de komeet Halley van december 1985 - maart 1986 de aarde passeerde werd bij ons op school door de toa, enkele natuurkundedocenten en enkele leerlingen een werkgroep opgericht met het project Halley als gevolg. Dat vond na dat schooljaar zijn beslag in de leerstof van de diverse klasselagen, met name in 5 VWO.

Daarnaast leidde het echter ook tot een project over astronomie in heel 5 VWO in de projectweek in mei. In deze week wordt voor iedere klasselaag een project georganiseerd en in dat kader draait 'Project Ruimte' in 5 VWO in de lopende cursus reeds voor de vierde maal.

Alhoewel ik persoonlijk liever een project georganiseerd had dat werkelijk wortelt in een aantal secties (natuurkunde, geschiedenis klassieke talen, en eventueel wiskunde, scheikunde en biologie) en dat zich dan ook afspeelt in de reguliere lessen, heb ik toch maar de kans gegrepen de astronomie te propageren voor B en A leerlingen.

Zo werkten de 150 leerlingen vorig cursusjaar het volgende 4 daagse programma af.

## **Dag 1**

Op de eerste dag is het informatie geblazen. De dag wordt geopend met een plenaire lezing door Govert Schilling. Deze wetenschapsjournalist van de Volkskrant, en medewerker van het Planetarium te Artis, is als geen ander in staat in gewone woorden boeiend over wetenschap en, in dit geval, over het nut van de astronomie te praten. Daarna volgt een roulatieprogramma, waarin enkele oud-leerlingen het woord voeren + films en/of dia's, over de evolutie van het heelal (sterrenkunde student), en over de kunst van het vliegen (student TUD Lucht en Ruimtevaart-techniek).

Ook is het Reizend Planetarium een onderdeel van het programma. Dit bestaat uit een opblaasbaar heelal waarin de eigenaar met een projector een boeiende voorstelling geeft over het zonnestelsel en de nachtelijke sterrenhemel.

Dit Reizend Planetarium kan door elke school worden gehuurd, kost per gehele schooldag f495,=, en de spreker kan op werkelijk ieder niveau een boeiend verhaal houden. Zowel bejaarden als kleuters zijn zeer enthousiast gebleken. Verder zijn op die dag nog een of meerdere JWG-leden actief. De JWG is de Jongeren Werkgroep Astronomie, deze zetelt bij de Stichting de Koepel in Utrecht en heeft enkele honderden meer of minder actieve leden. O.a. Govert Schilling komt uit de JWG.

Bekend zijn de sterrenkampen bij een amateurastronoom in Puimichel in Frankrijk waar gebruik mag worden gemaakt van een 1 meter spiegelkijker en een onverminderd heldere hemel.

De informatieve morgen wordt vervolgd met de sportmiddag.

## **Dag 2 en dag 3**

Op die twee dagen volgen de werkgroepen. Al enige tijd daarvoor hebben de leerlingen gekozen voor een van de ongeveer 10 werkgroepen. Hierbij geldt voor elk wat wils, als het onderwerp maar enige aansluiting heeft bij het projectonderwerp 'Ruimte'. Zo kan gekozen worden uit de typische B-onderwerpen als Estec, Sterrenkijken, Weerkunde, Ruimtevaart en Vliegen, maar ook uit onderwerpen als Kunst, Astrologie, Redactie, Museologie en Holografie. Bij iedere activiteit hoort een uitstapje op fietsafstand in de Bollenstreek en verder verdeelt iedere leraar-begeleider zijn groepje van 12 leerlingen in een 5-tal deelgroepjes die een bepaald deelonderwerp voor hun rekening nemen waarover straks verslag dient te worden gedaan, zowel mondeling tijdens een presentatie op vrijdagmorgen als ook schriftelijk (op de 2de dag), waaruit na het project een projectboek ontstaat.

Bij de werkgroep Astrologie brengt men een bezoek aan de Academie voor Natuurgeneeswijzen in Bloemendaal, alwaar het vak Astrologie gedoceerd wordt!

Een twijfelachtig initiatief voor een zichzelf respecterende middelbare school, maar een zeer gewaardeerd alternatief onderwerp van een werkgroep. Het zijn overigens nagenoeg alleen maar meisjes die in dit onderwerp geïnteresseerd zijn.

#### 4de dag

Op de laatste dag is eerst een mondelinge presentatie in een groot klasseverband waarin ieder deelgroepje vertelt over zijn bevindingen.

Na de pauze volgt de slotexcursie.

De leerlingen kunnen daarbij kiezen uit een bezoek aan het Planetarium bij Artis (+afsluitend aapjeskijken), het Aviodome bij Schiphol en een excursie naar de faculteit Luchtvaart en Ruimtevaartkunde aan de TUDelft, alwaar een gevarieerd programma wacht waarin algemene studievoorlichting een bezoek aan de materialenhal (delen van vliegtuigen van allerlei soort en leeftijd, voor de studenten bedoeld als studieobjecten) en afsluitend een opwindende vlucht in de vluchtnabootser waarover de Faculteit beschikt. Sinds deze excursie bestaat is het aantal Lissese studenten aan deze Faculteit van de TUD ernstig toegenomen.

#### Budget

Op het Fioretti College worden de 'Projecten' vertroeteld. Er is dan ook een redelijk budget beschikbaar. Bij Project Ruimte is ongeveer  $150 \times f27,50 = f4200,-$  beschikbaar en daaraan hebben we niet genoeg. Aan het project nemen voorts zo'n 15 leraren en 5 oud leerlingen aan de organisatie deel, en verder een 5-tal buitenstaanders.

#### Stichting de Koepel/open sterrenkijkdagen

Een soms tweemaal per jaar organiseert de stichting de zogenaamde open sterrenkijkdagen. Een aantal planetaria, volkssterrenwachten, amateurkijkers en scholen stelt zich dan open voor bezoekers. De dagen worden zo georganiseerd dat er een aantal interessante kijkobjecten zijn, maar i.v.m. het vaak slechte weer, een alternatief programma aan te bevelen. Op Teletekst verschijnen t.z.t. de adressen van de diverse waarnemingsposten. Ook onze school doet daaraan mee hoewel de kijkomstandigheden minimaal genoemd mogen worden.

Maar via dit soort activiteiten hoopt de sectie natuurkunde op den duur de beschikking te krijgen over een heus planetarium, waarin dan ook allerlei practicalessen zoals fotografie kunnen worden georganiseerd.

De Stichting geeft het blad Zenit uit waarop de sectie Natuurkunde uiteraard is geabonneerd. Het inlegblad van Zenit geeft informatie over de sterrenhemel van de maand en is een wonder van redactionele schrijf- en tekenkunst. Van de maand December 1990 krijgt U een exemplaar van de Stichting de Koepel aangeboden, met de complimenten.

#### De toekomst

Aan onze school gaan wij door met de astronomie. Het nieuwe programma wijst ook meer in die richting door de met zoveel woorden genoemde contexten. (Planeten, de Maan, Vallende sterren!, Kometen enz.). Wel dienen wij ons ernstig te beraden over de omvang van ons astronomiestencil. Het nieuwe programma voor het VWO is namelijk zwaar overladen en biedt maar weinig ruimte voor de 'ruimte'.

## ASTRONOMIE IN 5-VWO

In 1985 was de komeet van Halley eventjes en zwakjes zichtbaar. De komst van de komeet was aanleiding voor de natuurkundesectie om een komeetprojectje op te zetten. Aan alle secties op school werd gevraagd om in alle klasselagen iets aan een astronomisch onderwerp te doen, al was het maar in een enkele les.

Het resultaat was, dat enkele talen aandacht hebben besteed aan verhalen, waarin sterren of kometen een belangrijke rol spelen. De sectie klassieke talen maakte er veel werk van:

natuurlijk werd ingegaan op Griekse mythologie, waarin de naamgevers van onze planeten een prominente rol spelen, maar men besteedde aan de hand van Herodotos ook aandacht aan tijdrekening in de oudheid en zelfs heeft men een poging tot vertaling van enkele stukken van Aristoteles gedaan.

Aardrijkskunde zette in samenwerking met natuurkunde een lessenserie over klimaat en de aardbaan rond de zon op. Scheikunde boog zich over chemische processen in dampkringen. Alleen economie kon de komeet niet in lessen onderbrengen.

De natuurkundesectie zelf besteedde in de tweede klassen aandacht aan de schijn gestalten van de maan, in de derde klassen aandacht aan de beweging van de aarde rond de zon en de gevolgen voor onze waarneming van de zon.

In 5-VWO heeft de natuurkundesectie een aantal interessante aspecten van astronomie op een rijtje gezet en samengevoegd tot een lessenserie astronomie. De sectie bestond toentertijd uit 4 docenten. Elke docent heeft een hoofdstuk voor zijn rekening genomen. Zo ontstond een lessenserie rond:

- 1 planeetbanen
- 2 hoe zien wij sterren
- 3 de maan
- 4 tijdrekening en coördinatenstelsels

In 1985 hebben we deze serie voor het eerst gedraaid. Omdat het toen nog een beetje projectachtig opgezet was, hebben we geen toetsing gedaan. In de daaropvolgende jaren wel. Voorbeelden daarvan vindt u in het stencil. Een hoogtepunt van het project in 1985 was wel het practicum. We konden een zelfgebouwde Newton-telescoop lenen van een amateur-astronoom. Met deze kijker konden leerlingen naar Jupiter, Mars en de Maan kijken. Daarnaast werd een practicum sterrenbeeldherkenning gedaan. In onvermijdelijke wachtpauzes konden leerlingen kijken naar een videoband met afleveringen van het programma Poolshoogte door Gerard Bodifié van de BRT.

Gesterkt door het succes van dit practicum hebben we de school gevraagd om te investeren in wat betere faciliteiten. De school is niet onwelwillend maar stelt geen geld ter beschikking.

Hoe komen we aan ons programma?

Hoewel astrofysica een keuzegroep in het VWO-examen is, wilden we het niet in die vorm doen.

Kijken naar het examenprogramma, dat wil zeggen het onderdeel "Bouw van het heelal" biedt ook geen soelaas. Laten we het oude en nieuwe examenprogramma eens nauwkeurig bekijken (zie overzicht).

## Overzicht van oude en nieuwe examenleerstof

o = oude programma  
t = WEN-theorie  
c = WEN-context

1	gravitatie-wet gravitatie-energie ontsnappingsnelheid massabepaling van dubbelsterren	o t o t o c o	} mechanica
2	planeten, manen, ringen, kunstmanen massabepaling van zon (en planeten met manen) kometen en vallende sterren	o t o c t	} mechanica
3	straling, thermische straling, stralingsenergie temperatuurbepaling uit stralingskrommen verschuivingswet van Wien ( $\lambda_m T = \text{constant}$ ) absorptielijnen stralingskromme van zwart lichaam en ster	o t o c t c c	} atoomfysica
4	gravitatiecontractatie ontstaan van elementen ontstaan van ster uit gaswolk levenscyclus van ster (geen HR-diagram) sterrenhopen zwart gat, witte dwerg, neutronenster	o t t c c c c	- kernfysica
5	uitdijend heelal dopplereffect sterrenstelsels ontstaan van het heelal kritische massa	o t o c o c t t	- atoomfysica

opmerkingen: bij groep 1 staat als toelichting:  
alleen cirkelbanen waarbij de massa van het centrale lichaam veel groter is.  
bij groep 2 staat helemaal geen toelichting.  
Bij kometen zijn cirkelbanen inderdaad vergezocht.  
bij groep 4 staat heel weinig toelichting.  
Niet duidelijk is dus, hoe het ontstaan van het heelal behandeld moet worden: oerknaltheorie of plasmatheorie, unificatietheorie ja of nee etc.

Het examenprogramma staat naar ons gevoel iets te ver van de praktijk van leerlingen af (ook hier context!). Het leek ons een goed idee om leerlingen eerst eens wat vertrouwd te maken met wat er 's nachts te zien is. De doorsnee leerling heeft namelijk nog nooit bewust naar die lichtjes aan de hemel gekeken, kent sterrenbeelden alleen van horoscopen en kan geen planeet van een ster onderscheiden. Wij willen leerlingen vaardigheden aanbieden waardoor ze wat beter om zich heen kunnen kijken in het donker. Na afloop van onze lessen en zeker na het practicum kunnen ze een sterrenschijf gebruiken, een sterrengids lezen, enkele sterrenbeelden herkennen en de beweging van de hemel volgen. Onze lessen worden dus grotendeels gevuld met wat vroeger kosmografie heette. Leerlingen blijken dat interessant, maar wel lastig te vinden. Een overzicht van de evolutie van ons programma:

### 1 Planeten

Introductie van beweging van en aan de hemel;  
Wetten van Kepler: ellipsen tekenen en gravitatiewet van Newton toepassen (dat wel op cirkelbanen);

Dag en nacht op aarde (recentelijk toegevoegd als herhaling van derde klas stof).

### 2 Sterren

De zon als energiebron;  
afstandsbepaling door parallaxmeting;  
Lichtsterkte van sterren: eerst alleen maar schijnbare en absolute magnitude, maar omdat leerlingen in de war raakten van tabel 33 in BINAS nu ook bolometrische magnitude);  
Beweging van sterren aan de hemel preciezer wat kun je vanuit Nederland zien van de hemel;  
Maken van een eigen sterrenschijf;  
Sterrenbeelden;  
Melkwegstelsel.

### 3 Maan

Hoe beweegt de maan om de aarde in vergelijking tot de zon;  
Lengte van de zonnedag;  
Synodische en siderische omlooptijd;  
Constructie van schijngestalten van de maan vervallen (niet toetsbaar en erg ingewikkeld);  
Berekening van periode van maansverduistering en zonsverduistering vervallen (heel erg moeilijk).

### 4 Coördinatenstelsel

Azimutaal en equatoriaal coördinatenstelsel;  
Hoekrekening o.a. uurhoek;  
Gebruik van sterrenatlassen;  
Tijdrekening (ware sterrentijd) vervallen (veel te moeilijk).

Bij onze lessen maken we gebruik van video: afleveringen van programma Poolshoogte (bestaat helaas niet meer) en de Teleacserie "de sterren" uit 1988. Vooral deze laatste serie slaat goed aan: er is een uitstekende aflevering over de zon, een even goede over de supernova van 1987 en een goede aflevering waarin demonstraties gegeven worden van de kleur van sterren, schijnbare magnitude en parallax. In deze serie ziet men ook gesprekken met astronomen en amateur-astronomen (de eerste waarnemer van de supernova uit 1987).

Het kijkpracticum is een jaarlijks terugkerend feest voor docenten en leerlingen. Het practicum is verplicht. Bij de aankondiging van het practicum reageren leerlingen in de regel terughoudend: ze moeten wellicht een dansavond of sporttraining laten schieten, maar op de avond zelf is daar weinig meer van te merken. Telkenjare merken we, dat er voor onze leerlingen een wereld opengaat. Opmerkingen in ons logboek wijzen daar ook op. Het organiseren van het practicum heeft wel wat voeten in de aarde:

- 1 Het Nederlandse weer is een bron van ergernis. In overleg met de leerlingen stellen we een periode vast. We spreken met de leerlingen af, dat de eerste gelegenheid om te kijken wordt benut. Wie op de betreffende avond echt niet kan komen, wordt bij een andere groep ingedeeld.
- 2 De duisternis op de observatieplek is een bron van toenemende zorg. Aanvankelijk wilden wij het kijken op het dak van de school laten plaatsvinden. Dit werd door de directie niet toegestaan, omdat er geen hek op het dak stond. Gelukkig heeft onze school een aantal balkons (!) en ook op het zuiden, nodig voor kijken naar planeten.

Op de vierde verdieping kunnen we op zo'n balkon gaan kijken, maar dat is nogal passen en meten met zo'n grote kijker en als er dan ook nog een paar leerlingen bij moeten. Onze school ligt onder een aanvliegroute van Schiphol en als je pech hebt, dan vliegen er regelmatig vreemde sterren door je blikveld. En tenslotte verschijnen er in de omgeving steeds meer kassen met groeiverlichting.

Voor het gedeelte, waarin met de lenzenkijker, en het blote oog wordt gekeken is een voldoende duistere plaats op de begane grond vereist. Maar die is heel moeilijk te vinden. Op het door bomen omzoomde sportveld kunnen we nog een plekje vinden, maar de nabijgelegen verkeersweg schijnt toch wel hinderlijk in de ogen.

- 3 De sterren en planeten heb je niet voor het uitkiezen. Als je je leerlingen wilt tracteren op Jupiter of Saturnus, dan ben je gebonden aan een vrij sterk bepaalde tijd. Begin 1991 is een goede tijd om Jupiter te bekijken. Maar wacht er dan niet te lang mee, want voor je het weet is de zomertijd weer ingevoerd en kun je niet meer op verantwoorde tijden kijken (ook docenten willen op een nette tijd thuis zijn!).

Leuke sterrenbeelden voor het blote-oog-practicum zijn ook niet altijd te zien. De meeste dierenriem-sterrenbeelden zijn moeilijk te herkennen. Stier is nog een van de betere in dit jaargetijde. Pegasus en Orion kunnen ook aanbevolen worden. Zwaan is altijd te zien en vooral leuk als je hebt behandeld welke interessante dingen daar gebeuren. Het organiseren van kijkavonden voor enthousiaste leerlingen kan hier uitkomst bieden: je kunt dan ook 's zomers kijken op hele late uren.

We zijn nog steeds aan het schaven aan ons programma. Zo proberen we de computer iets meer te betrekken. Mogelijkheden liggen bijvoorbeeld bij de coördinatenstelsels en het begrip van synodische omlooptijd.

# Aandacht voor het oplossen van vraagstukken in de bovenbouw?

Werkgroep 31

*R. Taconis*



Het eindexamen dat leerlingen als bekroning van hun middelbare schoolcarrière afleggen bestaat voor het grootste deel uit vraagstukken die de leerlingen moeten oplossen. Ook in de vervolgopleidingen die veel leerlingen nadat zij de middelbare school hebben verlaten gaan volgen, is het maken van vraagstukken of het oplossen van problemen vaak aan de orde van de dag. Uitgaande hiervan lijkt het voor de hand te liggen om in de bovenbouw de leerlingen expliciet te helpen hun vaardigheid in het leren oplossen van vraagstukken en problemen te vergroten.

Het eerste deel van de werkgroep is een gezamenlijke discussie over de wenselijkheid van het expliciet besteden van aandacht aan het leren oplossen van vraagstukken of problemen in de klas. Het tweede deel van de werkgroep betreft de manier waarop in de klas aandacht aan probleemoplossen besteed kan worden.

## **Probleemoplossen en eindexamens door de jaren heen**

Het is interessant om na te gaan of, en zo ja op welke wijze het leren oplossen van problemen en vraagstukken een rol heeft gespeeld in het natuurkunde onderwijs in Nederland. Dat kan meteen een aanzet zijn voor de te voeren discussie. Met betrekking tot de HBS is het beeld vrij onduidelijk. Enerzijds bepleiten vernieuwingscommissies het invoeren van expliciete aandacht voor: "De werkwijze van de natuurkundige bij het oplossen van problemen". Ten aanzien van de praktijk van de eindexamens in de mechanica (nu wel, maar toen nog geen onderdeel van natuurkunde), wordt echter de eenzijdige toetsing "niet zozeer op inzicht, maar vooral op de vaardigheid in het oplossen van vergelijkingen" betreurd.

De werkwijze van natuurkundigen, en daarmee tot op zekere hoogte ook het leren oplossen van natuurkundige vraagstukken, vormde ook een belangrijk uitgangspunt bij de opstelling van het (nog steeds geldende) eindexamenprogramma dat rond 1970 werd ingevoerd. Vaardigheden nodig voor het oplossen van problemen en vraagstukken komen - zij het tamelijk impliciet - in het eindexamenprogramma voor. De bijbehorende examenopgaven en leerboeken, laten daarvan echter relatief weinig zien. Deze lijken vooral te zijn afgeleid van de leerstoflijst van het examenprogramma, en

lijken weinig rekening te houden met vaardighedenlijst en de achterliggende overwegingen. Een en ander leidt er toe dat het sterk van de keuze van individuele docenten zal afhangen, of en in hoeverre in de klas aandacht aan het leren probleemoplossen zal worden besteed!

In het WEN-eindexamenprogramma blijken verschillende deel-activiteiten nodig voor het oplossen van natuurkundige vraagstukken en problemen, expliciet als doelstelling te worden genoemd. Van de werkwijze van natuurkundigen (natuurwetenschappelijke methode) is in dat kader echter geen sprake. In leerboeken die op het WEN-programma zijn gericht, wordt vaak aandacht aan het leren oplossen van vraagstukken en problemen besteed.

## **Probleemoplossen: waarom wel, waarom niet?'**

In de discussie zijn een aantal argumenten genoemd, voor én tegen het expliciet besteden van aandacht aan het leren oplossen van problemen.

Ten eerste zijn verschillende probleemoplossingsactiviteiten expliciet in het WEN-programma opgenomen. Probleemoplossen dient dus in het onderwijs aandacht te krijgen. Ten tweede is het leren oplossen van problemen m.b.v. de in school geleerde natuurkundige kennis belangrijk om leerlingen in staat te stellen om de verworven natuurkundige kennis ook buiten de les te kunnen gebruiken. In het WEN-eindexamenprogramma wordt bijvoorbeeld de aandacht gevestigd op het gebruik van natuurkundige kennis in de context verkeer. Aandacht voor het leren oplossen van problemen, kan een bijdrage leveren aan het leren gebruiken van natuurkundige kennis in het leven van alledag. Juist omdat dit een pittige doelstelling is, zou expliciete aandacht voor probleemoplossen erdoor kunnen worden gerechtvaardigd.

Voor die leerlingen die na de middelbare school een studie kiezen waarvoor het vak natuurkunde van belang is (technische maar ook de medische sector!) komt daar nog een derde - zeer belangrijk - argument bij. **Het leren oplossen van natuurkundige problemen in de bovenbouw is waarschijnlijk van grote waarde als voorbereiding voor met name technische, maar ook voor medisch georiënteerde vervolgopleidingen.** Daar komt het er namelijk juist op aan om de

in de middelbare school opgedane natuurkunde kennis, te gebruiken; om er problemen mee op te lossen.

Op dit derde argument is dieper ingegaan. Zo'n 80% van de examinandi van HAVO en VWO kiest een vervolgstudie in het hoger onderwijs. Dat aantal neemt steeds verder toe. Tegelijkertijd is het overstappen van HAVO naar HBO resp. van VWO naar WO een groot probleem. Zo'n 40% van de leerlingen slaagt er niet in de door hen aanvankelijk gekozen studie in het Hoger Onderwijs met succes af te ronden. Zij vallen af of kiezen (noodgedwongen?) een andere studierichting. Meestal gebeurt dat reeds in het eerste studiejaar. Een andere 40% blijkt niet in staat het

## Aansluiting van bovenbouw en hoger onderwijs:

### Het belang van leren probleemoplossen

Het overstappen van het middelbaar onderwijs naar meer vakgericht of wetenschappelijk vervolgonderwijs valt voor leerlingen of studenten vaak niet mee. Bepaalde stappen zijn - zoals uit onderzoek blijkt - extra moeilijk. De moeilijkheden komen niet alleen voort uit algemene aspecten als de plotselinge verandering van werksfeer, maar ook uit hele specifieke aansluitingsproblemen op het gebied de kennis en kunde. Kortweg, wat het vervolgonderwijs vraagt aan kennis en vaardigheden sluit in veel gevallen niet voldoende aan op wat het middelbaar onderwijs geboden heeft. Uit eerder onderzoek is naar voren gekomen dat voor wat betreft het natuurkunde van de middelbare school, de kennis van de leerlingen meestal wel voldoende is, maar dat hun vaardigheid in het oplossen van vraagstukken of problemen vaak tekort schiet.

Door middel van het onderzoek, uitgevoerd door de Vakgroep Natuurkunde Didactiek van Technische Universiteit Eindhoven, wordt geprobeerd om duidelijk in kaart te brengen welke probleemoplossingsvaardigheden docenten aan HBO en WO bij hun eerstejaarsstudenten verwachten. Bovendien wordt nagegaan in hoeverre dit overeenkomt met de doelen die het middelbareschool onderwijs zich stelt en met de feitelijke kunde van instromende studenten. Daartoe zijn eindexamenopgaven en tentamenopgaven uit het eerste studiejaar van verschillende opleidingen uit het hoger onderwijs m.b.t. probleemoplossen geanalyseerd.

De resultaten van het onderzoek kunnen als richtlijn dienen bij het inrichten van lessen over probleemoplossen met als doel bij te dragen aan het verminderen van de aansluitingsproblematiek. In een later stadium van het onderzoek zullen voorbeeldopgaven worden ontwikkeld, die daarbij in de klas zouden kunnen worden gebruikt.

Voor nadere informatie of het aanvragen van voorbeeldopgaven of resultaten kunt U zich wenden tot: R. Taconis Vakgroep Didactiek Natuurkunde TU-Eindhoven tel. 040-474331.

propedeuseprogramma in één jaar af te ronden.

Los van (misplaatste) pogingen hier schuldigen aan te wijzen kan de vraag worden gesteld: "Is het mogelijk om de natuurkundeles zodanig in te richten dat het onze leerlingen makkelijker zal vallen om met succes een vervolgstudie te volgen?". Een mogelijkheid daartoe lijkt te zijn het expliciet aandacht besteden aan het leren oplossen van natuurkundige problemen. Andere factoren die een rol spelen bij dezemoezame aansluiting zijn: onvoldoende werkhouding (vooral HAVO), onvermogen tot zelfstandig werken, onvoldoende studievaardigheden. Ontbrekende feitenkennis van natuurkunde lijkt minder een rol te spelen. Wel speelt het vermogen deze kennis te gebruiken bij de studie of het oplossen van problemen en vraagstukken een rol.

Door de Vakgroep Natuurkunde Didactiek van de Technische Universiteit van Eindhoven wordt momenteel een onderzoek uitgevoerd om te achterhalen wat de rol van probleemoplossen bij de genoemde aansluitingsproblemen precies is (zie inzet). Uit het onderzoek blijkt dat er een groot verschil is tussen middelbaar - en hoger onderwijs met betrekking tot de mate waarin probleemoplossingsvaardigheden zijn vereist. Bepaalde vaardigheden spelen geen rol in de eindexamenvraagstukken, maar komen wel voor in tentamenopgaven van het eerste jaar waarmee studenten moeilijkheden hebben<sup>1</sup>.

Enige argumenten tegen het expliciet besteden van aandacht aan het leren oplossen van problemen en vraagstukken zijn: Onhaalbaar: het oplossen van problemen vereist te veel tijd en te veel van het begrip van leerlingen;

Overbodig: wie de stof goed begrijpt kan automatisch problemen oplossen;

Ongewenst: probleemoplossen schrikt leerlingen af;

Ondoelmatig: probleemoplossingsvaardigheden zijn slechts in geringe mate vereist bij het maken van de opgaven van het CSE.

In de werkgroepen leek een positieve houding t.a.v. expliciete aandacht voor probleemoplossen te bestaan.

### Aandacht voor probleemoplossen; hoe?

In het tweede deel van de bijeenkomst is vooral gediscussieerd over oorzaken en oplossingen van moeilijkheden bij het maken van problemen en vraagstukken door leerlingen. Van daaruit kan wellicht een strategie worden ontworpen. Een manier om aandacht te besteden aan probleemoplossen is om de leerlingen een stappenplan (heuristiek) aan te bieden, dat helpt de oplossing te bereiken. Zo'n plan kan bijvoorbeeld een uitwerking zijn van de activiteiten: analyse van het probleem; vinden van de formule(s) die moet(en) worden toegepast; uitwerkingen met die formules en controle van het antwoord.

De aanwezige docenten brachten met name naar voren dat ook het aangeven van een stapsgewijs plan voor het oplossen van een vraagstuk voor vele leerlingen geen soelaas biedt. De leerlingen lijken de goede raad in de wind te slaan, en weer te vervallen in hun oude chaotische werkwijze. Verklaring hiervoor kan ongemotiveerdheid van de leerlingen zijn. Hiertegenover kan het vermoeden worden geplaatst dat er niet zozeer sprake is van 'onwil' bij de leerlingen om de goede raad ter harte te nemen, maar eerder van onvermogen om zo'n stappenplan systematisch te volgen. Wanneer een leerling b.v. als eerste stap bij het oplossen van een probleem wordt aangeraden eerst alle relevante formules op te schrijven of 'de krachten te teke-

nen', is het heel goed mogelijk dat deze daartoe eenvoudigweg niet in staat is. De leerling heeft bijvoorbeeld geen goed overzicht over de formules, laat staan dat deze relevante en irrelevante zou kunnen onderscheiden. Het (correct) tekenen van de op een voorwerp werkende krachten, is voor veel leerlingen al een onneembare hindernis. Wanneer een leerling op een dergelijke hindernis stuit is de kans groot dat deze vervalt in een chaotische werkwijze, of de (te) moeilijke oplossingsstappen eenvoudigweg over slaat. Oppervlakkig gezien lijkt zo'n leerling dan niet naar goede raad te willen luisteren. Oorzaak van de schijnbaar chaotische werkwijze ligt dan echter in de 'paniek-reactie' die ontstaat doordat de leerling de kennis niet paraat heeft; het is de **kwaliteit van de kennis** van zo'n leerling die dan tekort schiet. Leren problemen op te lossen begint met het verwerven van goede, samenhangende en overzichtelijke natuurkundige kennis. Middelen om die te bereiken kunnen zijn: uitleggen aan elkaar, het maken van een samenvatting etc. Alleen als samenhangende en overzichtelijke natuurkundige kennis aanwezig is, kan het aanbieden van stappenplannen e.d. bijdragen aan het leren oplossen van vraagstukken en problemen.

Het eenzijdig benadrukken van stappenplannen heeft nog een ander nadeel, zelfs als ze helpen om bijvoorbeeld examenopgaven met succes op te lossen. De problemen die in de propedeuses van het hoger onderwijs een rol spelen, zijn vaak zo veel ingewikkelder, dat zij niet met een op eindexamenopgaven gericht stappenplan kunnen worden opgelost. Bovendien kan het eenzijdig benadrukken van het belang van stappenplannen, er gemakkelijk toe leiden dat probleemoplossen los komt te staan van natuurkunde. Probleemoplossen heeft dan niet het karakter van 'de manier waarop natuurkundigen problemen oplossen'. Het is dan meer een 'training in trucs om het eindexamen te halen' geworden. Met dat laatste kunnen en mogen U en Uw leerlingen geen genoegen nemen.

#### **Eindnoten**

1. Ze zijn hier vanwege hun voorlopige karakter niet vermeld. In de loop van het voorjaar van 1991 zullen meer definitieve resultaten beschikbaar komen waarover ondergetekende U graag wil informeren.



# Kinetische energie of bewegingsenergie?

Werkgroep 32

*T. v.d. Valk*

In het verleden werd voor de grootheid  $\frac{1}{2}mv^2$  altijd de term 'kinetische energie' gebruikt. Tegenwoordig wordt deze term vaak vervangen door 'bewegingsenergie', met name in de onderbouw. Is dat wel een verbetering?

Deze vraag wordt aan de orde gesteld aan de hand van een schets van de begripsontwikkeling die een leerling kan doormaken rond het begrip kinetische energie/bewegingsenergie. Deze ontwikkeling is opgemerkt bij leerlingen van 4/5-VWO tijdens onderwijs over dit onderwerp. Daartoe zijn audiobandopnamen gemaakt van leerlingdiscussies. Protocollen die zo verkregen zijn, zullen gebruikt worden om de geschetste begripsontwikkeling toe te lichten.

Aan het einde van de bijeenkomst komt de vraag aan de orde hoe een leraar in de klas resultaten van begripsontwikkelingsonderzoek kan gebruiken: wat moet de onderzoeker daartoe doen en wat mag van de leraar verwacht worden?

# Differentiërend materiaal voor ibo/lbo(/mavo)- leerlingen: zorgbreedte natuur/scheikunde via natuuronderwijs

Werkgroep 33

## *B. Verwijmeren*

Het afgelopen jaar is geprobeerd materiaal te ontwikkelen voor leerlingen in het IBO/LBO/MAVO/AVO. De doelstelling bij deze ontwikkeling was: **alle** leerlingen blijven langer bij de natuurwetenschappelijke les. Om deze doelstelling te bereiken zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd op het vlak van de didactiek, het taalgebruik en de werkvorm. Het ligt in de bedoeling voor één jaar materiaal op te leveren. Het materiaal is zo geschreven dat het minimale aansluitingsproblemen zal geven met de verschillende examenvakken van nu en met de basisvorming in de (nabije) toekomst.

In de workshop wordt een thema (waarnemen) gepresenteerd. Na een korte inleiding over ontstaan en uitgangspunten, proberen we vast te stellen of dit materiaal voldoende differentiërend is en gebruikt kan worden in een IBO/LBO(MAVO)groep.

Tot slot zal een korte schets gegeven worden over de herkomst van het materiaal. In eerste instantie is dit materiaal ontwikkeld door de werkgroep natuurverkenning van het Altena College in Sleenwijk. Deze school voor MAVO/HAVO/VWO geeft twee jaar natuuronderwijs en kent geen noemenswaardige aansluitingsproblemen naar de separate vakken in de derde klas.

# Experimenteren en modelleren met de computer

Werkgroep 34

*A. Schaper & W. Vriend*



Tijdens de workshop werd de docentenhandleiding "Natuurkunde en de computer" geïntroduceerd. Deze handleiding was vervaardigd in opdracht van PRINT V.O. Hieruit werden een viertal mogelijke toepassingsgebieden besproken van modelleerprogramma's als NEMO en DMS. Voorbeelden uit elk van die gebieden waren op schijf aanwezig en voor de deelnemers verkrijgbaar.

## Oplossen van de differentiaalvergelijking $a = F/m$

Voorbeelden van dynamikamodellen met een of twee krachten in een of twee dimensies.

In de discussie achteraf werd uiting gegeven aan de verwachting dat dergelijke modellen het inzicht in de reikwijdte van de tweede wet van Newton kunnen vergroten. Tevens bleek grote behoefte aan een beproefde lessenserie waarin de numerieke oplossingsmethode aan leerlingen van een vierde klas aangeboden wordt.

## Grafiekengenerator

Voorbeelden van oplossingen van vraagstukken uit Scoop, waarin grafieken getekend moeten worden. De opbouw van de somgrafiek uit de deelgrafieken kan in korte tijd naar believen getoond, herhaald en/of aangepast worden. Als leerlingen zelf op de diskette het model met de oplossing opzoeken, zou een in het model opgenomen opdracht hen moeten dwingen de structuur van de gegeven oplossing te doorgronden.

## Simulatie

Als voorbeeld de simulatie van interferentie bij een tralie, gepubliceerd door Th.Berkx in het NVON maandblad. Voor cursisten op de lerarenopleiding aan de Hogeschool Rotterdam is het model van Berkx opgedeeld in drie modellen met achtereenvolgens puntbronnen, een eindig brede spleet en een serie eindig brede spleten. Opdrachten bij die deelmodellen moeten hun inzicht in enkele aspecten van de golfoptica verdiepen.

## Aanpassen (fitting)

Als introductie op de aanpassing van een (gegeven of bedacht) model waren aanwezig de 'balspelen' die in het ITN3 materiaal gepubliceerd zijn.

Fysisch interessanter is het model dat voor de workshop gemaakt was bij een bekende demonstratieproef, een voor een spoel ronddraaiende staafmagneet, waarvan hier de beschrijving volgt.

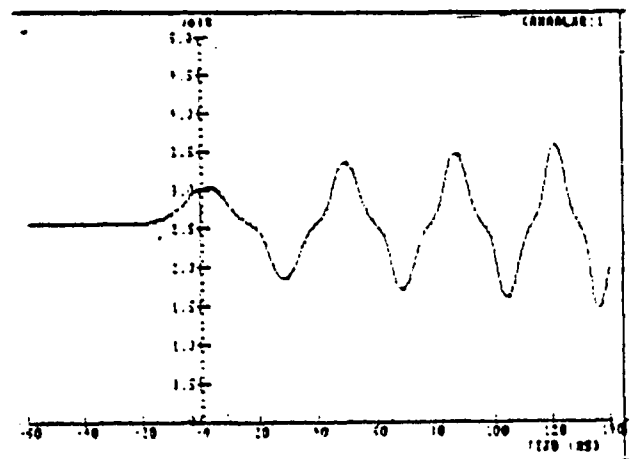
De inductiespanning van een enkele magneet wordt goed beschreven door een Fourierreeks met vijf oneven termen. Sommatie van meerdere van die Fourierreeksen, behorende bij in serie rond de magneet opgestelde spoelen, leert dat in bepaalde configuraties enkele van de termen in die reeksen elkaar opheffen. Zo resteert in een configuratie met vijf spoelen slechts één term, wat resulteert een fraai sinusvormig patroon.

In experimentele opstellingen konden onder meer de configuraties met drie en met vijf spoelen doorgemeten worden met IPCOACH 3.0 en vergeleken met de modelbeschrijvingen.

## Het dynamo-model

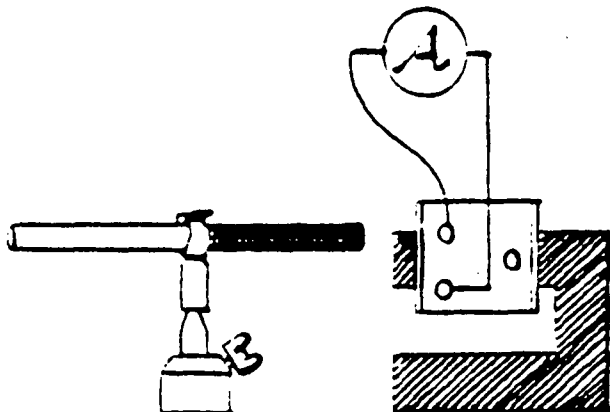
### Inleiding

In het V.O. wordt natuurlijk aandacht besteed aan de dynamo. De door een ronddraaiende dynamo opgewekte spanning is geen zuiver sinusvormige functie (zie fig. 1).



figuur 1 Spanning van een dynamo

Vaak wordt vooraf een dynamo-model behandeld: in zijn eenvoudigste vorm een ronddraaiende magneet, die een spoel met ijzeren kern passeert (fig. 2).

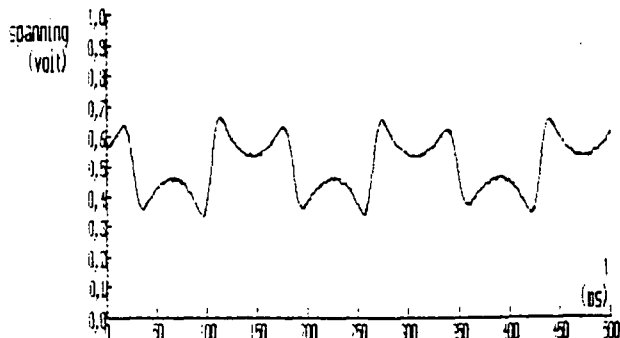


figuur 2 Dynamo-model

De inductiespanning, die in de spoel wordt opgewekt kan goed worden gemeten met IPCoach 3.0. De volgende stap naar een realistisch model is dat er meerdere spoelen worden opgesteld rondom de ronddraaiende magneet, met als doel de totale spanning van meerdere spoelen te nemen, die regelmatig is en meer vermogen kan leveren. De vraag is nu hoeveel spoelen je het beste kunt nemen, onder welke hoeken je ze moet opstellen en hoe je de spanningen bij elkaar moet optellen. Dit kan heel goed onderzocht worden door experimenteel de spanning van één spoel nauwkeurig te meten, hiervan een wiskundige beschrijving te vinden en vervolgens met modelberekeningen naar de diverse mogelijkheden te kijken. Zodoende kan vastgesteld worden welke combinaties gunstig zijn. Verder blijkt dat je bepaalde spanningscomponenten kunt selecteren of juist kunt elimineren.

#### Metten van de spanning in één spoel.

M.b.v. IPCoach 3.0 wordt eerst op één kanaal de spanning  $V(t)$  (voorzien van een voorspanning van 500 mV) van één spoel gemeten (zie fig. 3).



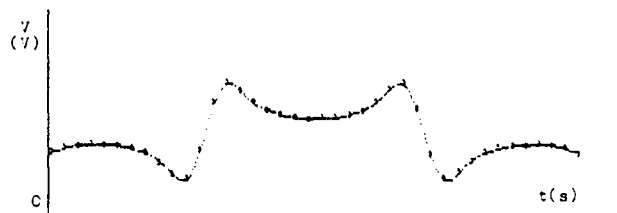
figuur 3 Inductiespanning in een spoel opgewekt door een ronddraaiende magneet

Gezien de gecompliceerdheid van het signaal kan het onderdeel Functie-fit niet worden gebruikt. Daarom wordt via de keuzes Verwerking - Bewerking - Tabel een tabel van de meetpunten in één periode gemaakt (na filtering van ruis en vergroting).

Op deze meetpunten wordt een Fourier-analyse toegepast (zie bijlage 1). Het blijkt dat het signaal  $V(t)$  (verminderd met de voorspanning) goed wordt beschreven door de volgende Fourier-som:

$$V(t) = \sum_{n=0}^4 B_{2n+1} \sin\left(\frac{2\pi(2n+1)t}{T}\right)$$

Naar analogie van de muzikaleer zullen we in het vervolg de sinusfunctie met periode  $T$  de grondtoon noemen, die met periode  $T/3$  de eerste boventoon, die met periode  $T/5$  de tweede boventoon enz. In de onderstaande figuur is de aanpassing van deze functie aan de meetpunten gegeven.



figuur 4 Gemeten spanning (o o o) en de functie  $V(t)$  (stippeltjescurve)

#### Metten aan de spanning van meerdere spoelen

Verder is gemeten aan diverse opstellingen, die volgens de modelberekeningen interessant waren.

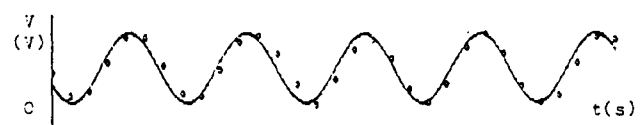
##### 1. Drie spoelen onder een hoek van 120°



figuur 5 Gemeten spanning (o o o) en de modelvoorspelling (stippeltjescurve)

Het lijkt alsof alleen de eerste boventoon (amplitude  $B_3$ ) in dit plaatje voorkomt (een sinus met een 3x kleinere periode dan de periode van de ronddraaiende magneet. In werkelijkheid doet ook de vierde boventoon (amplitude  $B_9$ ) nog mee (zie bijlage 2), dit veroorzaakt de afgeplatte vorm van de functie.

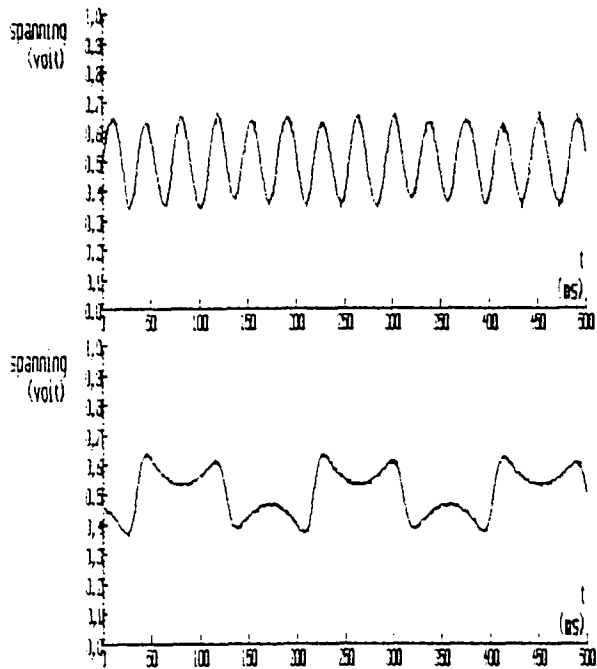
##### 2. Vijf spoelen onder een hoek van 72°



figuur 6 Gemeten spanning (o o o) en de modelvoorspelling (stippeltjescurve)

Hier doet alleen de tweede boventoon (amplitude  $B_5$ ) nog mee.

Hieronder nog een meting waarbij gelijktijdig het enkele signaal van één spoel en het somsignaal van 5 spoelen werd gemeten.



figuur 7 Boven het somsignaal van vijf spoelen beneden het signaal van één enkele spoel

#### Conclusie

Het vinden van een goede wiskundige beschrijving van de spanning in één spoel is de basis voor modelberekeningen, die voorspellingen doen over de somspanning bij bepaalde opstellingen. Deze voorspellingen konden experimenteel worden geverifieerd. Op deze wijze kan een gunstige of interessante experimentele opstelling worden verkregen.

## Bijlage 1 Fourier-analyse van een signaal $V(x)$

Volgens de Fourier-analyse (zie bijv. R. Courant, Differential and Integral Calculus, 1963 blz. 437) geldt voor een functie  $f(x)$ , die op het interval  $(-\pi, +\pi)$  bekend is, dat hij beschreven kan worden door een Fourier-reeks:

$$V(x) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin nx$$

De coëfficiënten worden als volgt berekend:

$$c_n = \int_{-\pi}^{+\pi} V(x) \cos nx \, dx \quad (n = 1, 2, \dots)$$

$$b_n = \int_{-\pi}^{+\pi} V(x) \sin nx \, dx \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

Wij hebben in het geval van het dynamo-model te maken met een oneven functie, niet symmetrisch rondom het midden van de periode, daarvoor geldt dat

$$c_n = 0 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

In de praktijk hebben we  $m$  meetpunten  $V_i(x_i)$ , waaruit  $c_0$  en  $b_n$  kunnen worden berekend:

$$c_0 = \frac{\sum_{i=1}^m V_i(x_i)}{m}$$

$$b_n = \sum_{i=1}^m V_i(x_i) \sin nx_i \Delta x_i$$

waarbij  $\Delta x_i$  de afstand tussen de meetpunten is.

Met behulp van een Basic-programma werden de coëfficiënten berekend. Typische waarden zijn:

$$b_1 = 128 \text{ mV}, \quad b_3 = 111 \text{ mV}, \quad b_5 = 63,8 \text{ mV},$$

$$b_7 = 30,2 \text{ mV}, \quad b_9 = 11,7 \text{ mV}.$$

terwijl zowel de even coëfficiënten, als die met een index groter dan 9 nagenoeg 0 zijn.

## Bijlage 2 Optellen van de spanningen van meerdere spoelen

Bij het optellen van de spanningen van 3 spoelen, die een hoek van  $120^\circ$  met elkaar maken geldt dat de spanning van de eerste spoel  $V_1(t)$  gelijk is aan:

$$V_1(t) = \sum_{n=0}^4 B_{2n+1} \sin \left( \frac{2\pi (2n+1)t}{T} \right)$$

en van de tweede en derde spoel gelijk aan:

$$V_2(t) = \sum_{n=0}^4 B_{2n+1} \sin \left( \frac{2\pi (2n+1)(t + T/3)}{T} \right)$$

en

$$V_3(t) = \sum_{n=0}^4 B_{2n+1} \sin \left( \frac{2\pi (2n+1)(t + 2T/3)}{T} \right)$$

zodat de somspanning gelijk wordt aan:

$$V_{\text{tot}} = \sum_{k=0}^2 \sum_{n=0}^4 A_k B_{2n+1} \sin \left( \frac{2\pi (2n+1)(t + kT/3)}{T} \right)$$

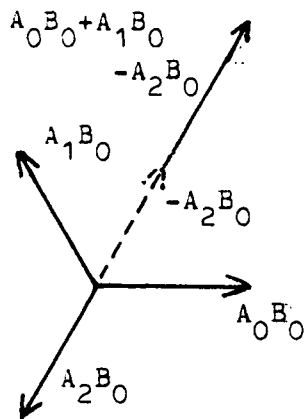


fig. 1 Vektorsom van 3 grondtonen

( $A_k = \pm 1$  geeft aan of de spoel al of niet te-gengesteld in serie met de andere wordt geschakeld).

Deze dubbelsom is met de modeltaal DMS gemakkelijk te berekenen (zie Fourier3), omdat DMS-modellen meerdere lussen kunnen bevatten. Voor een goed begrip is het raadzaam gebruik te maken van het ronddraaiende vektormodel zoals dat door Thijs Berkx en Frans Tiemeijer in het NVON-blad is beschreven (NVON, 15e jaargang, blz. 50; Natuurkunde en Computer blz. 81).

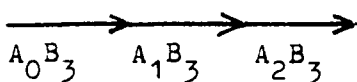


fig. 2 Vektorsom eerste boventonen

Als we kijken naar de vektoren van de "grondtoon" ( $n = 0$ ) van de verschillende spoelen, zien we dat de vektorsom 0 is (fig. 1), zodat de resulterende spanning t.g.v. de "grondtoon" 0 is. De grondtoon is als het ware "uitgefilterd". Als de tweede spoel omgekeerd wordt aangesloten ( $A_2 = -1$ ) is de vektorsom 2x zo groot als een enkele vektor en zal de bijbehorende resulterende spanning 2x zo groot zijn als van één enkele spoel (fig. 1). Daarentegen blijken de vektoren van de 1e boventoon ( $n=1$ ) juist de zelfde fase te hebben (fig. 2), zodat het somsignaal van deze "toon" 3x zo groot is als dat van de enkele harmonische. Zo voortgaande blijken de vektorsommen voor  $n=2$  en

n=3 ook nul op te leveren, maar voor n=4, blijken de vektoren met amplitude B<sub>9</sub> weer in fase te zijn.

Het totale signaal is volgens de voorspelling van het model dus gelijk aan:

$$V_{\text{tot}} = 3 \left( B_3 \sin \left( \frac{2\pi t}{T/3} \right) + B_9 \sin \left( \frac{2\pi t}{T/9} \right) \right)$$

Een soortgelijke modelanalyse met 2 of 4 spoelen toont aan dat deze gevallen minder interessant zijn, de opgetelde signalen vallen weg bij serie-schakeling of houden de zelfde vorm bij het omdraaien van één of meer spoelen.

Wel interessant is het geval met 5 spoelen onder een hoek van 72° met elkaar. Voor de totale spanning geldt nu:

$$V_{\text{tot}} = \sum_{k=0}^4 \sum_{n=0}^4 A_k B_{2n+1} \sin \left( \frac{2\pi (2n+1) (t + kT/5)}{T} \right)$$

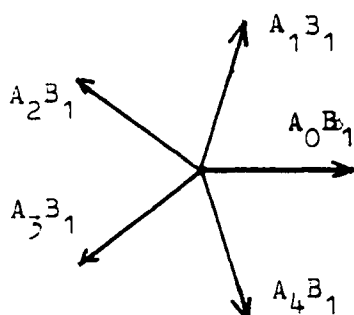


fig. 3 Vektorsom  
5 grondtonen

Hier blijken de "grondtoon" en de "eerste boventoon" weg te vallen bij de vektoroptelling (zie fig. 3 en 4).

De vektorsom bij de tweede boventoon is gelijk aan 5 B<sub>5</sub> (zie fig. 5)

De bijdragen van de hogere harmonischen vallen hier ook weg zodat hier de totale spanning volgens het model gelijk wordt aan:

$$V_{\text{tot}} = 5 B_5 \sin \left( \frac{2\pi t}{T/5} \right)$$

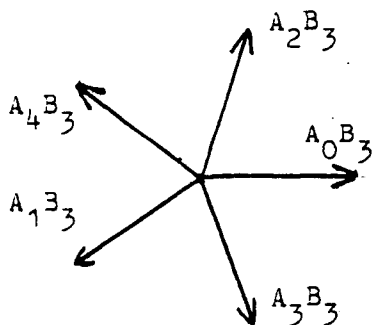


fig. 4 Vektorsom  
5 eerste boventonen

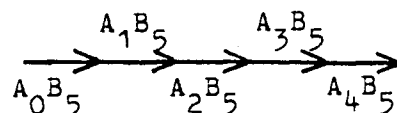


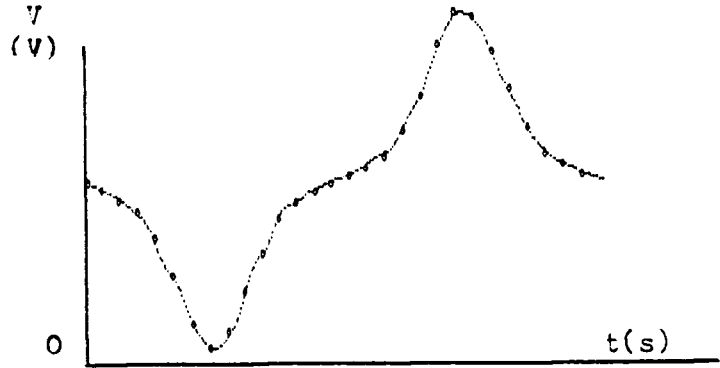
fig. 5 Vektorsom tweede  
boventonen bij vijf spoelen



**Bijlage 3** Fourier-analyse van het dynamo-signaal

Met Fourier-analyse kan uiteraard ook een goede wiskundige relatie voor het signaal van een echte dynamo worden gevonden. Een voorbeeld van een dergelijke aanpassing is in de onderstaande figuur te zien.

Een goede aanpassing kan ook worden verkregen door de somspanning van 3 spoelen te nemen, waarbij de derde spoel tegengesteld wordt geschakeld. Voor de beschrijving in fig. 2 zijn slechts twee "tonen" meegenomen. De wiskundige beschrijving van deze spanning is:

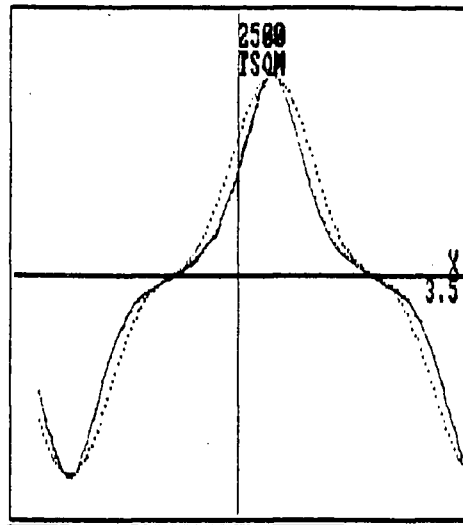


**fig. 1** Fourieraanpassing aan dynamo-signaal

$$V_{\text{tot}} = \sum_{k=0}^2 \sum_{n=0}^1 A_k B_{2n+1} \sin \left( \frac{2 \pi (2n+1) (t + kT/3)}{T} \right)$$

(waarbij  $A_0 = A_1 = +1$  en  $A_2 = -1$ ).

In fig. 2 zijn beide aanpassingen weergegeven.



**fig. 2** ——— Fourieraanpassing  
 ..... aanpassing met één tegengestelde spoel



## Woudschoten aan zee



# Woudschoten aan Zee

Station 5 (kracht en hoogte)

## *Boomstam weggrollen*

Op het strand steekt een korte stomp uit het zand. Op enige afstand ligt een boomstam. De bedoeling is om de stam rollend te verplaatsen in de richting van het vaste punt. Als het met normale spierkracht niet lukt, zouden we kunnen proberen die te vergroten. We hebben de beschikking over één katrol en twee touwen.

Bezoekers kregen de opdracht een constructie te maken, waarbij de spierkracht met een factor 4 vergroot wordt.

### **oplossing**

Ondanks verhitte discussies (bij 0°C) tussen de vele omstanders, waren er maar enkelen die hun schroom overwonnen en een poging waagden.

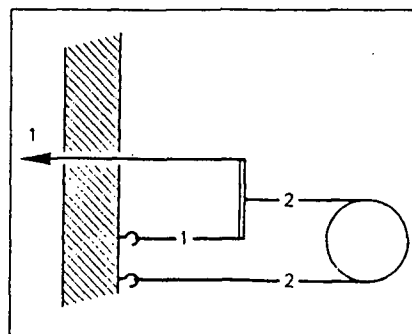
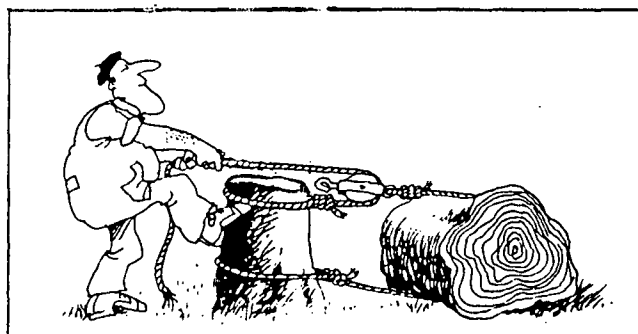
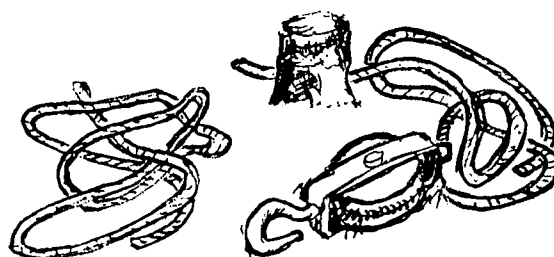
Vaak werd de katrol als vaste katrol geschakeld en dat geeft geen krachtswinst. Iemand probeerde een touw twee keer langs het katrolwiel te peuteren of zocht de oplossing in het meermalen omwikkelen van de boomstam. Het inzicht dat de stam zelf als losse katrol kan dienen werd zelden geformuleerd.

Wie het bijna goed had, wikkelde het touw in de verkeerde richting om de stam, waardoor het touw gaat schuren tijdens het rollen.

### **Meten met de jacobsstaf**

Deelnemers van de werkgroep 25 gaven instructies aan belangstellenden, hoe te werken met de jacobsstaf. De bedoeling was om de hoogte van het duin te bepalen en de breedte van een afgepaald stuk.

Voor de theorie van deze activiteit, zie het verslag van werkgroep 25.







In afwachting van de lancering



Jacobs ladder



Vliegeren



Helaas ... de vlieger stort in zee

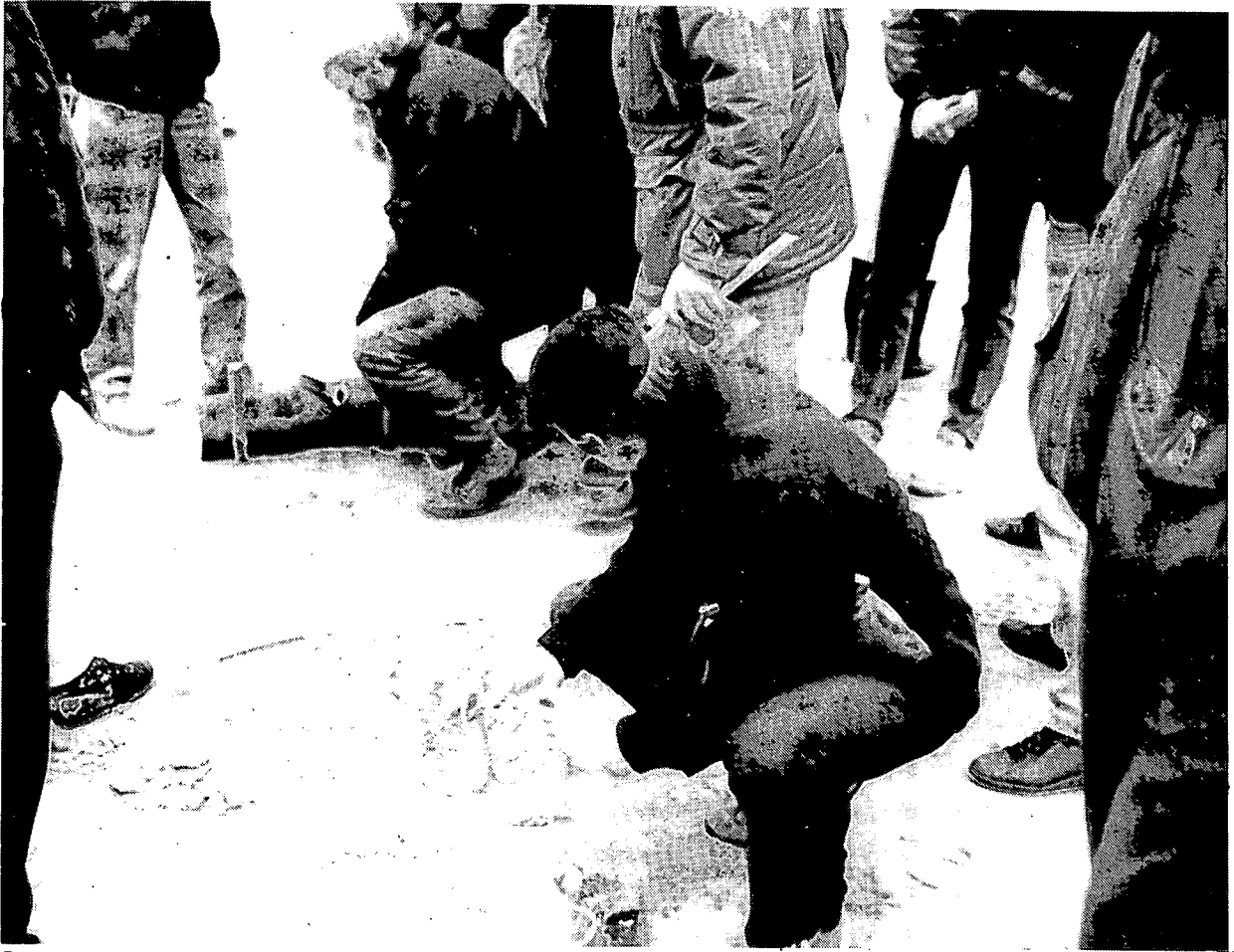




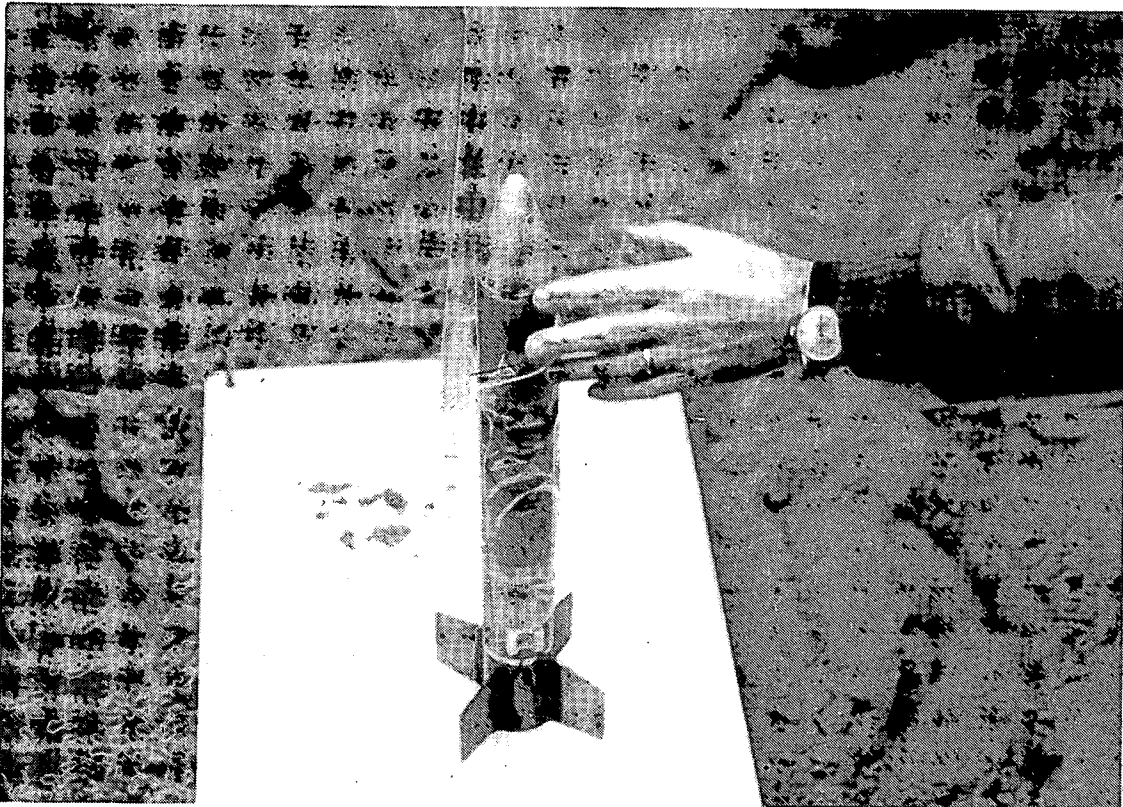
Laden



Vochtigheid



Puzzel met een losse katrol



Raket



Drijvende blokken



En plezier



# WOUDSCHOTEN AAN ZEE



Werkgroep Natuurkunde-Didaktiek

15 december 1990



"De betekenis van de open lucht-waarnemingen voor het onderwijs in de natuurkunde is nog niet voldoende erkend. Zij helpen ons bij het toenemend streven om ons onderwijs te doen aansluiten bij het leven : zij geven ons een natuurlijke aanleiding tot het stellen van duizenden vragen en ze zorgen er voor, dat hetgeen op school geleerd is later nog telkens ook buiten de schoolmuren wordt teruggevonden. Aldus wordt de alomtegenwoordigheid de natuurwetten als een steeds weer verrassende en indrukwekkende werkelijkheid ondervonden."

(De natuurkunde van 't vrije veld 1 van Prof.Dr.M.Minnaert, 1937)

De afsluiting van de lustrumconferentie met een strand- en duinwandeling biedt een scala van mogelijkheden tot kijken en doen. Langs de route zijn een zestal stations ingericht (zie kaartje, blz.4) en ook tijdens de wandeling kunnen we nog aan de omgeving meten en waarnemen. Op station 1 wordt met een vlieger gemeten aan de variatie van de luchttemperatuur met de hoogte en aan het aardelektrisch veld. Station 2 is het natte station, gericht op zandribbels, drijvende balken en zeegolven. Bij station 3 wordt de hoorbaarheid van geluid onderzocht. Station 4 is het station van gepolariseerd licht, weer en wolken. Op station 5 kunnen we afstand en hoogte meten. Station 6 is het eindstation. Daar wordt ter afsluiting van de buitenactiviteiten om ongeveer half vier een raket gelanceerd. In dit boekje worden de mogelijkheden van de stations uitgebreid beschreven en er worden verder nog suggesties gedaan voor activiteiten tijdens de wandeling en zelfs om ook nog het nodige mee naar huis c.q. school te nemen.

#### VERKEERSREGELS: LINKSOM OF RECHTSOM ?

Om niet allemaal bij station 1 te beginnen lijkt het verstandig dat de deelnemers waarvan de achternaam begint met een A t/m K de route rechtsom lopen, dus beginnen bij 1 en eindigen bij 6. En de rest dus linksom, hetgeen betekent direct het duinpad op en pas bij station 5 het strand op.

#### **TENSLOTTE VERZAMELEN WE ALLEMAAL BIJ STATION 6 OM DE LANCERING VAN DE RAKET LUISTER BIJ TE ZETTEN.**

Behalve de begeleiders van de stations zullen ook de bestuursleden van de werkgroep langs de route aanwezig zijn om dwalenden weer op het rechte pad te brengen.

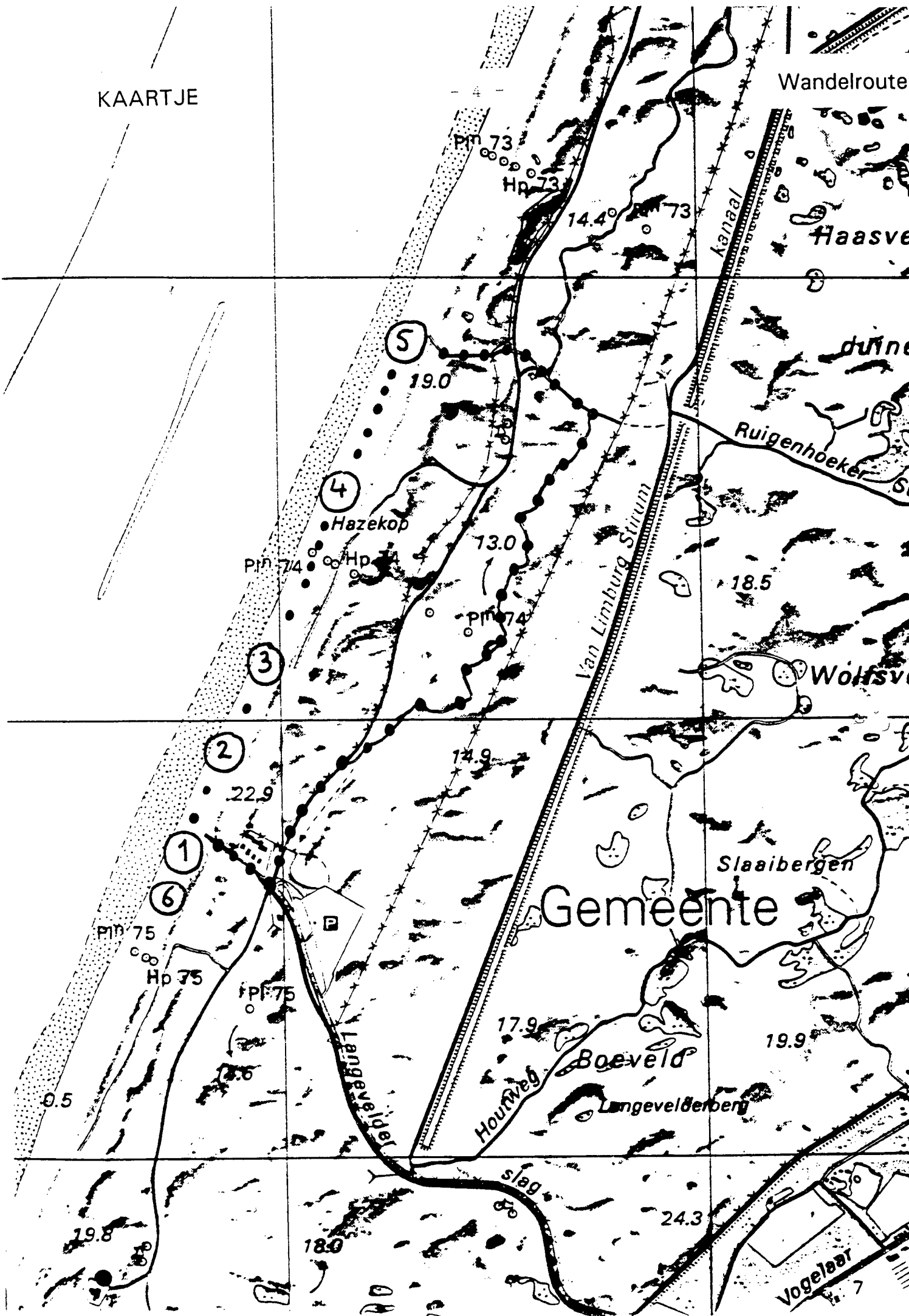
Onze verwachting is dat het strand smal en het weer geschikt zal zijn.

Veel plezier,

de werkgroep "Woudschoten aan zee".

KAARTJE

Wandelroute



Haasve

duine

Ruigenhoeker

Wolfsv

Slaaibergen

Gemeente

Boeveld

Langevelderberg

19.9

slag

Vogelaar

Pm 73

Hp 73

73

5

19.0

4

Hazelkop

13.0

Pm 74

Hp 74

Pm 74

3

2

22.9

14.9

1

6

Pm 75

Hp 75

fPm 75

0.5

17.9

19.8

18.0

24.3

7



# INHOUD

- 5 -

l\*b\*h

VOORWOORD	Voor elk wat wils ?	3
KAARTJE	Wandelroute	4
BELANGRIJK	Colofon	6
STATION 1	Metingen met vliegers	7
STATION 2	Nattigheid	9
STATION 3	Hoorbaarheid	12
STATION 4	Polarisatie, wolken en weer	14
STATION 5	Afstand meten	17
ONDERWEG	Hoe ver kun je zien ?	20
	Meetobjecten oprapen	21
STATION 6	De raketbaan	22
AANTEKENINGEN		24
LITERATUUR	Verwijzingen	27
KAARTJE	Overzicht Woudschoten aan zee	28

25<sup>E</sup> WOUDSCHOTENCONFERENTIE  
Congrescentrum Noordwijkerhout  
14-15 december 1990

UITGAVE VAN HMN/FEO Vakgroep Natuurkunde  
Postbus 14007, 3508 SB Utrecht  
telefoon 030-525111  
Archimedeslaan 16  
Utrecht

HOOFDREDAKTIE / SAMENSTELLING / LAY-OUT  
Marcel Blankensteijn

**REDAKTIE**

Marcel Blankensteijn (Station 2), Onno Boks (Station 1), Henk Mulder (Station 5), Klaas van der Veen (Station 4), Kees Vergouwen (Station 3) en Pietjan Wippoo (Onderweg).

**EINDREDAKTIE**

Klaas van der Veen

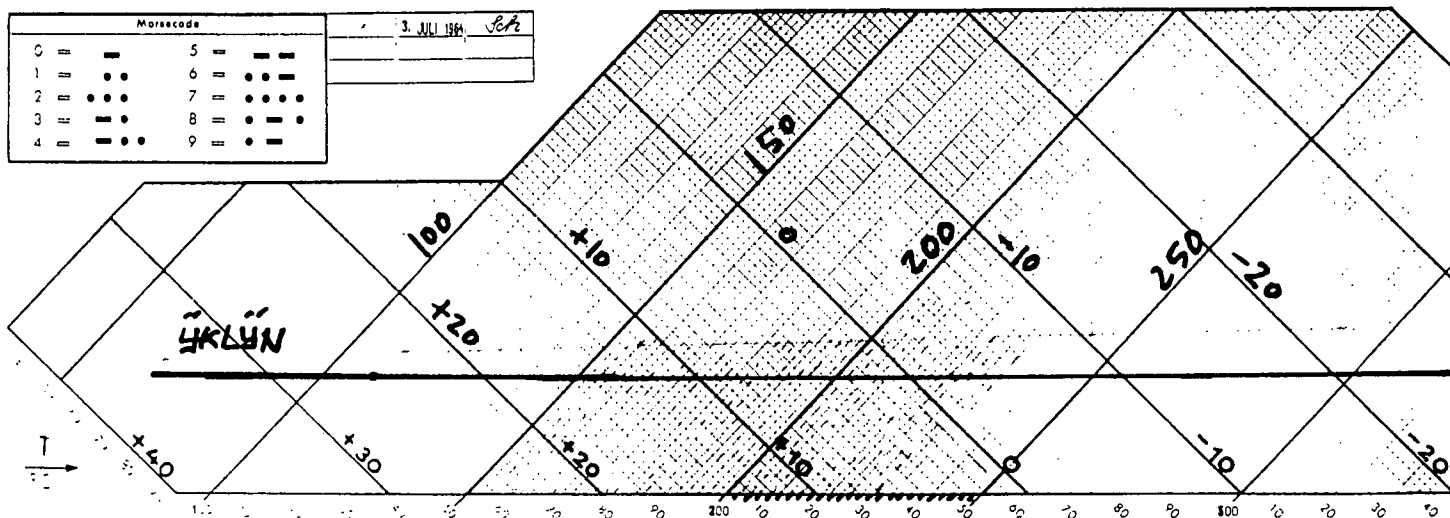
**DRUK**

Kopie Service IJmond, Beverwijk

Op dit station gaan we de temperatuur meten van de lucht.

Hoe verandert de temperatuur van de lucht met de hoogte ?

Je kunt op verschillende manieren de temperatuur van de lucht op verschillende hoogtes bepalen. Met bijvoorbeeld een minimum-maximum thermometer die bevestigd wordt aan een vlieger, maar ook met een radiosonde. De temperatuur wordt gemeten en wordt via een zender die morsesignalen uitzendt naar de grond geseind. Deze morsesignalen geven getallen van twee cijfers tussen 00 en 99. In de onderstaande ijkgrafiek (fig.1) kunnen we nu de temperatuur aflezen.



Figuur 1.

#### Toelichting :

De vetgedrukte getallen in de ijkgrafiek geven de temperatuur aan. De temperatuurlijnen staan schuin naar links-boven gericht. De dun gedrukte getallen geven de mogelijke door de radiosonde uitgezonden getallen aan. Als we nu bijvoorbeeld het sonde-getal 30 vinden zoeken we dat getal 30 dat ons het meest waarschijnlijk lijkt. Uiteraard kennen we de orde-grootte van de buitenluchttemperatuur. Vanaf 30 schuin naar rechts-boven tot bij de ijklijn. Daar lezen we nu de temperatuur af.

De hoogte van de vlieger is op diverse manieren te bepalen, maar daarvoor verwijzen we naar station 5.

#### Materialenlijst.

- Een radiosonde.
- Een zeer stabiele vlieger die de massa van de radiosonde kan dragen ( 450 gram ).
- Een behoorlijk lang stuk vliegertouw ( 100 meter ).
- Een 27 Mc ontvanger voor de morsesignalen.
- Een accu van 12 Volt.

#### Opdrachten / Uitvoering :

We gaan nu luisteren naar het morsesignaal die de sonde uitzendt. Welk getal is dat ?

Bepaal met de ijkgrafiek de bijbehorende temperatuur.

Meet de hoogte.

Door de vlieger nu op verschillende hoogtes te brengen kunnen we het temperatuurprofiel bepalen.

Op dit station gaan we het aardelektrisch veld bepalen.

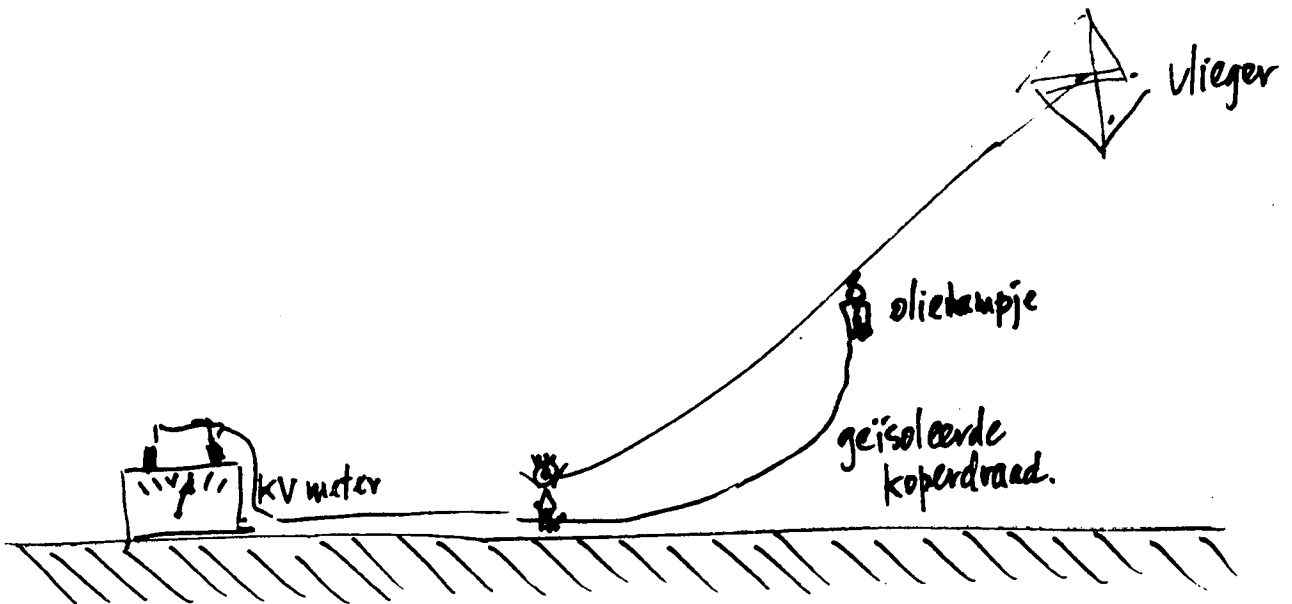
Verandert het aardelektrisch veld met de hoogte ?

We gebruiken een vlieger die in contact staat met een elektroscop op de grond.

Met een voltmeter alleen kan het spanningsverschil niet gemeten worden omdat je het spanningsverschil dan meteen kwijt bent.

Daarom wordt een elektroscop gebruikt.

Aan de lijn van de vlieger bevestigen we een olielampje. In de vlam komt het uiteinde te zitten van een koperdraad, die beneden aan de elektroscop verbonden is. De vlam is noodzakelijk voor de ionisatie, en dus de geleiding van de lucht.



Figuur 2.

Materialenlijst.

- Een vlieger.
- Een zeer goed geïsoleerde koperdraad.
- Een olielampje.
- Een elektroscop met een uitslag van 1 kV.

Opdrachten / Uitvoering :

We gebruiken de vlieger als vast hoog punt.

Door het olielampje op verschillende plaatsen langs de vliegerlijn te bevestigen, kunnen we op verschillende hoogten meten.

Wat geeft de elektroscop aan ?

We herhalen deze meting voor een aantal hoogtes.

Maak een grafiek met daarin het potentiaalverschil afgezet tegen de hoogte van de vlieger.

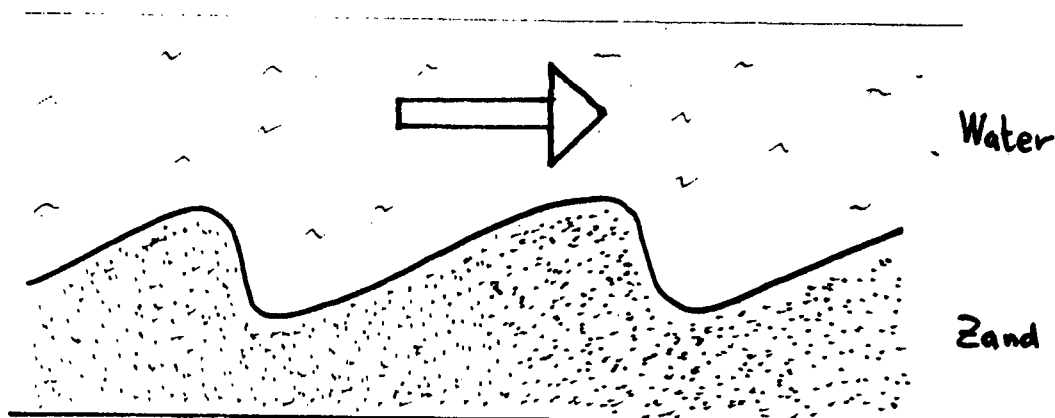
Literatuur (zie blz.27) :

Nº 2. 298-303, Nº 3. 285-287, Nº 4 en Nº 5.

Als we op het strand lopen kunnen we vaak stroken zand zien die mooi geharkt zijn. Een schitterend evenwijdig lijnenspel over soms wel honderden meters strand. Bijna altijd te vinden als het water laag staat en met wat harde wind ook op het droge zand of in de duinen. Bij nadere studie blijken de ribbels vanzelf te ontstaan en zich zelfs te verplaatsen.

#### Hoe komt dit ?

Laat men over een vlakke zandbodem water stromen, dan gaat het gladde oppervlak over in een oppervlak met regelmatige ribbels, de zogenaamde stroomribbels. De ribbels staan dwars op de stroomrichting. Ze zijn asymmetrisch en hebben een flauwe helling stroomopwaarts, de loefzijde, en een sterkere stroomafwaartse helling, de lijzijde (fig.3).



Figuur 3.

Aan deze zandribbels is zeer veel te meten, o.a. :

- de golflengte!
- de hoogte van de bergen t.o.v. de dalen
- de verplaatsingssnelheid van de ribbels etc.

Met satéstokjes en een touwtje kunnen we deze gegevens opmeten. Met gemillimeterde satéstokjes bepalen we de diepte van de dalen, door het touwtje te spannen van berg naar berg. In de bergen zetten we bijvoorbeeld prikker met daarop de tijd op een etiketje. Al na enige minuten is er een verplaatsing waar te nemen. Met behulp van bijvoorbeeld plastic balletjes kunt u de stroomsnelheid van het water bepalen.

Ook in droog zand zijn deze ribbels te zien, als het hard waait. Deze ribbels ontstaan op dezelfde manier, alleen dan door de verplaatsing van de lucht erboven.

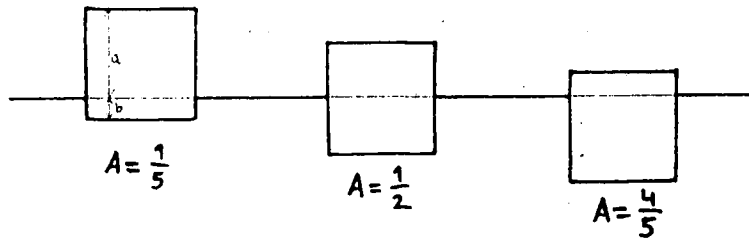
#### Opdrachten / Vragen :

(uitvoerbaar op plaatsen waar het water stroomt of de wind waait)

1. Probeer met zo min mogelijk geavanceerde meetapparatuur de meeste gegevens te verzamelen over stroomribbels.
2. Is er een minimale stroomsnelheid waarbij ribbels ontstaan ?
3. Wat is er allemaal nog meer aan de ribbels te meten ?
4. Maak een stukje bodem van een stroomgeul eens glad en let goed op waar en hoe de ribbels weer ontstaan.

Een drijvende lange homogene vierkante balk.

Bij het onderwerp zien we in boeken de bekende tekeningen :



Figuur 4.

waarbij via de Wet van Archimedes afgeleid kan worden dat

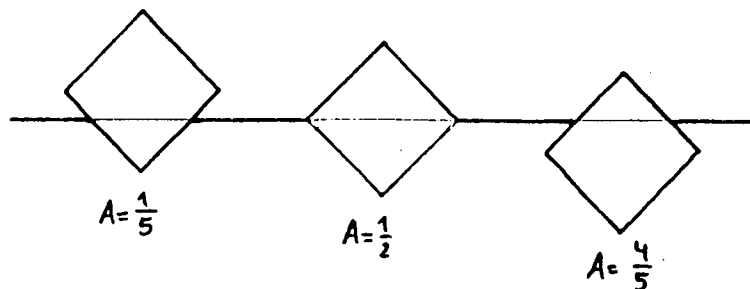
$$A = \frac{\text{dichtheid balk}}{\text{dichtheid vloeistof}} = \frac{b}{a + b}$$

Wat nemen wij waar ? (Zelf invullen)

---

Figuur 5.

Andere oplossingen die voldoen aan de Wet van Archimedes, hebben ook te maken met de oppervlakte boven en onder de vloeistofspiegel.



Figuur 6.

Het kiezen tussen de mogelijke oplossingen kan op basis van minimale potentiële energie.

1. zwaartepunt balk zo laag mogelijk
2. zwaartepunt verplaatste vloeistof zo hoog mogelijk
3. afstand tussen zwaartepunten zo klein mogelijk.

W.P.Reid werkt in Literatuur 7. de drie mogelijkheden uit.

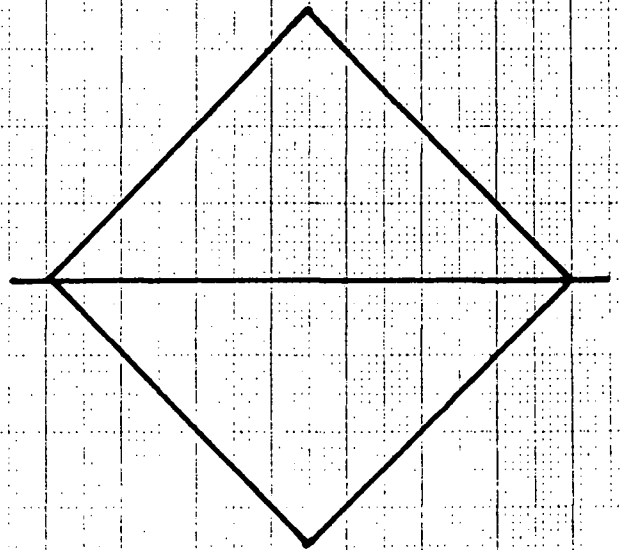
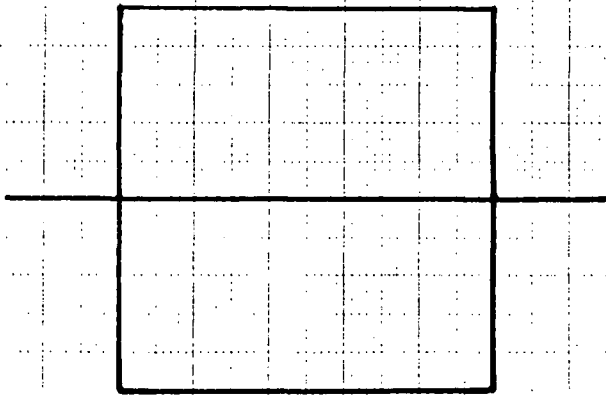
OPDRACHT :

Construeer zelf op pagina 11 voor  $A=0.50$  en  $A=0.15$  de zwaartepunten en bepaal hoe de balk zal gaan drijven.

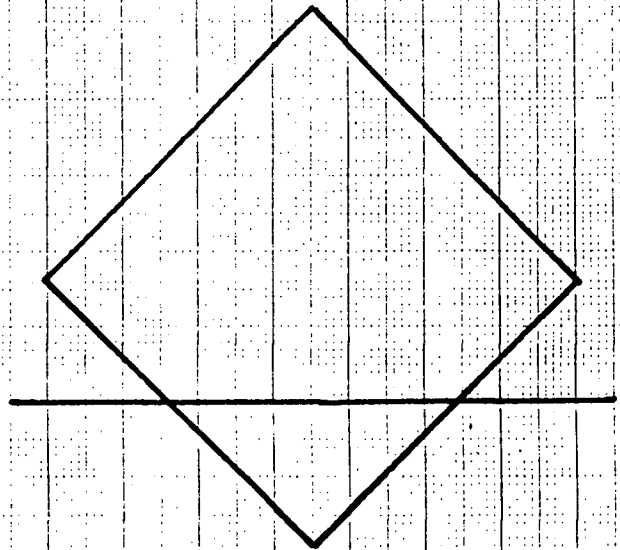
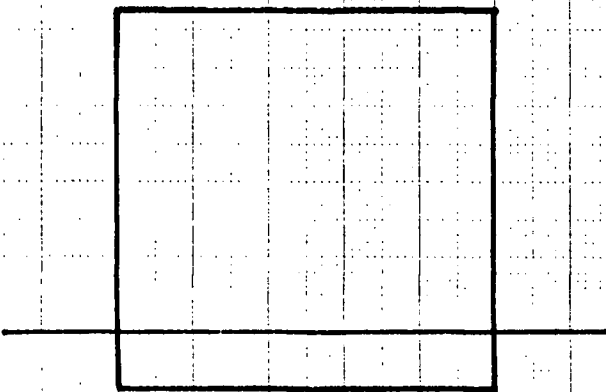
Literatuur (zie blz.27) :

Nº 3. 220-235, Nº 6. 293-312, Nº 7. en Nº 8.

Constructie-werkblad



A=0.50



A=0.15

De hoorbaarheid hangt van diverse factoren af.

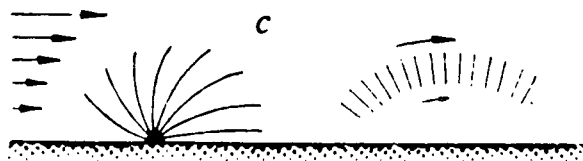
Minnaert bespreekt in Natuurkunde van 't Vrije Veld de A. invloed van de wind, B. invloed van de temperatuur, C. invloed van turbulentie en D. invloed van de rust in de omgeving. Tevens worden bronhoogte en waarneemhoogte genoemd als variabelen die invloed hebben op de hoorbaarheid. Wij voegen aan het lijstje de geluidsfrequentie toe.

De hoorbaarheid als de te meten grootheid.

Daar de hoorbaarheid een niet zo makkelijk direkt meetbare grootheid is kiezen we als maat voor de hoorbaarheid de geluidsterkte zoals gemeten met een dB(A)-meter.

Invloed van de wind.

Iedereen weet dat het geluid beter te horen is met de wind mee dan tegen de wind in. Dit is echter volstrekt niet vanzelfsprekend ! Als men er meer over nadenkt, zou men alleen verwachten dat in het ene geval de snelheid gelijk is aan die van geluid en wind samen, in het andere geval aan hun verschil. Maar van dat kleine onderscheid in snelheid kunnen we niets merken; wat we waarnemen is een sterk verschil in de geluidsterkte.



Ombuigen der geluidsgolven bij naar boven toenemende wind

Links : Geluidsstralen    Rechts : Golfvronten voor straal C

Figuur 7.

De verklaring werd gegeven door Stokes. De 'geluidsstralen' worden gekromd, doordat de wind boven altijd sneller is dan beneden en hij dus de golfvronten in hun hoogste gedeelten sterker meevoert (fig.7). Onder de wind wordt het geluid dus weer naar de waarnemer teruggevoerd, boven de wind bereikt hem het grootste gedeelte van het geluid niet meer. Het effect kan zo sterk zijn, dat kanonschoten die met de wind op 15 tot 25 km gehoord werden, tegen de wind reeds bij 550 m geheel onhoorbaar werden !

Het is moeilijk enige proeven te nemen over deze verschijnselen. We kiezen liefst een dag met betrokken lucht. Als geluidsbron gebruiken we een elektrische bel, die op een zakbatterijtje loopt en die we op een tafeltje van 30 cm hoogte leggen; een helper laat haar op een sein uit de verte even rinkelen. We verwijderen ons nu zover, tot het geluid af en toe hoorbaar is, af en toe verdwijnt. Bij windstilte bemerken we hoeveel beter we de bel horen als we rechtop staan dan als we op de grond gaan liggen; blijkbaar worden de geluidsgolven door wrijving tegen de begroei-de grond gedempt; de voortplanting op grote afstand is slechts mogelijk doordat er voortdurend nieuwe golven van uit de hoogte neerdalen. Dat de geluiden in de hoogte sterker zijn dan beneden blijkt ook als men in een boom klimt : de bel, die men eerst niet meer hoorde, klinkt dan ineens weer zeer duidelijk.



Bij sterke wind is het opvallend, hoe het geluid veel verder te horen is in de richting met de wind mee dan tegen de wind in (b.v. tot 100m tegenover 50). De hoogte van de waarnemer blijkt er vooral op aan te komen aan de kant van waar de wind waait ; verwijder u zover dat u de bel nog net hoort, en buk dan tot uw hoofd dicht bij de grond komt : het geluid is verdwenen. Aan die kant is er een soort 'geluidsschaduw' ontstaan, waarbinnen het geluid ons nog maar zwakjes bereikt door verstrooiing aan de turbulenties van de windstroom. Men heeft gevonden dat de afstand van die grens tot de geluidsbron ruw evenredig is met  $\sqrt{B} + \sqrt{W}$ , waarin B en W de hoogten van bron en waarnemer voorstellen. Juist daar wisselt de sterkte opvallend tengevolge van de turbulentie van de wind.

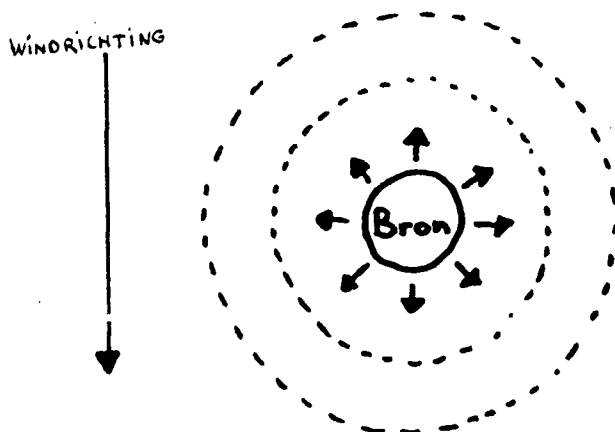
Houdt men de bel op een hoogte van 1.50 m, dan is ze ineens veel beter hoorbaar op afstand.

In bossen is er weinig wind en zijn sterkte verandert nauwelijks met de hoogte. De verzwakking wordt daar vooral bepaald door bomen en struiken.

Opdracht 1: Meet de invloed van de wind op de hoorbaarheid.

Uitvoering: Kies een opstelling waarin de andere variabelen min of meer constant zijn, in ieder geval constant genoeg om de effecten van de wind tot uiting te laten komen.

Als bron wordt een cassetterecorder op een tafeltje van 30 cm hoogte gelegd. De geluiden zijn opgenomen mbv. een toongenerator. Als geluidnivo-meter gebruiken we een eenvoudige dB(A)-meter van Tandy.



Figuur 8.

Meet de invloed van de wind op de hoorbaarheid door de isobel van 70 dB(A) te bepalen OF door in verschillende richting op gelijke afstand van de bron het geluidsnivo te meten. Noteer de resultaten van de metingen in figuur 8.

CONCLUSIE : .....

Opdracht 2 : Meet de invloed van de frequentie van de bron door bovenstaande meting bij een andere frequeuntie te herhalen.

CONCLUSIE : .....

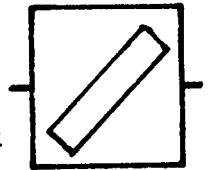
Literatuur (zie blz.27) : N° 2. 24-38

Op dit station kunnen we polarisatie van het licht om ons heen onderzoeken. Dit licht komt van de blauwe lucht, de wolken, het strand (nat en droog) en van de zee. Met behulp van de polariscope van Minnaert (een polarisatiefilter met een slim bevestigd cellofaanstrookje) kunnen we de volgende vragen beantwoorden:

- Is het licht om ons heen gepolariseerd ?
- Waar hangt de polarisatiegraad (mate waarin het licht gepolariseerd is) vanaf ?

#### Hoe maken we een polariscope van Minnaert ?

Kruis twee polarisatiefilters en houdt hiertussen een strookje cellofaanpapier. Daar waar het cellofaan zit komt er dan weer wat licht door de filters. Draai het cellofaan nu zo dat het doorgelaten licht maximaal wordt en plak het vast aan één der filters. De polariscope is gereed. Draaien wij nu deze polariscope rond met het cellofaan aan de kant van het invallende licht, dan zien we contrastfluctuaties tussen het deel met en het deel zonder cellofaan. De grootte van deze contrastfluctuaties is een maat voor de polarisatiegraad van het invallende licht.



OPDRACHTEN : (het best uitvoerbaar bij een blauwe lucht met wat wolken)

1. Bepaal de polarisatiegraad van de blauwe lucht ten opzichte van de positie van de zon. Kijk vlak náást de zon, op  $90^\circ$  van de zon en tegenover de zon naar de blauwe lucht.
2. Kijk met de polariscope tegelijkertijd naar een wolk en de omringende blauwe lucht. Doe dat ook op verschillende posities ten opzichte van de zon.
3. Bekijk met de polariscope de grijze onderkant en de rest van een wolk.
4. Bekijk op  $90^\circ$  van de zon een grijs wolkje ten opzichte van het omringende blauw.
5. Onderzoek met de polariscope het licht afkomstig van het droge strand, het natte strand en de zee.

#### WOLKEN

#### OPDRACHTEN :

(het best uitvoerbaar bij een afwisselende bewolking)

1. Welke soort wolken?  
Gebruik de determinatietabel van de volgende pagina om de wolkensoort(en) vast te stellen waar we vandaag mee te maken hebben ?
2. Bewegen de wolken?  
De beweging van wolken is goed te meten met een wolken Spiegel. Op het station zijn enkele wolken spiegels met gebruiksaanwijzing aanwezig.
3. Hoe hoog zitten de wolken?  
Als U bij 1. stapelwolken gedetermineerd heeft kan de hoogte van de onderkant van de wolken bepaald worden, door de temperatuur en het dauwpunt te meten met een slingerpsychrometer. De hoogte van stapelwolken en andere wolkentypen kan met een ballon bepaald worden, als deze hoogte niet meer dan 1 km bedraagt. (zie blz.15)
4. Bespreek onderling en zonodig met de stationsbegeleider of aan deze wolkenlucht een voorspellende waarde kan worden toegekend.



Met een spiegel op de bodem van een ondiep kistje, afgedekt door een doorzichtige kunststof deksel kunnen we de snelheid van wolken meten.

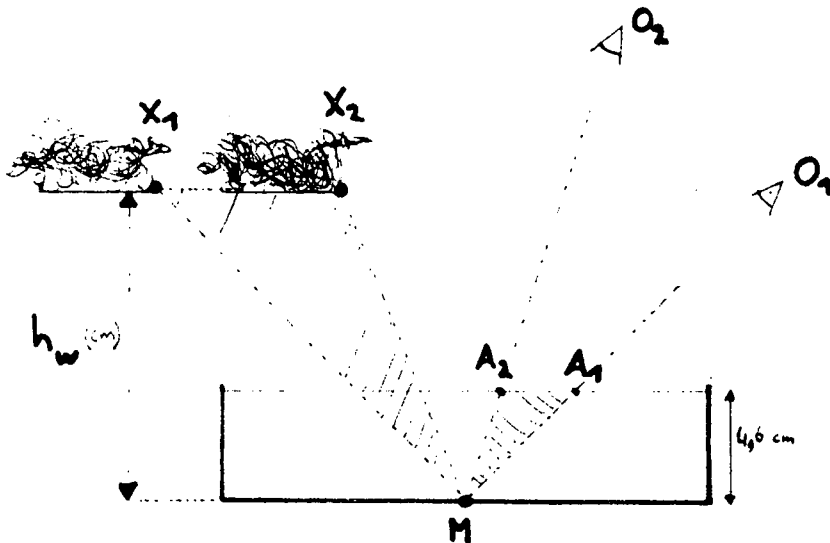
Hoe doe je dat ?

Zet een punt (M) midden op de spiegel (zie fig.9). Kies een goed herkenbaar punt van een wolk ( $X_1$ ) en laat door je hoofd te bewegen dit punt samenvallen met M. Je oog bevindt zich dan in  $O_1$ . Zet op dat moment een punt op de kunststof deksel ( $A_1$ ), dat je dan dus samen ziet vallen met M. Beweeg je hoofd zo, dat je M steeds samen ziet vallen met het herkenningpunt op de wolk. Zet na 30 seconden een tweede punt ( $A_2$ ) op de kunststof deksel. Je oog bevindt zich dan in  $O_2$ . Ga hiermee enkele minuten door. Bepaal met een kompas en de stippen  $A_1 \dots A_n$  de richting waarin de wolk beweegt.

Schat de hoogte van de wolk ( $h_w$ ) in cm met behulp van de wolken-tabel of anderszins. De hoogte van ons kistje is 4.6 cm.

Uit geometrische overwegingen volgt : 
$$\frac{X_1 X_n}{A_1 A_n} = \frac{h_w}{4.6}$$

waarin  $X_1 X_n$  de afstand is, die de wolk in ( $n * 30$ ) sec heeft afgelegd.



Figuur 9.

Bereken de snelheid van de wolk en vergelijk deze met de windsnelheid aan de grond.

Literatuur (zie blz.27) : N° 9. en N° 1.

Kinderen nemen van het strand altijd schelpen mee.  
Neem de suggestie over, en neem in plastic zak of doos of fles mee wat U aan het strand vindt.  
Thuis - op school - kunt U met de leerlingen er heel wat aan meten. Vooral dichtheidsbepalingen worden interessanter ! Bij deze krijgt U een uitgewerkt voorbeeld over zeezand en over zeewater. Ideeën voor het practicum-schoolonderzoek !

### Zeezand

Neem een leeg fotobusje met deksel. Weeg dit.  
Vul het geheel met kraanwater en weeg weer.  
Gooi het water er uit en droog goed af.  
Vul het busje tjokvol met kurkdroog zeezand en weeg weer.  
Laat daarna druppelsgewijs water op het zand vallen.  
Het water verdwijnt geheel in de ruimtes tussen de zandkorrels !  
Ga door tot het water niet meer wegzakt en als een plasje op het zand staat. Weeg het geheel.

Meetwaarden op elektronische weegschaal:

fotobusje leeg	6,8 gram
met water	39,4 gram
met droog zand	56,6 gram
water erbij	70,4 gram

### Uitwerking :

- massa water  $39.4 - 6.8 = 32.6$  gram, volume  $32.6 \text{ cm}^3$ .
- massa droog zand  $56.6 - 6.8 = 49.8$  gram.

- dichtheid droog zand  $\frac{49.8}{32.6} = 1.53 \text{ g/cm}^3$  (BINAS, 10a : 1.6)

- massa water bij zand  $70.4 - 56.6 = 13.8$  gram, volume  $13.8 \text{ cm}^3$
- eigen volume zandkorrels  $32.6 - 13.8 = 18.8 \text{ cm}^3$

- dichtheid zandmateriaal  $\frac{49.8}{18.8} = 2.65 \text{ g/cm}^3$

### Zeewater

Het verschil met de dichtheid van kraanwater is 2 tot 3%. Een fotobusje met zeewater is dan 1 gram zwaarder dan een fotobusje met kraanwater.  
Meet niet de massa's afzonderlijk, maar meet de verschil-massa direct op een balans : links het ene busje, rechts het andere.  
In een fles is de dichtheid te vergelijken met een drijvend rietje. Sluit dit van onderen af door een precies passend schroefje of spijkertje. Laat het recht op in het water zakken. Neem een ander schroefje als het rietje te diep of niet diep genoeg in het water zakt. Zet met watervaste pen een streepje op het rietje, tot waar het in het water zakt.  
Stel dat van een rietje van 20 cm onder water zit. 3% van 20 cm is 6 mm : dit is goed waarneembaar.

Literatuur (zie blz.27) : N° 3.206

De raket wordt gelanceerd onder een hoek van  $85^\circ$  met de horizon. De motor levert een stuwkracht van 200 N gedurende de eerste 0.8 seconde.

In grafiekjes is te zien:

1. de baan van de raket :  $y$  tegen  $x$ .
2. de hoogte van de raket :  $y$  tegen  $t$ .
3. de baansnelheid van de raket :  $|v|$  tegen  $t$
4. de baanversnelling :  $a$  tegen  $t$ .

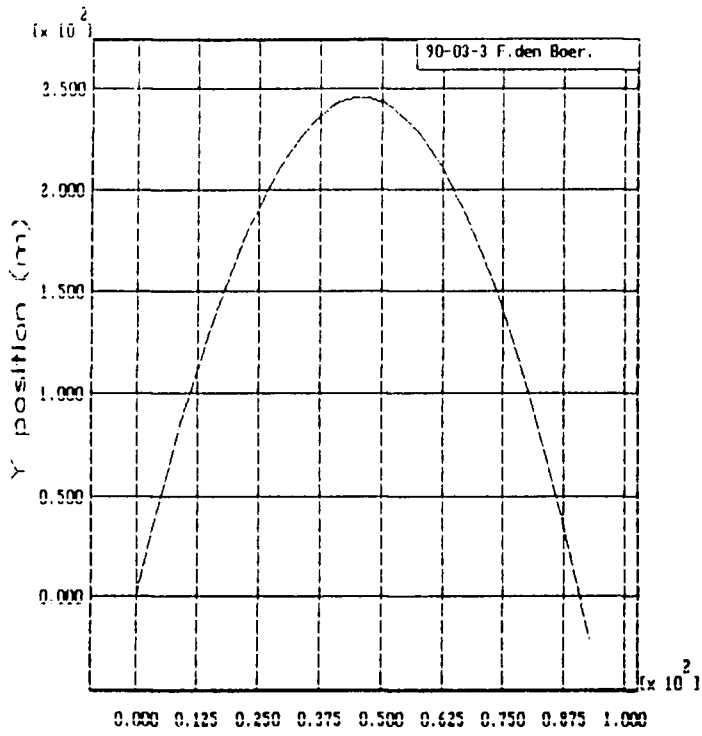
De eerste grafiek lijkt op de gewone parabool.

De tweede grafiek is al 'gekker'. De waarde van de snelheid is nooit negatief.

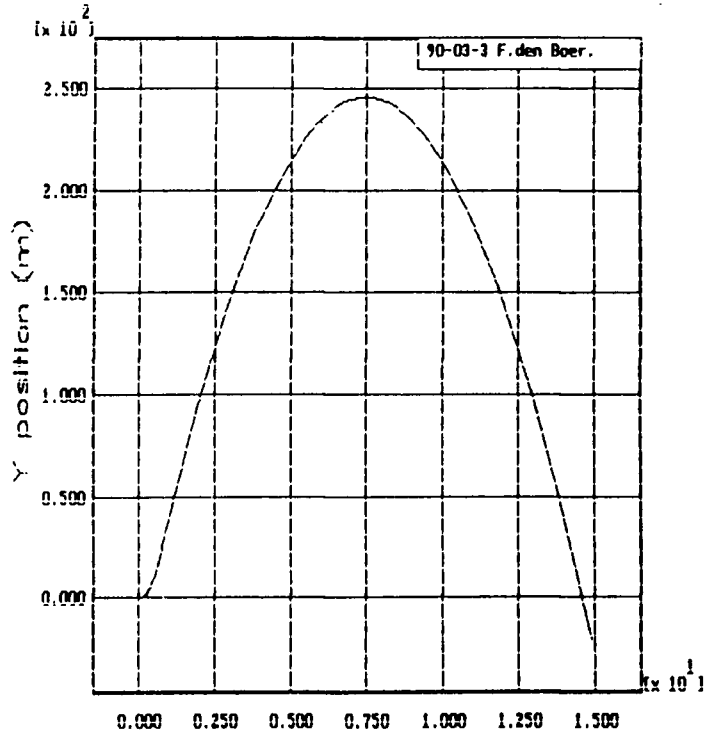
Vooraf de laatste grafiek komt ons vreemd over: in het hoogste punt is  $a=0$ . Omdat de baan daar horizontaal is, is de tangentiële versnelling 0; de normale versnelling is  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

Voor proefwerkvragen bieden de grafieken origineel feitenmateriaal. Bijvoorbeeld :

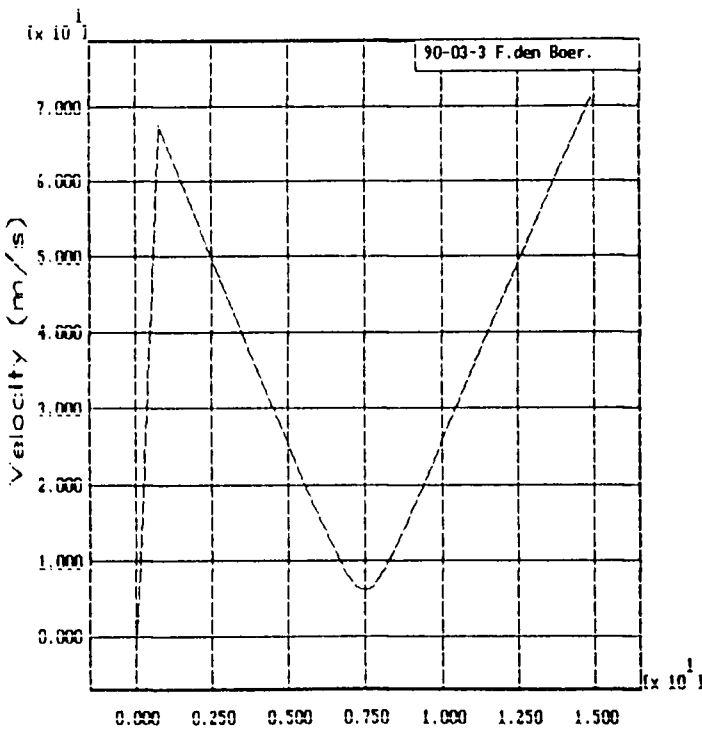
- Waar bevindt de raket zich als de grootste snelheid is bereikt ?
- Hoe groot is de snelheid in het hoogste punt ?
- Hoe groot is de baanlengte van de raket ?



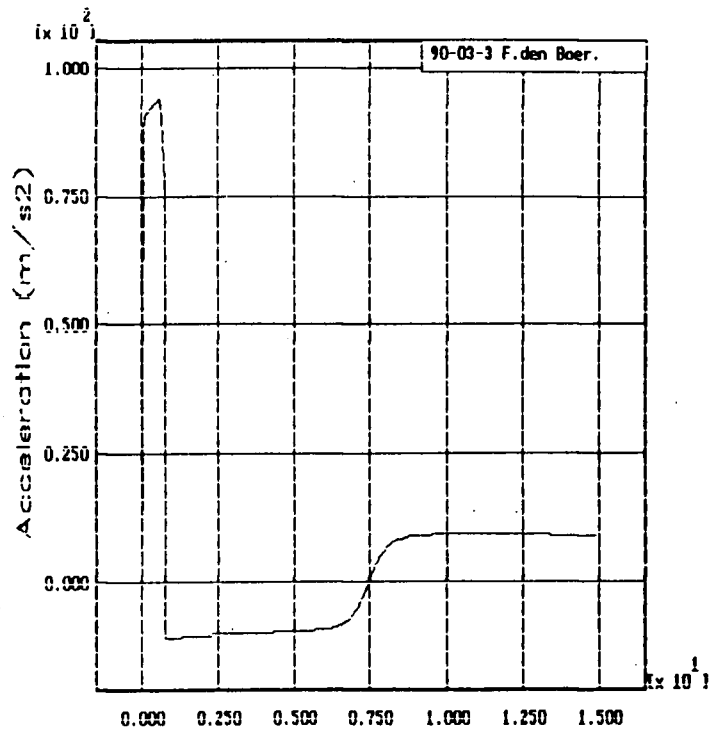
Plaatje 1



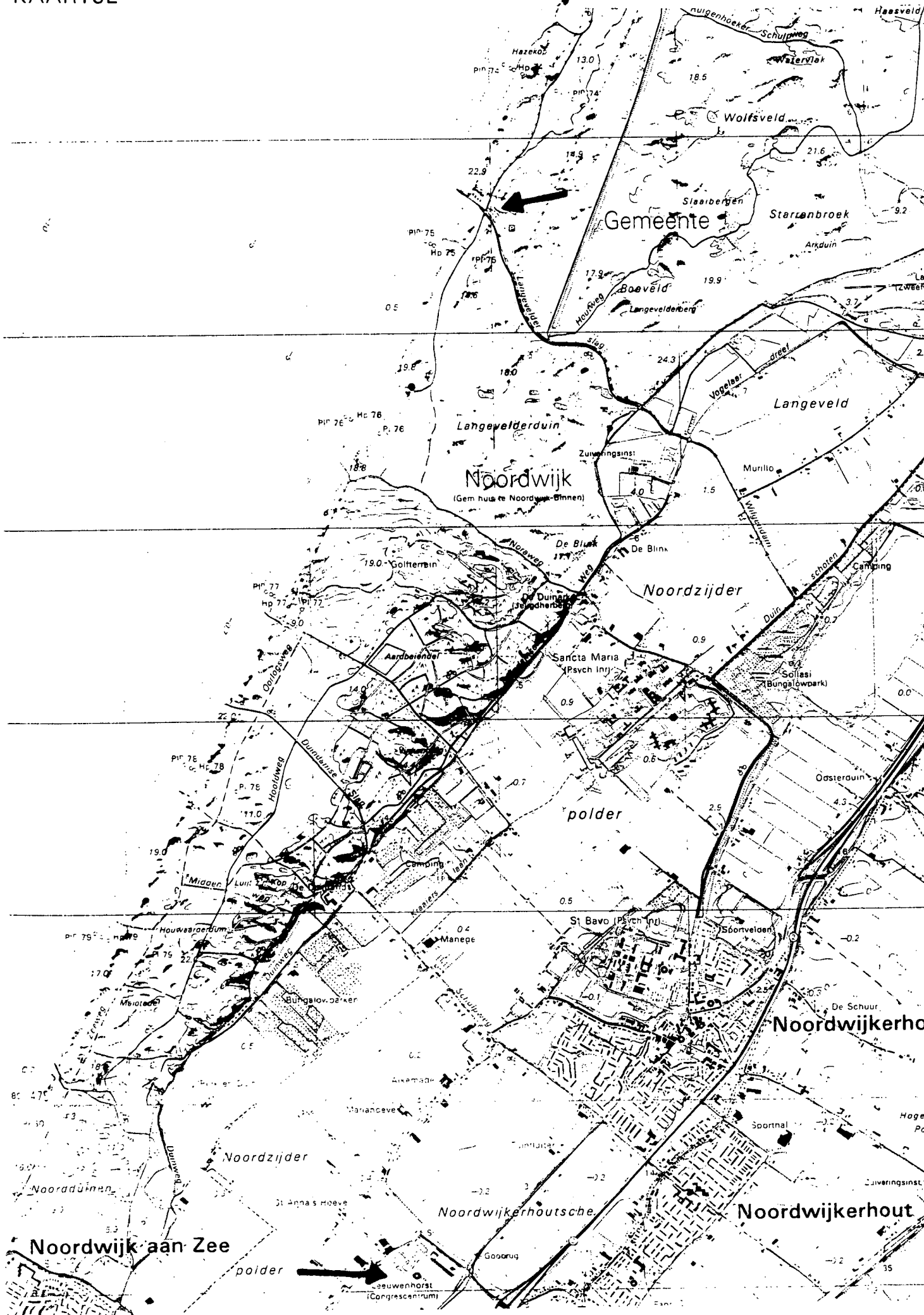
Plaatje 2



Plaatje 3



Plaatje 4





1. Prof.Dr.M.Minnaert Thieme & Cie, Zutphen, 1937  
De natuurkunde van 't vrije veld 1 408 pp.
2. Prof.Dr.M.Minnaert Thieme & Cie, Zutphen, 1938  
De natuurkunde van 't vrije veld 2 348 pp.
3. Prof.Dr.M.Minnaert Thieme & Cie, Zutphen, 1940  
De natuurkunde van 't vrije veld 3 321 pp.
4. KNMI (samenstelling) Teleac, Utrecht, 1978  
Wij en het weer 216 pp.
5. T.Smit (red) SOL/COCMA, Utrecht, 1988  
Natuurkunde van het vrije veld 177 pp.
6. Dr.A.J.Pannekoek (red) Wolters Noordhoff, 1984  
Algemene Geologie 599 pp.
7. W.P.Reid 1963  
American Journal of Physics, VOL.31, N° 8 p.565-568
8. R.de Vries Reilingh e.a. SOL-HMN, Utrecht  
Verslag over Drijven voor de cursus "Vrije Veld" 7 pp.
9. Dr.G.P.Können. Thieme & Cie, Zutphen, 1980  
Gepolariseerd licht in de natuur 152 pp.



# Markt





# Evaluatie

De laatste jaren wordt de conferentie geëvalueerd met evaluatieformulieren. Daarop wordt de mening van de deelnemers gevraagd over de lezingen, de werkgroepen en over de conferentie in zijn geheel.

Ook wordt nagegaan om welke redenen de deelnemers de conferentie bezoeken. Daarbij scoort dit jaar 'ideeën opdoen' verreweg het hoogst (3,4 op een 5-puntsschaal) met als tweede 'blijblijven' (2,9) en als derde 'sociale contacten' (2,1). Veel minder van belang is het thema van de conferentie (1,1). Kennelijk bezoekt een groot aantal deelnemers de conferentie, ongeacht het thema dat aangeboden wordt.

Zoals gebruikelijk worden organisatie en verzorging als zeer goed beoordeeld (beide 4,6 op een 5-puntsschaal). Kennelijk heeft de organisatie de sprong van 300 naar 400 deelnemers zonder al te veel problemen gemaakt. Ook het middagdeel op het strand viel in de smaak (4,6). Over het thema van de conferentie was men wat minder enthousiast (3,8).

De lezingen vond men goed aansluiten bij het conferentiethema (3,9), redelijk boeiend (3,6) maar - zoals bij dit thema te verwachten viel - niet zo erg bruikbaar voor de onderwijspraktijk (2,9). Opvallend was de hoge waardering voor de lezing van Boeker en vooral voor die van Jorde. (Voor tekst zie dit verslag).

Ook over de werkgroepen was men redelijk tevreden, al ontstaat er door het grote aantal toch een neiging naar de gemiddelde waarde:

boeiend	3,9
sluit aan bij thema	3,5
goed opgezet	3,7
nuttig in dagelijks werk	3,9

Opvallend was de hoge waardering voor de werkgroepen van Cornelisse/De Mink, Driver/Eijkelhof, Hellingman, Janssens/Tromp, Licht, en Mulder.

Een evaluatie kan gezien worden als het rapport dat de deelnemers - ervaren in dit opzicht - uitreiken aan het bestuur. Welnu, mede gezien het wat abstractere thema van de conferentie, is het bestuur tevreden met haar rapportcijfers.

