

WOUDSCHOTEN

'94

PRACTICA

**VERSLAG
WOUDSCHOTEN CONFERENTIE
1994**

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDACTIEK

**Ornsteinlaboratorium
Princetonplein 1
3584 CC Utrecht
Tel.: 030-531179**

Bestuur:

Voorzitter: H.M.C.Eijkelhof

Penningmeester: J.Kortland

Leden:
M.Bollen
F.Budding
J.Hellemans
G.Munters
T.Solomaniuck
P.J.Wippoo

Verslag

Redactie: H.M.C.Eijkelhof, J.Hellemans, G.Munters

Typewerk/layout: J.Andriese

Foto's: W.Hooymayers, P.J.Wippoo

Omslag: O.M.I.-Utrecht

Voorwoord

Practicum is in veel van de vorige 28 Woudschotenconferenties aan bod geweest, maar nooit eerder was de gehele conferentie aan dit onderwerp gewijd. Waarom heeft het bestuur van de Werkgroep voor dit onderwerp gekozen? Practica hebben in de loop van de laatste 30 jaar een vaste plaats in het natuurkundeonderwijs gekregen, wat blijkt uit de kerndoelen voor de basisvorming, de vaardigheidsdoelen in de examenprogramma's en de experimenten in de schoolboeken. Nieuwe leermiddelen en met name de computer hebben het mogelijk gemaakt een groter scala aan proeven te doen of te simuleren. Toch blijkt uit evaluaties van wat leerlingen nu werkelijk leren van practica dat deze leerwinst lang niet altijd bevredigend is. De vraag rijst hoe practica dan wel moeten worden ingericht om het leren van natuurkunde (in de breedste zin) te bevorderen.

Zoals gebruikelijk is het thema van veel kanten benaderd. Bij het benaderen van sprekers is gedacht aan vragen als: Wat is in de literatuur bekend over het rendement van practica? Hoe heeft het natuurkundepracticum zich in Nederland ontwikkeld? Welke mogelijkheden biedt informatietechnologie voor de practica? Hoe kun je practicumvaardigheden in het VO geleidelijk aan ontwikkelen? Wat kunnen we leren van het practicum bij het vak techniek, van het basisonderwijs, van universitaire practica, van Technica 10 en van televisiemakers? Wat heeft het buitenland (met name Duitsland en Engeland) ons te zeggen over practica?

Het bleek mogelijk meer dan veertig werkgroepen aan te bieden en dat grote aantal was ook wel nodig gezien het record aantal deelnemers van 507 (waarbij we nog eens 100 mensen hebben moeten teleurstellen die zich te laat inschreven). Dat grote aantal gaf enige logistieke problemen waar we nog niet aan gewend waren. Desondanks toonden de deelnemers zich in het algemeen zeer tevreden over de conferentie.

Bij lezing van het verslag wordt inhoudelijk wel duidelijk waarom men tevreden was, al kan het weinig weergeven van de waardevolle contacten in de wandelgangen. Het verslag is omvangrijk geworden en een mooie compilatie van praktijk en theorie rond practica anno 1994.

Aan het slot van de conferentie hebben we afscheid moeten nemen van Jan Willem Lackamp die 14 jaar actief deel heeft uitgemaakt van het bestuur. Wij zijn hem zeer dankbaar voor al het werk dat hij voor de Woudschotenconferenties heeft verricht.

Van de gelegenheid maak ik ook graag gebruik om de sponsors van de conferentie (het IVLOS van de Universiteit Utrecht en de Stichting Physica) te bedanken voor hun steun. Maar het zijn vooral de deelnemers die de conferentie maken en we hopen dat u helpt de komende conferentie weer succesvol te laten zijn.

Harrie Eijkelhof
voorzitter WND



Afscheid Jan Willem Lackamp



Inhoud

Voorwoord
Inhoud
Programma
Uitreiking Minnaertprijs 1994

Lezingen

Practicum: Wonderolie voor het leren van natuurkunde? <i>E.v.d.Berg</i>	1
Rol van het practicum aan de (Vrije) universiteit <i>J.Buning</i>	9
Practicum in perspectief, 1924-1994 <i>D.van Genderen</i>	13
Nieuwe media in het practicum: gereedschappen voor onderzoekend leren met de computer <i>C.Mulder & P.Molenaar</i>	23
Freihandversuche. Probleme und Möglichkeiten experimenteller Minimalversuche <i>H.J.Schlichting</i>	33
The development of practical work in the National Curriculum in England and Wales <i>R.Millar</i>	41
Tussen droom en daad <i>P.M.Pilgram</i>	51
De lol van het practicum <i>P.J.Wippoo</i>	67
De krenten in het klokhuis <i>H.Blankesteijn</i>	71
Practicum en probleemoplossen <i>G.Verkerk</i>	73
Techniek een aantrekkelijk aanbod voor alle kinderen? <i>M.Knottenbelt</i>	79

Werkgroepen

1. De wereld in een druppel <i>C.A.Bleijerveld</i>	85
4. Onderzoek doen <i>M.Roes</i>	88
5. Practicumtoetsen-in-varianten <i>H.Joosten</i>	90
6. Stoffen en materialen <i>I.Bergsma</i>	92
7. Fourieranalyse van de stem en andere geluidsbronnen <i>P.P.M.Molenaar & C.de Boer</i>	94
8. Grafische Modelomgeving in IP-Coach 4.0 <i>C.Mulder & A.Mooldijk</i>	96
9. P!t-tige Computerproeven Basisvorming voor Na/Sk + BI <i>K.Dolsma & P.Geerke</i>	99
10. IP-Coach Junior <i>C.de Beurs, L.L.Leermakers & H.Zandbelt</i>	101
12. Lesmateriaal met computerproeven voor Verkeer en veiligheid <i>G.de Goede</i>	103
14. Beter begrip door practica: dat gaat niet zomaar! <i>P.Dekkers</i>	107
15. Vrije veld experimenten op school? <i>K.Vergouwen</i>	110
16. Elektronisch dobbelen met HAVO-4 <i>L.Heimel & C.Heesbeen</i>	112
18. Problem-solving in het natuurkundep practicum: een gevalstudie <i>F.Nijs</i>	113
19. Een open onderzoek aan gekoppelde trillingen: Wat leren de leerlingen ervan? <i>H.Vos</i>	115
20. Eigen opdracht in 6 vwo: de klas als onderzoeksgroep <i>J. van der Meulen</i>	117
21. Practicum: haalbaar met banas?! <i>E.Wisgerhof & A.J.Zwarteveen</i>	120

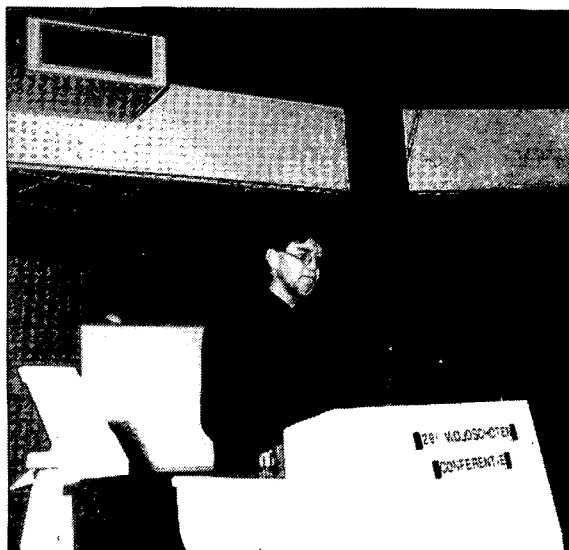
22. Het oefenen van onderzoeksvaardigheden zonder practicum <i>J.Buning</i>	123
23. Ervaringen met IP-Coach in VWO-2 op Het Amsterdams Lyceum <i>F.Eerkens & G.S.Zwiers</i>	126
25. Versnelling in het practicum <i>A.Boersma, B.Landheer & M.Stobbelaar</i>	132
26. Systematisch Groepswerk in 4vwo <i>J.W.Drijver & H.S.Wielenga</i>	134
27. Demonstraties, practica, begripsvorming <i>E.v.d.Berg</i>	137
29. Natuurkunde-Relatieleer <i>M.C.van den Berg-Vloemans & J.A.Kobussen</i>	140
30. ANW en NME <i>M.Bruinvels</i>	142
31. Electronic Workbench: alternatief voor een elektriciteitspracticum (analoog/digitaal) <i>A.P.M. v.d.Ven, G.P.Beukema & J.A.M.Zwegers</i>	143
32. Natuur-/scheikunde in de basisvorming <i>P.van Aalten</i>	144
33. Zelfstandig leren; een praktische oplossing <i>J.Frankemölle & P.van Meeuwen</i>	146
34. Algemene Natuurwetenschappen voor iedereen in de tweede fase <i>R.Genseberger</i>	148
35. Practicum in een vliegtuig <i>M.Lambriex & C.van Oorschot</i>	151
37. Natuurkundige verkenningen met behulp van een "Handcomputer" <i>H.Broekman & T.Hengeveld</i>	152
38. Communiceren met een Bulletin Board <i>Tj.Wieberdink & Th.Pernot</i>	154
39. Open onderzoek: De Nuffield benadering <i>C.Price</i>	155
42. De trigger 741 <i>H.Coolen</i>	158
Lijst van deelnemers	161

PROGRAMMA

29e "WOUDSCHOTEN" CONFERENTIE

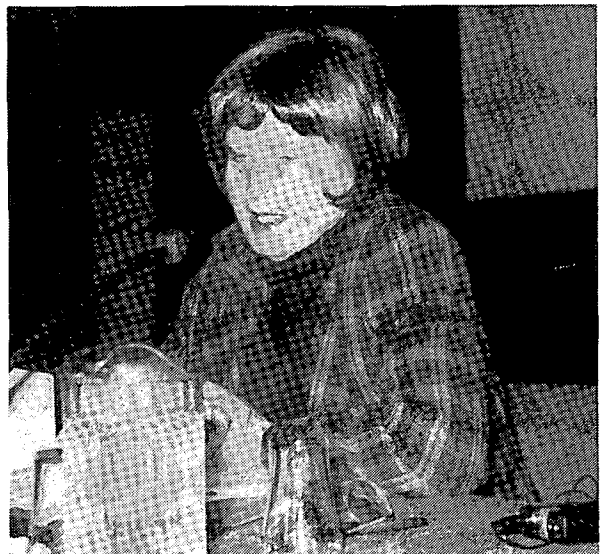
Vrijdag 16 december

- 10.00 - 14.00 uur** Woudschoten Junior (alleen voor studenten)
- 13.30 - 14.40 uur** Ontvangst
- 14.40 - 14.50 uur** Opening van de conferentie door de vice-voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, **Drs. J.W.Lackamp**
- 14.50 - 15.00 uur** Informatie over de conferentie door de conferentievoorzitter, **Drs.P.Vegting**
- 15.00 - 15.50 uur** Lezing door **Dr. E.v.d.Berg** (VU, Amsterdam): Practicum, wonderolie voor het leren van natuurkunde?
- 15.50 - 16.10 uur** Uitreiking Minnaertprijs
- 16.10 - 16.40 uur** Thee
- 16.40 - 17.20 uur** Keuze uit vier lezingen:
- **Drs. J.B.Buning**: De rol van het practicum op de (Vrije) Universiteit
- **Dr. D.van Genderen**: Practicum in perspectief, 1924-1994
- **Drs. F.L.M.Spijkers**: Practicum bij Natuurkunde en Techniek
- **Drs.C.H.T.Mulder en Drs.P.P.M.Molenaar**: Nieuwe media in het practicum
- 17.30 - 18.00 uur** Aperitief
- 18.00 - 19.15 uur** Diner
- 19.30 - 21.00 uur** Werkgroepen
- vanaf 19.30 uur** Markt



Zaterdag 17 december

- 7.45 - 8.45 uur Ontbijt
- 9.00 - 9.50 uur Lezing door **Prof.dr.H.J. Schlichting** (Universiteit Essen):
Freihandversuche. Probleme und
Möglichkeiten experimenteller
Minimalversuche
- 9.55 - 10.45 uur Keuze uit drie lezingen:
- **Dr. R.Millar**: Children's un-
derstanding of how to inves-
tigate in science
- **P.M.Pilgram**: Tussen droom
en daad: ideeën en realiserings-
wijzen t.a.v. het practicum op
de basisschool
- **Drs.P.J.Wippoo**: De lol van
het practicum
- 10.45 - 11.10 uur Koffie
- 11.10 - 12.35 uur Werkgroepen
- 12.40 - 13.40 uur Lunch
- 13.45 - 14.35 uur Keuze uit drie lezingen:
- **Drs.H.Blankesteijn**: De kren-
ten in het klokhuis
- **Dr.G.Verkerk**: Practicum en
probleemoplossen
- **Drs.M.Knottenbelt**: Tips voor
een aantrekkelijk aanbod
- 14.40 - 15.00 uur Thee
- 15.00 - 15.30 uur Plenaire presentatie:
Natuurkunde in pretparken
Teams van Vlaamse en Neder-
landse docenten
- 15.35 uur Sluiting conferentie
- 15.50 uur De bus staat klaar voor vertrek
naar Leiden



Minnaertprijs: juryrapport



Maarten van Woerkom: een creatief en scherpzinnig docent

Maarten van Woerkom is een uiterst creatieve natuurkundeleraar die door zijn bruikbaar enthousiasme, zijn grote vakkennis en zijn vermogen om zaken helder te formuleren, veel betekent voor het nederlandse natuurkunde onderwijs. Gedurende een lange reeks van jaren heeft hij voor leraren en vooral voor leerlingen materiaal ontwikkeld dat direct aanspreekt en leidt tot zelfwerkzaamheid bij de lezer.

Actief in de kring Twente is hij lang geleden betrokken geweest bij de ontwikkeling van een docentencursus Weerkunde die hij voor veel collega's ook heeft gegeven.

Recente voorbeelden van zijn creativiteit zijn zijn bijdragen aan de Natuurkunde Prijsvraag. Deze prijsvraag is een activiteit onder auspiciën van NNV en NVON en heeft tot doel leerlingen enthousiast te maken voor het vak natuurkunde. Deze activiteit werkt alleen als er inspirerend materiaal voor handen is waarmee leerlingen aan de gang kunnen en resultaten kunnen boeken. Voor dit doel verscheen in 1988 van zijn hand 'Zeepbellen en zeepvliezen', een boekje van zo'n 40 bladzijden met tal van mogelijkheden voor leerlingen om op dit gebied spelerwijs met natuurkunde om te gaan, van eenvoudige experimenten bedoeld voor leerlingen uit de onderbouw tot complexere experimenten voor bovenbouw leerlingen. Het boekje ademt een sfeer van: 'het doen van proeven is niet moeilijk als je zorgvuldig werkt en als resultaat krijg je er veel voor terug'. Of zoals hij zelf zegt: 'Wie de moeite neemt proeven over zeepvliezen en zeepbellen uit te voeren zal een schitterende kleurrijke ervaring rijker worden.'

Twee jaar later was zijn enthousiasmerende introductie tot het onderwerp 'Fotografie en Natuurkunde' nog veel

uitgebreider; 100 bladzijden. In dit boekje verklaart hij met behulp van door hem met de computer getekende instructies op een uitstekende manier driedimensionale beelden en daarmee zeer verrassende tweedimensionale registraties.

De aandacht voor details en de wens om alles zo helder mogelijk uit te leggen en zo het onderwerp toegankelijk te maken, maakt hem tot een leraar pur sang.

Veel collega's hebben onlangs kennis kunnen nemen van een ander prachtig werkstuk van zijn hand. Hij heeft materiaal samengesteld voor een nascholingscursus over elementaire deeltjes. Zijn toezegging om o.a. met dit materiaal een docentenhandleiding bij het onderwerp elementaire deeltjes samen te stellen heeft er toe geleid dat de NNV hem als eerste een NNV beurs voor natuurkunde docenten heeft toegekend. Het resultaat is een docentenhandleiding met de titel 'Elementaire deeltjes en fundamentele wisselwerkingen'. De toch waarlijk niet eenvoudige materie heeft hij een vorm gegeven waar experts, die de conceptversie mochten lezen, van stelden dat de tekst en de illustraties het onderwerp op een eenvoudige en heldere manier bespraken zonder de fysica geweld aan te doen. En dat is een van de moeilijkste opgaven waar een auteur in zo'n vertaalslag voor komt te staan. In de concepttekst kon een hooggeleerde screener pas op bladzijde 100 een onnauwkeurigheid vaststellen. Het meer dan 150 bladzijden dikke boek, dat in 1993 is verschenen, is een bron van inspiratie voor docenten en leerlingen geworden die zich op de "nieuwe elementaire deeltjesfysica" willen oriënteren.

Was dit een bijdrage aan een onderwerp uit het bovenbouw onderwijs van het VWO, een onderdeel dat jammer genoeg inmiddels alweer grotendeels uit het examenpro-

gramma is verdwenen, ook voor de minder geschoolde leerling heeft hij boeiend materiaal ontwikkeld.

In de maanden september en oktober van 1994 is een project natuuronderwijs voor leerlingen in groep 7 en 8 van het basisonderwijs door de Nederlandse Onderwijs Televisie uitgezonden. Het thema was "Lucht". Maarten van Woerkom heeft voor dit thema een Werkboek en een Handleiding geschreven, materiaal dat door meer dan 50.000 leerlingen gebruikt wordt. Onder zijn leiding zijn op zijn school de televisie opnamen gemaakt van veel experimenten die in de t.v.uitzendingen getoond werden.

Op een vaak wat onverwachte manier laat hij toehoorders meekijken in zijn keuken, of dat nu is tijdens een lezing op de Woudschotenconferentie met een uitstekende audiovisuele presentatie of tijdens een, vooral ook voor niet-natuurkundigen bedoelde, demonstratie bellenblazen op Magiorama doet er niet toe.

Hij staat met beide benen bescheiden op de grond en draagt de experimentele kant of nog meer de kant waarbij je gewoon praktisch bezig kunt zijn een zeer warm hart toe. Hij draagt steeds weer zijn enthousiasme voor de natuurkunde op zijn eigen speciale manier uit.

Al deze activiteiten worden uitgevoerd naast een normale aanstelling als leraar op een middelbare school. Dat hij op die school ook nog leraren in opleiding begeleidt is mooi meegenomen. Hoe iemand zoveel werk kan verzetten zal voorlopig wel een raadsel blijven.

Zijn scherpzinnigheid heeft hij jarenlang gedemonstreerd tijdens zijn lidmaatschap van de adviescommissie docenten die het eindexamen voorbereiden en op dit moment in zijn werk als lid van de Cevo-vaksectie.

Kortom, Maarten van Woerkom een beminlijk mens die creatief een positieve bijdrage levert aan het nederlandse natuurkunde onderwijs.

De jury is dan ook van mening dat hij de Minnaertprijs ten volle verdient.



Lezingen

Practicum¹: Wonderolie voor het leren van natuurkunde?

E. v. d. Berg

Om maar met de deur in huis te vallen: vergelijkend onderzoek van lesmethoden (in het buitenland) met en zonder practicum laat maar weinig verschillen zien tussen leerlingen die wel en leerlingen die geen practicum hebben gehad. De verschillen zitten voornamelijk in vaardigheid in het manipuleren van apparatuur, maar niet in kennis/begrip of onderzoeksvaardigheden. Deze uitspraak is niet gebaseerd op een enkel onderzoek, maar op resultaten van tientallen studies. Tegen elk van deze studies is wel iets in te brengen, maar de consistentie tussen de resultaten van al die studies is te hoog om te negeren. Hoewel onderzoekers al meer dan 10 jaar bekend zijn met de teleurstellende uitkomsten van practicum, blijken docenten en beleidsmakers minder goed op de hoogte te zijn.

Dit artikel start met een korte beschrijving van resultaten van onderzoek en probeert dan aan te geven waarom het rendement van practicum zo laag is en wat dan blijkbaar cruciale factoren zijn in de didactiek van practicum.

Doelen van practicum

Het gebruik van practicum kan verschillende doelen hebben, bijvoorbeeld.:

1. Ondersteuning van theorie d.m.v. verificatie of "ontdekkings"proeven.
2. Het leren onderzoeken met behulp van experimenten (het komen tot een vraagstelling, variabelen vertalen in meetbare grootheden, hypothesen stellen en toetsen, conclusies trekken, uitkomsten van experiment terugkoppelen naar opzet en theorie, etc.).
3. Het leren gebruiken van een aantal meetinstrumenten en practicum technieken (meten van temperatuur, pH, stroomsterkte, titreren, gebruiken van een microscoop, etc.).
4. Motiveren van leerlingen.
5. Betekenis laten zien van "experimentele" wetenschap.

De term "practicum" is natuurlijk niet eenduidig en kan slaan op vaardigheidstraining in het gebruik van een



microscoop tot het doen van eigen onderzoek. We beschouwen een lesmethode als "practicum" als leerlingen zelf meten en/of waarnemen en zelf apparatuur hanteren.

Onderzoek

Vier zeer uitgebreide samenvattingen van onderzoek naar de uitkomsten van practicumonderwijs (Bates, 1978; Hofstein & Lunetta, 1982; Garrett & Roberts, 1982; Hodson, 1993) concludeerden het volgende:

1. Practicum is beter dan andere lesmethoden in leren gebruiken van apparatuur en meettechnieken.
2. Practicum is *niet* beter dan andere methoden in het leren van theorie/begrippen.
3. Practicum is *niet* beter dan andere methoden in het leren onderzoeken.
4. Practicum kan inderdaad leiden tot een wat betere motivatie (maar zoals te zien in 2 en 3 vertaalt zich dat niet direct in betere prestaties).

Dit zijn "gemiddelde" resultaten, gemiddeld over veel klassen en docenten. Er kunnen dus best klassen en docenten zijn waar practicum tot goede resultaten leidt, maar in de gemiddelde situatie vallen de resultaten van practicum sterk tegen en dat leidt tot de vraag: Is practicum het waard?

UITSPRAKEN OVER PRACTICUM

Bates 1978

Klassikale uitleg, demonstratie en practicum methoden lijken even effectief in het overbrengen van kennis. Practicum is superieur in het onderwijzen van vaardigheden in het hanteren van apparatuur. Sommige soorten van "inquiry" practicum activiteiten lijken beter dan klassikale uitleg/demonstratie of verificatie practicum in het onderwijzen van het proces van onderzoeken. Echter, docenten moeten vaardig zijn in de didactiek van leren onderzoeken ("inquiry").

Reif and St. John (1979, p. 950) schreven het volgende over de voorkandidaats practica aan een bekende universiteit (waarschijnlijk Berkeley University in de VS):

De meeste studenten kunnen een zojuist gedaan experiment niet zinvol samenvatten. Meestal herinneren ze zich enkele handelingen van het practicum, maar kunnen ze het doel van het experiment niet uitleggen, noch de achterliggende theorie, of gebruikte methoden. Ondanks een aantal uren werk in het laboratorium lijken de studenten weinig te leren van deze ervaring.

Bovengenoemde onderzoeksresultaten druisen in tegen de overtuigingen van de meeste docenten natuurwetenschappen. Zoals eerder gezegd, de diverse studies over de effectiviteit van het practicum zijn zeker voor kritiek vatbaar, maar de consistentie in uitkomsten van tientallen onderzoeken is ongevoelbaar hoog en kan niet genegeerd worden. We kunnen twee alternatieve conclusies trekken:

- 1) gebruik practicum **alleen** voor onderwijs in apparatuurvaardigheden en **niet** voor leren onderzoeken en ondersteuning van begripsvorming, of
- 2) de practicum methode wordt verkeerd toegepast en kan met een betere didactiek wel betere resultaten opleveren dan andere lesmethoden.

Wij kiezen voor het tweede alternatief en zullen de rest van het artikel gebruiken om deze keuze te onderbouwen en iets te zeggen over practicumdidactiek (Van den Berg & Giddings, 1992).

Drie soorten practicum

Eerder werd een lijstje gegeven van doelen van practicum. Die doelen zijn zeer verschillend en vereisen een verschillende didactiek. Het zich niet voldoende bewust zijn van die verschillen is zeker één van de oorzaken van tegenvallende practicum resultaten.

1. Apparatuurpracticum: Voor veel practicumvaardigheden als solderen, titreren, of het maken van microscoop preparaten bestaat een beste of veiligste manier. Een paar duidelijke aanwijzingen en uitgebreide oefening met supervisie kunnen tot goede resultaten leiden. Eventuele discussie is tamelijk convergent: "waarom doen we het zus en niet zo". Een practicum met kookboekachtige instructies van eerst doe je dit en dan dat, mag best. Kortom, een vaardigheden practicum is kookboekachtig met duidelijke voorschriften en aanwijzingen, en veel oefening. Beasley (1979, 1983) is een van de weinigen die gewerkt heeft aan didactiek voor dit soort practica.

2. Onderzoekspracticum: Bij leren onderzoeken gaat het om cognitieve vaardigheden m.b.t. het verwerven en toetsen van kennis. Dit soort vaardigheden wordt vaak *process skills* genoemd in de internationale onderwijs literatuur. Voorbeelden van dergelijke vaardigheden zijn (Tabel 1²): het komen tot een probleemstelling, het vertalen van een probleem in concrete vragen, het vertalen van vragen in een experiment, het vertalen van variabelen in meetbare grootheden (komen tot operationele definities), observeren, meten, verwerken van gegevens in tabellen en grafieken, conclusies trekken, beperkingen

erkennen, etc.). De meeste van deze vaardigheden staan genoemd in het WEN programma, een aantal deelvaardigheden staat ook in de kerndoelen voor de basisvorming.

In tegenstelling tot het apparatuurpracticum, vereist het onderzoekspracticum juist vrijheid voor de leerling om keuzes te maken in de opzet van experimenten en ruimte voor discussie tussen leerlingen onderling en met de docent over de voor- en nadelen van diverse mogelijkheden. Verder zullen, zeker in de onderbouw, diverse vaardigheden apart geoefend moeten worden en soms kan dat zelfs zonder apparatuur (bv. oefenen met tabellen en grafieken, of een opzet maken voor een experiment als huiswerk voor het practicum).

Soms zal de nadruk liggen op het vóórwerk, het ontwerpen van experimenten (vaardigheden 1.1 - 1.5 uit de tabel), soms op uitvoering, soms op verwerking en presentatie van gegevens. De meest algemene vaardigheden als observeren, meten, opschrijven en verwerken van resultaten komen in vrijwel elk practicum aan bod. Onderzoeksvaardigheden kunnen niet volledig gescheiden worden van natuurkunde kennis (de context) waarmee geoefend wordt. Als de nadruk in een bepaald practicum ligt op oefening in onderzoek, dan is het beter om te werken met relatief gemakkelijke leerstof opdat begripsmogelijkheden het leren van onderzoeksvaardigheden niet in de weg staan.

3. Begripspracticum³: Een practicum ter ondersteuning van begripsontwikkeling zou moeten bestaan uit een uitgekende serie activiteiten waarbij -beginnend bij leerlingideeën en intuïties- zorgvuldig een begrip wordt opgebouwd en afgezet tegen zogenaamde misconcepties. De vereiste sturing in zo'n proces rechtvaardigt een gestructureerde benadering, maar ook een open interactie tussen leerlingen en docent opdat verkeerde interpretaties van leerlingen duidelijk naar voren komen. Als nadruk ligt op begripsontwikkeling, dan is het beter ingewikkelde apparatuur en hoge eisen aan experimenteervaardigheid te vermijden, opdat het proces van begripsvorming niet onnodig gecompliceerd wordt. Kwalitatieve "houtje-touwtje" proeven zijn vaak beter voor begripsvorming dan nauwkeurige metingen met ingewikkelde apparatuur. De apparatuur kan juist "ruis" veroorzaken in de begripsvorming.

Eén van de problemen met practicumonderwijs is dat deze drie soorten practicum nu juist niet onderscheiden worden. Bijvoorbeeld, in een onderbouw elektriciteitspracticum verwachten we dat leerlingen schakelingen lezen en maken, meters juist te plaatsen, etc. We verwachten ook nog dat begrippen als

Tabel 1: onderzoeksvaardigheden

1.0 OPZET VAN EXPERIMENT

De leerling:

- 1.1 Formuleert te onderzoeken probleem.
- 1.2 Formuleert hypothese.
- 1.3 Ontwerpt experiment (onafhankelijke en afhankelijke variabelen).
- 1.4 Ontwerpt observatie- en/of meetprocedures voor elke variabele (operationele definities).
- 1.5 Voorspelt resultaten.

2.0 UITVOERING VAN EXPERIMENT

De leerling:

- 2.1 Observeert, meet.
- 2.2 Manipuleert.
- 2.3 Schrijft resultaten op.
- 2.4 Berekent.
- 2.5 Legt uit of belist over experimentele technieken.
- 2.6 Werkt volgens eigen opzet.

3.0 ANALYSE EN INTERPRETATIE

De leerling:

- 3.1 Transformeert resultaten in standaardvorm (tabellen).
- 3.2 Stelt relaties vast (inclusief grafieken).
- 3.3 Beschrijft/besprekt nauwkeurigheid gegevens.
- 3.4 Beschrijft/besprekt aannames.
- 3.5 Formuleert generalisaties.
- 3.6 Verklaart relaties.
- 3.7 Formuleert nieuwe vragen/problemen.

TOEPASSINGEN

De leerling:

- 4.1 Voorspelt op basis van resultaten van onderzoek.
- 4.2 Formuleert hypothesen voor follow-up.
- 4.3 Past experimentele techniek toe op nieuw probleem.

stroom en spanning beter begrepen zullen worden. De problemen met het schakeling maken zullen de begripsvorming gewoon vertroebelen. Veel beter is het om de vaardigheidscomponent te scheiden van de begripsdoelen van het practicum. Oefen leerlingen eerst in wat basisvaardigheden als schakelingen bouwen met meters erin. Dat kan snel en efficiënt (één les). Pas als dat lekker loopt, gebruik dan die vaardigheden in een practicum om meer over de begrippen stroom en spanning te leren (bv. serie en parallel schakeling, wet van Ohm, etc.).

Het is goed apparatuurpractica te scheiden van begrips- en onderzoekspractica. Vaak is het mogelijk in de eerste 10 minuten van een practicum de vaardigheden te oefenen en dan pas over te gaan naar de begrippen of onderzoeksvaardigheden. Apparatuurpractica hoeven vaak geen hele les te duren, ze kunnen voorafgaan aan een begrips- of onderzoekspracticum. Hoe dan ook, het is goed het apparatuurpracticum begripsmatig te scheiden van de andere twee omdat een heel andere aanpak vereist is. Vooral op onderbouw niveau is het goed de begrips-, onderzoeks-, en apparatuurpractica goed uit elkaar te

houden. Op hogere niveaus zullen practica meer geïntegreerd zijn, maar ook dan is het belangrijk duidelijke prioriteiten te stellen m.b.t. leerdoelen. Voor een bepaald practicum moet men zich afvragen wat de twee of drie belangrijkste doelen zijn i.p.v. alles tegelijk te willen bereiken. Met een duidelijke keuze van doelen en prioriteiten weten docenten en leerlingen beter waar ze aan toe zijn.

Het zal duidelijk zijn dat het onmogelijk is een begripspracticum uit te voeren dat geen vaardigheden vereist, of een onderzoekspracticum zonder begripskennis. Ons voorstel is echter practica zo in te richten dat het accent op één van de drie (begrip, onderzoeksvaardigheden, apparatuurvaardigheden) ligt, bijvoorbeeld, dat een begripspracticum niet met (voor leerlingen) onbekende apparatuur gedaan wordt en niet geheel nieuwe analysevaardigheden eist, of dat een onderzoekspracticum niet teveel gebruik maakt van begrippen die nog niet beheerst worden.

Echt onderzoek en ook het EXO (eigen experimenteel onderzoek in vwo 6) is een integratie van apparatuurvaardigheden, onderzoeksvaardigheden, en begripsvorming. Uiteindelijk moeten de 3 soorten practicum dus geïntegreerd aan bod komen.

Suggesties:

1. Beslis over het hoofddoel van het practicum (begrip, onderzoeksvaardigheden of apparatuurvaardigheden) en kies een daarbij passende didactiek.
2. Maak een lijstje van a) begrippen, b) onderzoeksvaardigheden en c) apparatuurvaardigheden die in het practicum een rol spelen en probeer het aantal nieuwe begrippen en vaardigheden zeer beperkt te houden.
3. Het is aan te raden nieuwe apparatuurvaardigheden even apart te oefenen in een vóórpracticum.

Keuze van practicumproeven

Veel proeven zijn "vaste prik" geworden in het practicum gebeuren zonder dat de "waarde" van die proeven of de beste manier van presenteren ooit is vastgesteld. Leren de leerlingen er wel wat van? Neem bijvoorbeeld de vrije val demonstratie van een veer en een stukje lood in een vacuümgezogen buis. Ik herinner me de proef uit de 2de of 4de klas hbs, maar de essentie van die proef is destijds nooit tot mij doorgedrongen. Een proef met twee ongelijke stenen zou me meer hebben kunnen leren over de massa-onafhankelijke valversnelling g .

Het veertje en het lood had de laatste proef moeten zijn in een hele serie over de valversnelling, waarin men eerst de massaonafhankelijkheid van g laat zien met stenen, daarna voorwerpen neemt waar luchtwrijving een rol speelt (papierblad versus papier propje en steen), en uiteindelijk de veer en het lood in de buis.

Aan de andere kant zijn er ook veel proeven die juist niet gedaan worden. De afgelopen 15 jaar is er veel onderzoek gedaan naar intuïtieve ideeën van leerlingen over de natuur. Voorbeelden zijn dat leerlingen (en hun ouders) denken dat zwaardere dingen sneller vallen dan lichte (ook wanneer wrijving geen rol speelt), dat de stroom naar een lamp groter is dan de stroom uit een lamp, dat een batterij een constante stroom geeft i.p.v. een constante spanning. Begripspractica zouden daar nu net op in moeten spelen, maar dat gebeurt nog erg weinig. Bijvoorbeeld, welke practicumserie heeft proeven om de stroomsterkte voor en na een lamp te meten, of om *expliciet* te laten zien dat de stroomsterkte van een spanningsbron niet constant is, maar afhankelijk van de schakeling? Onderzoek naar remediatie van die leerlingideeën of misconcepties heeft een aantal duidelijke aanwijzingen opgeleverd voor het soort van proeven waar leerlingen van zouden kunnen leren (zie Van den Berg & Bosch in het 1991 Woudschotenverslag). Bijvoorbeeld, Liem's (1987) boek met simpele "counterintuitive" proeven is een prachtige bron voor demonstraties⁴. Overigens, voor het aanbrengen van begrippen zijn demonstraties soms effectiever dan practicum vanwege de betere docentcontrole over het leerproces.

Sommige experimenten met ingewikkelde apparatuur zijn "black-box" experimenten waarin de natuurkunde voor leerlingen verborgen blijft. Experimenten uitgevoerd met eenvoudige apparatuur of zelfs met alledaagse voorwerpen, werken didactisch vaak beter.

Suggesties (vooral voor begripspractica):

1. Bekijk kritisch of een demonstratie niet effectiever en efficiënter is dan practicum.
2. Sluit aan bij begripsproblemen van leerlingen.
3. Kies eenvoudige proeven met geen of zeer "doorzichtige" apparatuur.

Practicumdoelen en werkbladen

De grote curriculum beweging van de zestiger jaren in de VS legde veel nadruk op onderzoeksvaardigheden. Leerlingen moesten leren onderzoeken. Kennis heeft vaak slechts tijdelijke waarde, maar het kunnen vergaren en valideren van benodigde kennis is een vaardigheid die een leven lang van belang is. Dit alles onder het motto: *Geef me een vis en ik heb eten voor een dag, leer me vissen en ik eet een leven lang*. Het vissen was het onderzoeken. Een aantal jaren geleden analyseerde een groep onderzoekers practicumwerkbladen van bekende Amerikaanse curricula (o.a. van de natuurkunde curricula PSSC, en Harvard Project Physics, de diverse versies van BSCS biologie, en CBA en CHEM Study voor scheikunde). Ze kwamen met de volgende conclusies (Tamir and Lunetta, 1981, p. 482):

Zelden of nooit wordt de leerling gevraagd om:

- a. een onderzoeksvraag te formuleren;
- b. een hypothese te formuleren of te toetsen;
- c. experimentele resultaten te voorspellen;
- d. te werken volgens eigen ontwerp;
- e. nieuwe vragen te formuleren gebaseerd op onderzoek;
- f. een experimentele techniek toe te passen gebaseerd op een zojuist uitgevoerd onderzoek.

Deze conclusies komen overeen met engels onderzoek geciteerd in de dissertatie van Verkerk (1983). Als van leerlingen nooit geëist wordt dat ze voorspellingen doen, of onderzoeksvragen formuleren, of zelf een proefje uitdenken, hoe kun je dan verwachten dat ze onderzoeksvaardigheden leren? Soms kunnen bestaande practicum werkbladen met enkele eenvoudige veranderingen meer onderzoeksgericht worden. De internationale *science education* literatuur bevat veel voorbeelden van onderzoekspractica (zie literatuurlijst). In Nederland is er voor natuurkunde een bovenbouwserie ontwikkeld door de TU Eindhoven en voor biologie is er een uitgebreide collectie onderzoekspractica in het SPIN materiaal. Resultaten van proeven in veel boeken en practicum handleidingen zijn reeds bekend voordat een leerling de proef doet, of kunnen gevonden worden op de volgende pagina. Dus is de leerling erop gericht het juiste antwoord te krijgen i.p.v. na te denken over doel en methoden van de proef.

Suggesties (vooral voor onderzoekspractica):

1. Kies de onderzoeksvaardigheden die centraal zullen staan in dit practicum.
2. Is practicum noodzakelijk of is er een efficiëntere manier om de betreffende vaardigheden te oefenen?
3. Controleer de uiteindelijke practicuminstructies om te zien of de gewenste vaardigheden er wel echt inzitten.

Practicumbegeleiding

In een serie observatie studies van zo'n 70 voorkandidaats practica in de VS vonden Kyle e.a. (1982) dat de docenten (en assistenten) vaak "het leren" tegenwerkten i.p.v. stimuleerden. Docenten waren voornamelijk bezig met apparatuurvoorziening en vragen over apparatuur en soms met het beantwoorden van vragen waar leerlingen nu juist over na moesten denken. Dit is trouwens iets waar we onszelf ook voortdurend op betrapten tijdens een practicum. De docenten waren tamelijk ongetrainde aio's. Galton en Eggleston (1981) observeerden het gedrag van ervaren middelbare school docenten in Engeland en vonden dat leerlingen zelden gevraagd werd naar voorspellingen van experimentele resultaten en naar uitleg. Mijn eigen ervaringen in Nederland en andere landen bevestigen dit beeld. De meeste interactie tussen leerlingen en docent betreffen uitvoering en apparatuur van proeven (het hardware niveau), niet opzet en interpretatie (begrippen en onderzoeksvaardigheden).

Onderzoek (Doyle, 1985; Sanford, 1987) over leerlingtaken in de klas en thuis laat zien dat docenten (waaronder ikzelf) een zeer sterke neiging hebben het cognitieve niveau van taken te verlagen door "hulp" aan leerlingen. Dat kan zijn door een klassikale hint te geven, het kan ook gebeuren via interactie met leerlingen of zelfs door het geven van antwoorden.

Dus zelfs als practicuminstructies goed gelegenheid bieden om onderzoeksvaardigheden te oefenen, kan "begeleiding" roet in het eten gooien.

Gedurende het practicum werken leerlingen vaak in groepjes. Vanwege apparatuur schaarste gebruikten we in Indonesia meestal groepjes van vier. We dachten dat we goed practicum gaven, maar bij een practicumtoets sprong de ene na de andere zekering eruit. Wat was er gebeurd? In de meeste groepjes hadden één of twee studenten de proeven gedaan en de rest had als "notulist" gewerkt. Dit incident is niet beperkt tot onze klassen in Indonesia. In gemengde groepen hebben jongens er het handje van alles naar zich toe te trekken en meisjes notuleren. De enige manier om dit soort problemen te voorkomen is door een praktische manier te vinden om (af en toe) leerlingen individuele practicum cijfers te geven.

Als illustratie van onduidelijke doelen, onduidelijke instructies, en onduidelijke begeleiding geven we het volgende voorbeeld dat opgenomen is in Nieuw-Zeeland⁵:

Voorbeeld 1: Het volgen van instructies

Observator (O) in klas met 30 leerlingen die in paren werken:

O: Wat zijn jullie aan het doen ?

L1: Hmm..die hier (wijst naar stap 3 in boek) nummer 3.

O: Wat is dat ?

L1: (Kijkt naar partner die niets zegt, pakt dan het boek).

O: Kun je het me vertellen zonder eerst te lezen ?

L1: Ik ben het vergeten.

O: Waar gaat het experiment over ?

L1: (Geen antwoord, een grijns).

Later is hetzelfde paar jongens bezig een gele stof te verwarmen.

O: Wat ben je nu aan het doen ?

L1: Dit aan het verwarmen.

O: O ja, waarvoor ?

L1: Wel...(rent naar zijn tafel aan de andere kant van het lokaal en komt terug met zijn boek) we doen nummer 5.

O: Wat deed je voordat je het begon te verhitten ?

L1: Deze hier (wijst naar nummer 3 en 4 van de instructies).

O: Kun je me vertellen wat je gevonden hebt ?

L1: We hebben dit gele spul.

O: Weet je waar dit experiment voor dient ?

L1: Nee, eigenlijk niet.

Voorbeeld 2: Een voorbeeld van "control" in een experimentele opzet.

De observator (O) leest uit een leerlingenschrift: Er was geen glucose in de controlebuis.

O: Wat is een controlebuis ?

L1: Was dat de beker?

L2: Een andere buis of zoiets.

L1: O ja, we moesten een reageerbuis gebruiken met iets anders erin.

O: Dus die controlebuis is een speciale buis of zoiets ?

L2: Nee, het is een gewone buis.

O: Waarom wordt het controlebuis genoemd ?

L1&L2:(Halen schouders op en giechelen een beetje)

Probeer dit soort vragen ook eens te stellen tijdens een practicum en zie of de bedoelingen van het practicum wel of niet duidelijk zijn overgekomen. Wij adviseren de docent om voor elk practicum een stuk of drie vragen te formuleren waarmee hij/zij rondloopt gedurende het practicum en leerlingen interviewt. Dat helpt in het focuseren van het practicum op enkele hoofdzaken, zowel voor docent als leerling.

Suggesties:

1. In de meeste practica is het nuttig een vòdr - en een nadiscussie te organiseren. Een voordiscussie kan soms in de les voorafgaande aan het practicum met een huiswerktaak eraan vastgeknoopt (bijvoorbeeld, bedenk een experiment om uit te vinden of...). Wat de nadiscussie betreft is het vaak beter het practicum voortijdig af te breken voor de discussie, dan de discussie uit te stellen tot de volgende les.

2. Schrijf voor elk practicum enkele vragen op, direct gerelateerd aan de hoofdoelen, en ga daarmee gedurende het practicum de klas in. Dat voorkomt een afzakken van leerling-docent interactie tot uitsluitend apparatuurniveau (figuur 2).

Practicumevaluatie

Practicum evaluatie gebeurt vaak op grond van schriftelijke toetsen over de inhoud van het vak en niet over onderzoeksvaardigheden. Voor begripspractica is dat geen probleem, voor onderzoeks- en apparatuurvaardigheden wel. Als practica wel apart worden geëvalueerd, is dat meestal via practicumverslagen die vaak te standaard en te algemeen zijn om te zien of bepaalde vaardigheden nu wel of niet beheerst worden. Het kan tijdbesparend en beter zijn een practicumverslag toe te spitsen op enkele hoofdpunten en slechts heel af en toe een volledig verslag te eisen. Een deel van de onderzoeksvaardigheden kan schriftelijk getoetst worden, bijvoorbeeld: het maken van een onderzoeksopzet, het werken met tabellen en grafieken. Een ander deel zal via practicumtoetsen moeten (bv. CITO) of via individuele toetsing gedurende leerlingpractica, bijvoorbeeld: meetvaardigheden, vragen over meetopstelling en nauwkeurigheid, vaardigheid met apparatuur. Het is daarbij belangrijk dat leerlingen weten waarop ze beoordeeld worden. Net als alle andere werkvormen moet practicumonderwijs duidelijk zijn in doelstellingen en direct daaraan gekoppelde evaluatie. Overigens zijn er aanwijzingen (Ben Zvi et al., 1977) dat bij een echte practicumevaluatie de goede cijfers niet noodzakelijk bij de beste leerlingen (op schriftelijke toetsen) terecht komen.

Suggesties:

1. Wat zijn de hoofdoelen, hoe kan gemeten worden of die bereikt zijn, en hoe kunnen deze doelen duidelijk gemaakt worden aan leerlingen.
2. Er zijn vaak tijdbesparende alternatieven voor verslagen schrijven (en corrigeren).

Conclusies

Kortom, er zijn nog veel vragen rond de effectiviteit van practicum. Oorzaken van zwakke resultaten van practicum vergeleken met andere lesmethoden zouden kunnen zijn: het niet duidelijk definiëren van doelen, het door elkaar laten lopen van drie (aanvankelijk) onverenigbare soorten practicum, inconsistenties tussen doelen en de vormgeving van het practicum in werkbladen, tussen doelen en begeleiding, en tussen doelen en cijfergeving. Als we onze "preek" moesten samenvatten in enkele punten, dan zouden we dat doen als volgt:

- I. Stel vast of een practicum begrips-, onderzoeks-, of apparatuurpracticum is.
- II. Voor een begrips- of onderzoekspracticum: zijn er apparatuurvaardigheden die nog geoefend moeten worden? Doe dat dan eerst en apart alvorens in het begripsonderzoeksgedeelte van het practicum te duiken.

- III. Voor een onderzoekspracticum: Kies uit de tabel enkele onderzoeksvaardigheden en richt de aandacht daarop i.p.v. alles tegelijk te doen. Zorg dat in een practicumserie de meeste vaardigheden aan bod komen.
- IV. Voor een onderzoekspracticum: Een aantal vaardigheden kunnen ook wel eens zonder practicum geoefend worden (bv. grafieken, ontwerpen).
- V. Voor een begripspracticum: Kies proeven die zinvol zijn voor leerlingen en niet alleen voor natuurkundigen en sluit aan bij de intuïties (preconcepties) van leerlingen.
- VI. Formuleer voor elk practicum enkele vragen om:
 - a. het practicum mee te beginnen (zonder resultaten daarin weg te geven!),
 - b. voor de begeleiding (om mee de klas in te gaan), en
 - c. voor de slotbespreking, bv. "waar ging het om", "wat hebben we geleerd, wat weten we nu dat we eerst niet wisten", "wat verbaasde je", etc.N.B. Het kan beter zijn een practicum vroegtijdig te beëindigen en ruimte te laten voor een slotdiscussie dan door te gaan "tot de bel".
- VII. Vooral voor een onderzoekspracticum is het vaak handig om in de les voor het practicum wat voorbereidingsvragen mee te geven als huiswerk.

Nog even terug naar de wonderolie. Practicum is duidelijk geen wondermiddel voor leren. Op één punt is er toch een overeenkomst met wonderolie (een laxemiddel): er beklijft niet zoveel. Laten we samen zoeken naar een practicumdidactiek die effectiever is en beter nadenken over keuze van practicumproeven, werkbladen, begeleiding en evaluatie.

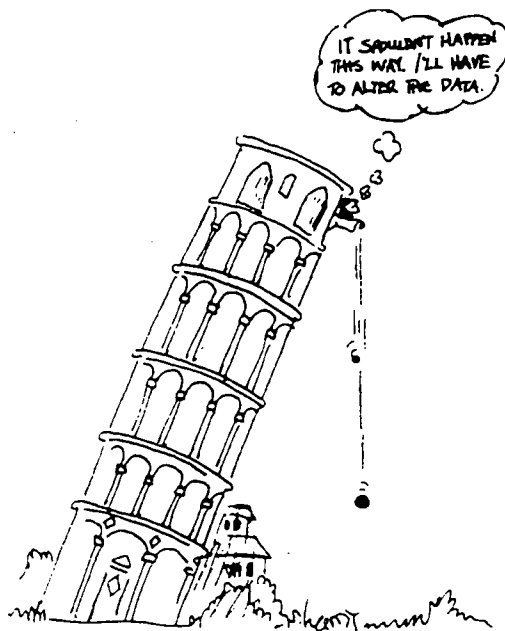
Noten:

1. Het artikel *Practicum: leren ze er wat van?* uit het julinumnummer (1994) van NVOX en geschreven door Ed van den Berg en Jaap Buning, diende als uitgangspunt voor deze Woudschotenlezing en is hier verder bewerkt, vooral wat betreft suggesties. De lezing betrof gedeelten van het artikel.
2. Zie ook Hellingman (1982) en Feiner (1993).
3. De didactiek van het begripspracticum is besproken in een artikel in het 1991 Woudschotenverslag (van den Berg & Bosch, p 67-71). Een meer recente versie is verkrijgbaar bij de auteur.
4. Zie recensie in NVON maandblad van december 1993. Het is veel goedkoper direct te bestellen uit de VS dan via de nederlandse boekhandel.
5. Uit Osborne, Freyberg, Tasker: Focus on Learning in Science Project, Working Paper no. 2 of the Learning in Science Project, University of Waikato, New Zealand.

Literatuur

- Bates, G.R. (1978). The role of the laboratory in secondary school science programs. In: M.B. Rowe (Ed.), *What research says to the science teacher* (Vol I). Washington D.C.: National Science Teachers Association.
- Beasley, W. F. (1979). The effect of physical and mental practice on psychomotor skills on chemistry student laboratory performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 16, 5, 473-479.
- Beasley, W.F. (1983). Mental practice as a technique to improve laboratory skill development. *Journal of Chemical Education*, 60, 6, 488-489.
- Berg, E. van den, Bosch, G. (1991) Is practicum tijdverspilling? Practicum/demonstratie en begripsvorming. Verslag Woudschotenconferentie 1991, 67-71.
- Berg, E. van den, Giddings, G. (1992). Teaching in the Laboratory: An alternative view. Monograph. Perth: Science and Mathematics Education Centre, Curtin University of Technology.
- Ben-Zvi, R., Hofstein, A., Samuel, D., Kempa, R.F. (1977). Modes of instruction in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 14, 5, 433-439.
- Doyle, W. (1985). Classroom organization and management. In: M.C. Wittrock, *Handbook of Research on Teaching, Third Edition*. New York: Macmillan.
- Feiner-Valkier, S. (1993). Een programma van experimenten. Enschede, SLO.
- Galton M., Eggleston, J. (1979). Some characteristics of effective science teaching. *European Journal of Science Education*, 1, 1, 75-86.
- Garrett, R.M., Roberts, I.F. (1982). Demonstration versus small group practical work in science education. A critical review of studies since 1900. *Studies in Science Education*, 9, 109-146.
- Hellingman, C. (1982). A trial list of objectives of experimental work in science education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 1, 29-43.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70, 33-40.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 2, 201-217.
- Kyle, W.C., et. al. (1982). Assessing and analyzing behavior strategies of instructors in college science laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 17, 2, 131-137.
- Liem, T. (1987). *Invitations to Inquiry*. Boston: Ginn and Company.
- Reif, F., & St. John, M. (1979). Teaching physicists' thinking skills in the laboratory. *American Journal of Physics*, 47, 11, 950-957.
- Sanford, J.P. (1987). Management of science classroom tasks and effects on students' learning opportunities. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 3, 249-265.
- Tamir, P., Lunetta, V.N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. *Science Education*, 65, 5, 477-484.
- Verkerk, G. (1983). Het praktikum in het schoolonderzoek natuurkunde: Beoordeling van praktikumvaardigheden op havo- en vwo-scholen. Dissertatie Technische Universiteit Eindhoven. Apeldoorn: van Walraven.
- Woolnough, B. (1991). *Practical Science*. Milton Keynes (UK): Open University Press. ISBN: 0 335 09389.

Fig. 1:



Resultaten veranderen? Dat is uit den boze! Maar toch... ..het plaatje laat zien dat de experimentator verwachtingen had over uitkomsten. Een experiment wordt pas fysica als er wat ideeën (theorie?) achter zitten, als er enige verwachting is, op grond waarvan een experimentator kan zeggen "aardig" of "vreemd". Dat geldt ook voor leerlingen.

Manipulatie van ideeën

Fig.2:



Manipulatie van apparatuur

Echt experimenteren is een voortdurend heen en weer springen tussen "manipuleren van ideeën" (theorie, ontwerp, interpretatie) en "manipuleren van apparatuur". Goed practicum eist een voortdurend optillen van leerlingen naar dat ideeënniveau via goede begeleiding.



De rol van het practicum aan de (Vrije) Universiteit

J. Buning



Jaap Buning is 15 jaar practicumdocent op het natuurkunde practicum van de Vrije Universiteit en heeft daar als een van zijn taken het opleiden en coachen van student-assistenten voor het begeleiden van het practicum.

Bij het opleiden van student-assistenten voor hun begeleidingstaak op het practicum word je voortdurend gedwongen helder te krijgen wat de rol van het practicum is. De ervaring is dat juist op het practicum men aan den lijve ervaart wat er *eigen* is aan het vak natuurkunde.

Wat is natuurkunde dan wel?

Het is meer dan $F=m \cdot a$ of de vergelijkingen van Maxwell.

Dat zijn *formules*, of beter gezegd *relaties* tussen grootheden die een rol spelen bij een zeker verschijnsel. In deze twee voorbeelden gaat het dan om het spel tussen kracht en beweging en het spel van elektromagnetische verschijnselen, bijvoorbeeld licht.

Formules zijn echter slechts een uiteindelijke uitkomst van een heel *proces* van kijken, experimenteren en denken, om structuur aan te brengen in de complexe veelheid aan verschijnselen om ons heen.

Juist dit proces is eigen aan het vak natuurkunde. En dat proces van het onderzoeken van de weerbarstige natuur proberen we de studenten op het practicum te onderwijzen.

Op de universiteit nemen we daar vier jaar voor. Experimenteren is namelijk niet gemakkelijk.

N.B. Het is opvallend dat de eindtermen in de WEN die gesteld worden voor het eigen onderzoek dat leerlingen moeten doen, vergelijkbaar zijn met die we aan een drs. natuurkunde stellen.

Doel van het practicum

In het proces om een natuurkundige theorie te ontwikkelen speelt het experiment een essentiële rol. Het experiment heeft alles te maken met het manipuleren van ideeën. (zie Ed van den Berg in zijn openingslezing) De doelen van ons practicum zijn dan ook:

Hoofddoel:

- het leren van een methodische aanpak hoe een experiment op te zetten
uit te voeren
te analyseren

Nevedoelen:

- leren van vaardigheden, zoals omgaan met apparatuur, kunnen meten, en beheersen van analysetechnieken
- inzicht krijgen in wat natuurkundige begrippen inhouden en hoe ze met elkaar samenhangen.

De methode van experimenteren houdt in dat op een of andere wijze de volgende fasen doorlopen worden:

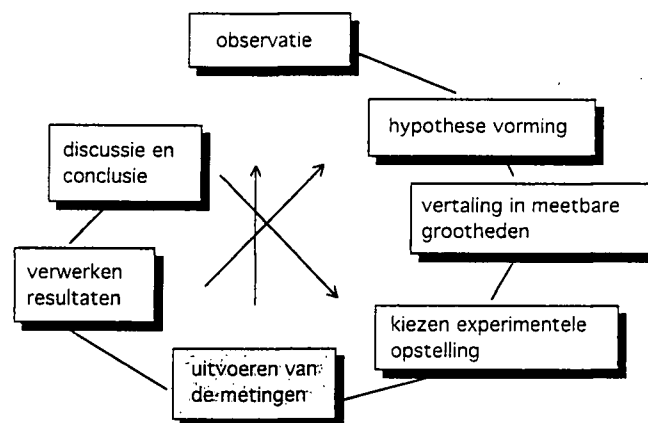


Fig.1

De indeling van een experiment in de fasen opzet (eerste vier fasen), uitvoering (vijfde fase) en analyse (zesde en zevende fase) is hier in terug te vinden.

Willen de studenten zich zo'n methodische aanpak eigen maken, dan hebben ze vaardigheden en attitudes nodig als: zelfstandigheid, creativiteit en kritische houding. Zeker in het wetenschappelijk onderzoek zijn deze attitudes belangrijk, maar niet alleen daar.

Om deze doelen te bereiken moet het practicum een zekere vorm krijgen.

Rol van het practicum.

Het uitvoeren van een experiment verliep vroeger veelal als volgt:

Je las de opdracht en vervolgens dook je de bibliotheek in om Kohlrausch op te zoeken. Daarin stond heel praktisch beschreven wat de theorie achter het te onderzoeken verschijnsel is. Dat werkte je uit. Vervolgens ging je naar de practicumruimte om de metingen te doen aan een opstelling die al klaar stond. Waren de resultaten maar matig, dan was er altijd wel een maatje die wat betere resultaten had. Je schreef je verslag en leverde dat bij de assistent in. Die beoordeelde dat door te checken of de theorie en uitkomsten wel korrekt waren en zo had je weer een experiment gedaan. De begeleiding door de assistent bestond voornamelijk uit het vertellen waar de spullen stonden en het bespreken van het verslag.

Gelukkig gaat dat nu, althans op de Vrije Universiteit, niet meer op deze wijze.

Voorbeeld van een experiment uit het eerste jaar:

Wat de rol van het practicum nu is kan het beste uitgelegd worden aan de hand van een voorbeeld: *Bepaal de golflengte van Natrium-licht.*

In het eerste jaar krijgen de studenten het probleem nog aangereikt. Bij het opzetten van het experiment krijgen ze dus een aantal fasen uit de experimentele cyclus nog kado, zodat de hoofdaandacht uit kan gaan naar het vertalen in meetbare grootheden en het kiezen van een experimentele opstelling.

De studenten krijgen enige achtergrond informatie over licht als golfverschijnsel: overdrukjes uit een middelbaar schoolboek. De theorie van het te onderzoeken onderwerp is dus bekend. Zo kan de nadruk gelegd worden op het *proces* van onderzoeken i.p.v. op de theorie.

Het basisprincipe voor het bepalen van de golflengte in dit experiment is te zien in figuur 2.:

Vanwege het golfkarakter van licht kan er interferentie optreden. Daarin is de golflengte een van de bepalende parameters.

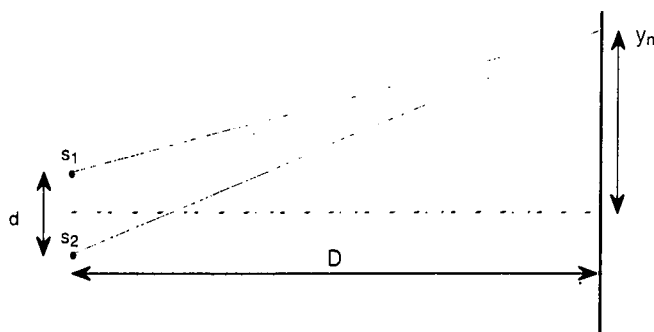


Fig.2: Basisprincipe bij bepaling golflengte natriumlicht: In geval van twee coherente lichtbronnen (s_1 en s_2) zie je op het scherm op afstand D van de twee bronnen donkere lijnen op regelmatige afstanden. Daarbij geldt voor de n -de lijn vanaf het centrum de relatie:

Deze uitdrukking voor λ is eenvoudig. Het experiment is ook eenvoudig als men zich bij het experimenteren overgeeft aan de binascultuur (welke formule geldt hier?). Het vervolg is dan simpel: bepaal d , D , n en y_n , (de afstand van de n -de lijn vanaf het centrum van het patroon) en het probleem is opgelost. Zo'n experiment is dan toch wel in een paar uur te doen.

Op het eerstejaars practicum doen studenten er vier middagen over met nog 4 uur thuis werken.

Ons hoofddoel is dan ook het leren van een methodische aanpak. Dit proberen we te bereiken met de volgende maatregelen:

- Studenten werken in *koppels*. Het gezamenlijk uitwisselen en bediscussiëren van ideeën is een essentieel onderdeel van het practicumwerk.
- Studenten moeten *twee of meerdere methoden* vergelijken om het probleem op te lossen. Door verschillende methoden te vergelijken en te beargumenteren (zowel onderling als met de assistent) welke methode de meest geschikte is, worden ze gedwongen het vertalen in meetbare grootheden en het kiezen van een experimentele opstelling serieus te nemen.

In dit experiment hebben de studenten de keuze uit vier methoden: de dubbele spleet, het biprisma, het draadje, en het tralie. Al deze methoden geven een buigingspatroon met donkere en lichte lijnen, waarvoor dezelfde basisformule is te gebruiken. Deze opzet brengt een interessant verschijnsel (geen natuurkundig) aan het licht: *Aankomende studenten zijn er vooral op uit om een theorie bevestigd te zien. De theorie is een 'juist' uitgangspunt en de uitkomsten van een experiment 'behoren' die te bevestigen.*

Ze zijn teleurgesteld als hun experimentele resultaten niet 'kloppen'. En tja, als ze nu die vier methoden vergelijken dan blijkt dat er vier heel verschillende buigingspatronen ontstaan. Deze verschillen willen ze eigenlijk niet zien en dus zien ze ze ook niet. De theorie voorspelt een lichtdonker patroon, en dat is dan ook alles wat ze waarnemen.

Doordat de *formule* als uitgangspunt wordt genomen wordt hun blik waarmee ze de verschijnselen observeren beperkt. Maar gelukkig! elk van de vier methoden geeft meestal ook een nogal verschillend resultaat: bijvoorbeeld 460 nm, 535 nm, 785 nm en 490 nm. Dat komt deels doordat de theorie zijn grenzen heeft (bij het draadje b.v.), deels doordat de studenten nog niet zo experimenteel bedreven zijn.

Bij het beschrijven van een verschijnsel, probeert men dat in de natuurwetenschap in eerste instantie zo eenvoudig mogelijk te doen, en onderzoekt dan onder welke omstandigheden die beschrijving nog op gaat.

De natuurkunde begint pas als men tegen de grenzen aanloopt, dat maakt het vak juist zo leuk. Op het practicum leren we de studenten omgaan met de grenzen van hun weten en de grenzen van hun meten.

Dit vraagt een totaal andere houding van de studenten dan waarmee zij het eerste jaar mee binnen komen.

We dwingen ze de omgekeerde weg te bewandelen: niet vanuit de formule naar het verschijnsel, maar vanuit het verschijnsel naar de theorie

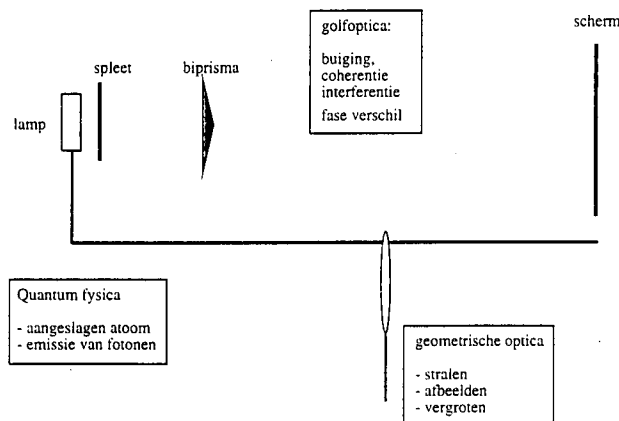


Fig.3: Verschillende domeinen van beschrijven

Kijken we nu nog eens naar wat er in dit experiment gebeurt:

Monochromatisch licht (geel, afkomstig van een natriumlamp, waarin natriumatomen worden aangeslagen en weer vervallen onder uitzending van fotonen van een bepaalde energie en golflengte) valt op een enkele spleet. Deze kan opgevat worden als een puntbron van waaruit lichtgolven zich uitbreiden naar het biprisma toe; het licht wordt hier aan elke zijde van het biprisma gebroken op een andere manier. Op deze wijze ontstaan twee (virtuele) coherente lichtbronnen welke op het daarachter liggend scherm interfereren en een lichtdonker patroon veroorzaken. De afstand tussen de twee virtuele lichtbronnen is te bepalen in een apart experimentje door hen met een lens af te beelden op het scherm.

Deze beschrijving is niet triviaal. Wat opvalt, is dat er gebruik wordt gemaakt van verschillende domeinen van beschrijven: het quantumkarakter van de natuurkunde (monochromatisch natriumlicht), golfoptica (principe van Huygens, interferentie), en geometrische optica (breking in het prisma, constructie van twee lichtbronnen, afbeelden van de twee virtuele lichtbronnen).

Hiermee komt ook een belangrijk karakter van de natuurkunde naar voren:

Een natuurkundige is flexibel in het beschrijven van verschijnselen.

Als natuurkundigen springen we heel gemakkelijk over van het ene domein van beschrijven naar het andere domein, al naar gelang het ons het beste uitkomt. ('afbeelden' beschrijven m.b.v. het golfkarakter van licht is wel mogelijk, maar is veel te lastig)

Het is van belang ons bewust te zijn van deze werkwijze: het is de kracht van het vak, maar is ook een lastige (te verwerven) vaardigheid.

Dit wordt in het tweede jaar nog sterker, want dan komen buigingspatronen opnieuw aan de orde in het experiment golfoptica. Dan bestuderen ze weer dezelfde patronen, maar gebruiken dan de Fresnel theorie of Fouriertheorie om die patronen te beschrijven.

Dan komen er nog twee domeinen van beschrijven bij: interferentie als het optellen van vectoren; interferentie als een Fouriertransformatie.

Het verschil tussen de vier eerder genoemde methoden is dat zij ieder op een eigen manier zorg dragen voor meerdere coherente lichtbronnen, nodig om interferentie te verkrijgen. Vanwege die verschillen zijn de interferentiepatronen ook niet gelijk. Hoe belangrijk dat is voor het oplossen van het gestelde probleem, wat de invloed is van de keuze van de opstelling, welke methode het nauwkeurigste is, dat moet allemaal nog onderzocht worden. Dit doet weer een beroep op de creativiteit en een kritische houding van de studenten bij de uitvoering van de metingen en de interpretatie en analyse van de resultaten. De 20 uur die uitgetrokken zijn voor een dergelijk experiment worden dan ook makkelijk volgemaakt.

In de latere practicumseries komen ook de andere fasen uit de experimentele cyclus aan bod. In het tweede jaar moeten de studenten hun probleem zelf kiezen. De apparatuur en analysemethoden worden meer geavanceerd en de graad van zelfstandigheid loopt op.

In het derde jaar doen ze dan experimenten die al een afspiegeling zijn van het onderzoek in de vakgroepen.

Begeleiding

Om deze opzet tot zijn recht te laten komen is van groot belang hoe de begeleiding vorm krijgt.

Begeleiding is noodzakelijk om de studenten overzicht te laten krijgen, zodat zij zich niet verliezen in details, ze keuzes te leren maken, zodat zij zich weten te beperken tot wat ze nog aan kunnen en ze leren te plannen! Begeleiden is niet voorzeggend hoe het moet.

De begeleiding krijgt structuur m.b.v. drie vaste begeleidingsmomenten:

1. *Oriënterend gesprek.* Hierin stimuleert de assistent de studenten het natuurkundig verschijnsel te observeren, de grootheden die van belang zijn met hun onderlinge verbanden te inventariseren en tot een probleemformulering te komen.
2. *Werkplanbespreking.* Dit is een oefening voor de studenten om overzicht te geven van hun werkzaamheden, om hoofd- en bijzaken te onderscheiden, de keuze van hun opstelling en experimentele methode te beargumenteren en om een planning te maken.
3. *Verslagbespreking.* Van elk experiment moet een verslag geschreven worden. In de bespreking hiervan wordt het hele experiment geëvalueerd.

Begeleiden is een vak apart en daarom geven we veel aandacht aan het opleiden van assistenten. Dat is nodig, want ondanks het genoten practicumonderwijs komen student-assistenten tijdens de voorbereiding van hun experiment met opmerkingen als: 'Klopt het wel wat we zien?'. Als opleider moet je de neiging onderdrukken om directe antwoorden te geven in de trant van: 'Nee, maar jullie moeten ook een tweede lens plaatsen'.

Om het zelfstandig werken (denk aan de tweede fase

voortgezet onderwijs) te bevorderen zullen de *antwoorden* meer *vragen* moeten zijn als:

- Leg me eens uit waarom jullie deze opstelling kiezen?
- Leg me eens uit hoe dat dan gebeurt?
- Wat is de functie van de eerste lens?
- Hoe weet je dat?
- Kunnen jullie me over een half uur vertellen wat het uitmaakt waar je het biprisma plaatst? enz.

Beoordelen

Tijdens de begeleiding worden de studenten natuurlijk voortdurend beoordeeld, maar dit is geen formele beoordeling, maar feedback. De formele beoordeling is bewust losgekoppeld van de voortgangsbeoordeling.

Voor de vijf experimenten in het eerste semester krijgen de studenten nog geen cijfer. Aan het einde van deze vijf experimenten volgt een *testexperiment* dat formeel wordt beoordeeld.

Zo hebben de studenten alle vrijheid om open te experimenteren en 'fouten' te maken. Dit doen ze echter niet vrijblijvend, want na afloop van de 5 experimenten worden ze een hele dag getoetst op experimentele vaardigheid, het houden van een werkplanbespreking in 10 minuten en het schrijven van een verslag binnen 2 uur.

In de volgende practicumserie worden de studenten formeel beoordeeld op de laatste twee experimenten en in het derde jaar op elk experiment.

Tenslotte

We hopen met deze opzet van ons practicum de studenten in die drie jaar het proces van 'kijken, opzetten en uitvoeren van experimenten en analyseren' enigszins onder de knie hebben en dat zij hebben ervaren hoe leuk natuurkunde op elk nivo opnieuw kan zijn.

Uit de Wetten van Connie Palmen:

"Ik geloof dat ik fysicus geworden ben, omdat ik geen enkele autoriteit verdraag. Het is de jongensdroom van de natuurkundige om de bestaande wetten omver te werpen. De natuurkunde legitimeert het om nooit iets als absoluut of onaantastbaar te beschouwen en zo'n houding past bij me. Daar heb ik mijn beroep van gemaakt."

Practicum in perspectief, 1924-1994

D. van Genderen

1. Inleiding

De historie van het natuurkundepacticum in ons voortgezet onderwijs gaat verder terug dan ik (en u?) had gedacht: tot in de jaren twintig. Enkele "monumenten" uit de begintijd moeten we zeker even bekijken: de handleiding van Minnaert (1924), het rapport van de commissie Fokker (1928) en de verzameling leerlingenproeven van de commissie Reindersma (1934).

Tussen 1934 en 1954 - in de jaren van crisis, oorlog en wederopbouw - viel de ontwikkeling vrijwel stil. In de tien jaar daarna voltrok zich een ommekeer; practicum werd van uitzondering tot regel. Representatief voor deze fase waren in het uulo de proevenboeken van Frederik & Middeldorp, in de onderbouw hbs/gymnasium de handleiding 'Doen en denken'.

In de jaren zeventig werd ook in de bovenbouw havo/vwo het practicum algemeen, en over de hele linie nam de diversiteit in vormen en inhouden van practicum sterk toe. Hier en daar, het duidelijkst in het PLON, kreeg het practicum ook een ruimere functie: niet alleen voor de opbouw van de theorie, maar ook voor de verbinding tussen theorie en praktijksituaties.

Al deze ontwikkelingen zal ik in grote lijnen schetsen en met voorbeelden illustreren.

2. De handleiding van Minnaert

Van Minnaert is u allen bekend, mag ik hopen, "de natuurkunde van 't vrije veld", geschreven in de jaren dertig, maar nog heel goed bruikbaar als bron van ideeën voor buitenschools 'practicum' en zelfstandig onderzoek. Veel minder bekend is een boek van Minnaert uit 1924: "Natuurkunde in leerlingenproeven, een handleiding voor de eerste leerjaren en voor zelfstudie". Dit is, voorzover mij bekend, het eerste boek over natuurkundepacticum dat in ons land is verschenen; daarom koos ik 1924 als beginpunt voor dit overzicht. Wel waren vóór 1924 al enkele leraren bezig met practicum; en er waren duitse en engelse boeken waaruit men inspiratie en voorbeelden kon putten.

Minnaert was in 1924 als observator verbonden aan 's



Rijks Universiteit te Utrecht, maar toen hij met het schrijven van zijn boek begon - acht jaar geleden, zegt hij in het voorwoord - stond hij midden in de praktijk van het onderwijs¹. Hij noemt zijn boek "een gids bij het zoeken van nieuwe wegen in ons volksonderwijs". De proeven vormen een inleidende leergang "voor de hoogste klassen der lagere school, voor kweekscholen, landbouw-, huishoud-, ambachts- en avondscholen, en voor privaatonderwijs. Ook kunnen de proeven van nut zijn voor de lagere klassen van gymnasium en HBS, "zodra daar de natuurkundige voor cursus wordt ingericht welke velen wenselijk achten"². (In die tijd begon de natuurkunde pas in klas 3, met elk onderwerp meteen tot examenniveau.)

Het boek is vooral bestemd voor onderwijzers, maar Minnaert heeft ook gedacht aan "de jongens en meisjes die houden van natuurkunde, die door eigen knutselen en proeven willen aanvullen wat op school wordt geleerd - Ik houd van hen, ik weet hoe ze door hun huisgenoten worden uitgelachen en naar de zolder verbannen; hoe dapper ze sparen om zich toestelletjes te kopen..."

Klinkt hier misschien iets door uit Minnaert's eigen jeugd-jaren, in Brugge en Gent? In de jeugd van heel wat natuurkundigen heeft het 'huis-, tuin- en keukenpracticum' een rol gespeeld.

Didactische uitgangspunten

"Sedert Ligthart, Kerschensteiner, Montessori", schrijft Minnaert, "is de leuze van de school geworden: zelfwerkzaamheid!" En even verder: "Het kind moet zelf rechtstreeks in aanraking komen met de natuur: het wil niet alleen de dingen zien, goed zien, maar het wil ze voelen, ruiken, horen van nabij; 'zijn' proef moet het worden! Dan pas wordt de spierzin geoefend, het belangrijkste onzer zintuigen,..."

De spierzin een zintuig, en wel het belangrijkste? Een curieuze uitspraak, maar het overwegen waard: de spierzin geeft ons gevoel voor de mechanische eigenschappen van dingen en voor de werking van mechanismen, en daarmee voor natuurkundige basisbegrippen als kracht, arbeid en vermogen.

Minnaert kiest ervoor dat alle leerlingen gelijktijdig dezelfde proef doen; dan "wordt de klas een eenheid, die samen zoekt, werkt, besluit!" Een voor ons wat al te romantisch beeld misschien, maar voor Minnaert is er geen twijfel aan: "De gelijktijdige leerlingenproef moet de grondslag zijn voor het onderwijs der natuurkunde"... "een stuk leven, voortdurende afwisseling van doen en denken, zoals bij uitstek de natuuronderzoeker die kent"... "de leerlingenproeven zijn het noodzakelijkst in de laagste klassen waar onderwijs in de natuurkunde gegeven wordt..."

Andere leervormen kunnen in wisselwerking treden met de leerlingenproef: de kijkproef (demonstratie), de één-leerlingenproef (uitgevoerd door één kind voor de klas), de huisproef: "waarom zou men niet nu en dan heuse proeven thuis of waarnemingen in de vrije natuur laten uitvoeren?" en het herinneren aan bekende verschijnselen uit het dagelijks leven. Bij het laatste tekent Minnaert aan dat de herinnering veel zwakker en kleurlozer is dan het verschijnsel zelf; het is dus nodig "zo'n verschijnsel nogmaals in levenden lijve te vertonen".

Praktische aanwijzingen

"Op gas, elektriciteit, waterleiding mogen we helaas niet rekenen, want de overgrote meerderheid der scholen moet ze ontberen" - zo 'primitief' was Nederland nog in 1924. Maar men kan zich behelpen met zelfgemaakte spiritusbranders en met batterijen en kannen met water als basisvoorzieningen. Minnaert geeft vaak tot in details aan hoe men bepaalde hulpmiddelen kan maken of waar men ze goedkoop kan krijgen.

Bijvoorbeeld: laat de leerlingen zelf gewichtjes maken van boetseerklei, maar houd rekening met verdamping: eerst alle gewichtjes veel te zwaar maken (bv. 25 gram in plaats van 20), veertien dagen laten drogen en dan met een mesje afschrappen tot het goede gewicht. Typerend voor zijn nauwe betrokkenheid is de toevoeging, in een voetnoot: "In de laatste tijd heb ik met succes gewichtjes vervaardigd uit theelood, het materiaal is veel prettiger te behandelen dan klei, en het gewicht is geheel onveranderlijk."

Meer dan driekwart van het boek is gewijd aan de proeven: mechanica (o.a. soortelijk gewicht, zwaartepunt, vloeistofdruk), warmte, licht, geluid (snelheidsbepaling) en elektriciteit. Minnaert zal wel het nodige hebben geput uit werk van anderen, noemt die ook, maar hij verwerkt alles op een eigen wijze: schrijvend alsof hij rechtstreeks de leerlingen aanspreekt, enthousiast en beeldend. Om u daarvan een indruk te geven heb ik enkele voorbeelden uitgekozen.

Voorbeelden

Eerste voorbeeld: de leerlingen proberen een kort reageerbuisje in een glas water te laten drijven; dan gaan ze het busje verzwaren met hagelkorrels.

"Je schept de korrels met een theelepeltje en giet ze in 't busje, handig, zonder er te verliezen! Het is verrassend hoe weinig hagel al voldoende is om 't busje recht te

houden. Statisch drijft het op het water. Waarom zinkt het niet? - Opwaartse druk op het ondergedompelde deel: wet van Archimedes. - Hier zien wij dus het wonderbare gevecht van twee worstelaars: de zwaartekracht en de opwaartse druk! Geef een tik op het busje; het daalt even iets dieper in het water, maar onmiddellijk spant de opwaartse druk zich weer in en duwt het omhoog. Het busje schommelt om een evenwichtsstand waarbij de twee worstelaars net even sterk zijn.

Help de zwaartekracht door meer hagelkorrels in het busje te brengen!" (daarna een papiertje in de bus, voorzien van een merkstreepje; zo instellen dat het streepje de hoogte van het waterniveau aangeeft) "Nu gaan we de opwaartse druk helpen" (zout in het water oplossen; busje drijft hoger in het water).³

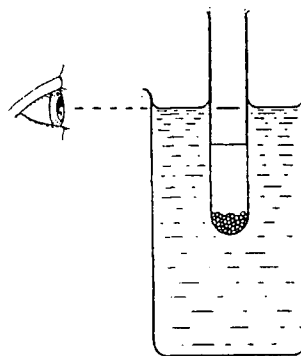


Fig. 1

Een tweede voorbeeld: na een proefje over het oplossen van salpeter in water:

"Hetzelfde busje met verzadigde salpeteroplossing wordt goed afgedroogd, dan verwarmd. Het eerst niet oplosbare salpeter lost nu wel op! Voeg een nieuw schepje toe: 't lost weer op. Nog meer! Nog meer!

Wat denk je echter dat er zal gebeuren als je 't busje weer laat afkoelen? Er is nu meer in oplossing dan de vloeistof kan bevatten als ze koud is; alles wat er dan teveel zou zijn moet weg uit de oplossing: *het kristalliseert uit*.

Vijf minuten geduld! Daar beginnen zich de eerste kristalzuiltjes in het busje te vormen; groter en groter worden zij, wonderbare naalden en grillige struiken groeien als toverkracht door de vloeistof. Als de zon schijnt zie je hier en daar veelkleurige lichtspelingen. 's Anderendaags is het hele busje met kristallen gevuld."

Een laatste voorbeeld: nadat de leerlingen hebben geëxperimenteerd met spiegelglas, laat Minnaert, in de rol van onderwijzer, de leerlingen naar voren komen:

"Ik heb op de tafel een groot vel wit papier uitgespreid; daarop plaats ik een brandend eindje kaars A. Komt mij nu allen uw spiegelglas brengen en kijken wat er te zien is! Alle spiegelglazen plaats ik op een rijtje langs een potloodlijn, maar met kleine ruimten ertussen. - Ieder spiegelglas werpt een lichtstreep op het papier; al die lichtstrepen schijnen uit te stralen van één punt A', vrijwel tegenover de kaars. Wat voor punt zou dat zijn? O, als je in de

spiegelglas kijkt zie je 't: het is 't spiegelbeeld van de kaarsvlam dat daar staat! -

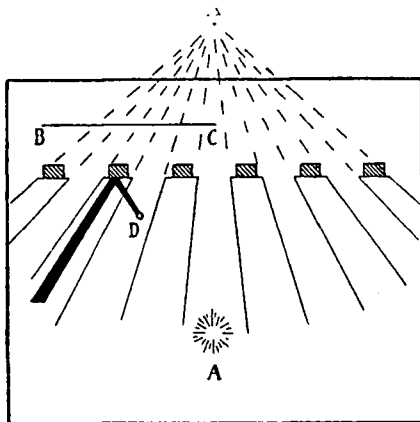


Fig.2

Wat is dat: "een spiegelbeeld"? Iets en niets. Het is geen ding, je kan het niet beetpakken. Het zendt eigenlijk ook geen stralen uit; als ik een blad papier in BC houd, blijven toch alle lichtbundels onveranderd zichtbaar; maar als ik een potlood in D houd, verschijnt onmiddellijk een zwarte streep die de ware loop der lichtstralen aangeeft; wijs die aan; komt hij overeen met de wet der terugkaatsing? - Het spiegelbeeld bestaat dus eigenlijk niet en zendt geen stralen uit; je ziet lichtstralen uit die *richting* komen en dan denk je dat daar ook een lichtbron staat: maar dat is eenvoudig schijn, het spiegelbeeld is "een schijnbeeld".

3. Voorstellen van de commissie Fokker

In 1928 verscheen het rapport van een commissie, twee jaar eerder ingesteld door de Nederlandse Natuurkundige Vereniging, om aanbevelingen te doen "tot bevordering, eventueel verbetering" van het natuurkundeonderwijs aan gymnasia en hogere burgerscholen. De voorzitter, Fokker, was hoogleraar (en voorzitter van de NNV), de overige zes leden waren leraar en/of schoolleider.

De belangrijkste aanbevelingen van de commissie Fokker waren:

- een leerstoflijst in twee delen; het eerste deel dient als vaste kern, uit het tweede kiest de docent aanvullende onderwerpen;
- inschakeling van praktische oefeningen, waarmee ook op het eindexamen rekening zal worden gehouden;
- schriftelijk examen over de kernleerstof, mondeling examen over de keuzeonderwerpen en de praktische oefeningen;
- integratie van de mechanica (toendertijd een apart vak in de bovenbouw van de hbs) in de natuurkunde;
- beginnen met natuurkunde in de tweede klas; verdeling van de leerstof in twee rondes.

Het laatste punt is, zoals hierboven al vermeld, omstreeks 1940 gerealiseerd. De integratie van de mechanica volgde pas twintig jaar later, en met de andere punten was de commissie haar tijd nog verder vooruit.

Didactische uitgangspunten

Het belang van het praktisch werken door de leerlingen is volgens de commissie Fokker tweeledig:

- begrip geven van de natuurwetenschappelijke methode;
- grotere zelfwerkzaamheid van de leerlingen.

Wat het eerste punt betreft, benadrukt de commissie dat het natuurkundeonderwijs de leerlingen inzicht moet geven "in de weg waarlangs natuurkundige kennis wordt verkregen". Het tweede is een algemeen pedagogische eis. Het is duidelijk, zegt de commissie, "dat *eigen ervaringen*, het *zelf doen der dingen* andere indrukken in de ziel achterlaat, dan het zien doen of het horen zeggen door een ander".

De commissie bepleit, evenals eerder Minnaert, het invoegen van de leerlingenproeven in de gewone gang van de lessen, het werken in "regular front". Daarnaast zouden leerlingen, facultatief, ook wel proeven kunnen overdoen die eerder klassikaal zijn gedaan.

Stand van zaken in 1928

Het rapport bevat een tabel met gegevens van tien scholen, waar al practicum gedaan wordt (circa 5% van de toenmalige gymnasia en hbs-en). De langste ervaring bestaat op het Nederlands Lyceum in Den Haag: 16 jaar. De leerlingen werken er in groepen van twee, in gelijk front, in de klassen 3, 4 en 5 HBS. De proeven, totaal 50, worden in direct verband met de les gedaan.

Een van de leraren aan deze school is Reindersma, lid van de commissie Fokker. In 1929 en volgende jaren heeft hij, samen met een ander lid van de commissie, Van Lohuizen, een "Nieuw leerboek der natuurkunde" geschreven, bij mijn weten het eerste nederlandse natuurkundeboek waar practicumproeven in de tekst zijn opgenomen.

4. Het practicum van Reindersma

Het rapport-Fokker gaf aanleiding tot de vraag, wat voor proeven en apparaten voor het practicum geschikt waren. De Nederlandse Natuurkundige Vereniging stelde daarom een nieuwe commissie in, met Reindersma als voorzitter en als secretaris ook een leraar, Denier van der Gon. De overige drie commissieleden waren universitaire natuurkundigen: Burger (Utrecht, later hoogleraar medische fysica), Minnaert (die in 1937 buitengewoon hoogleraar werd) en Zernike (sedert 1924 hoogleraar in Groningen, later nobelprijswinnaar).

Het rapport van de commissie Reindersma verscheen in 1934 onder de titel "Natuurkundige proeven voor leerlingen". Het geeft, na algemene opmerkingen en adviezen over inrichting en apparatuur, een verzameling van zestig instructies voor leerlingenproeven. Deze verzameling is in hetzelfde jaar ook als aparte bundel uitgegeven, voor gebruik door de leerlingen, onder de titel "Het natuurkunde-practicum". De proeven gaan over mechanica, vloeistoffen en gassen, geluid, en warmte. In 1937 verscheen een tweede bundel met 69 proeven over licht, magnetisme en elektriciteit, en atoomfysica.

Didactische uitgangspunten

De commissie sluit zich aan, zoals wel te verwachten was, bij de beschouwingen van de commissie Fokker. Ze formuleert als haar ideaal "dat deze proeven in het natuurkundeonderwijs worden ingelast op zodanige wijze, dat ze daar een integrerend onderdeel van uitmaken; meer nog, dat ze de pijlers zijn, waarop dit onderwijs steunt."

De leerling wordt door het praktisch werk genoodzaakt "veel intensiever en harmonischer, d.i. met hoofd en handen, te arbeiden dan in de les - en, de praktijk wijst het uit, het gaat."

Bij de leerlingen ontmoet men "slechts sporadisch tegenzin, en dan meestal bij meisjes. Men aarzel niet deze leerlingen vrijstelling van de moeilijker proeven te geven; ander werk is er te over".

De commissie adviseert een voorzichtige invoering en een geleidelijke uitbreiding tot bv. veertig proeven, verdeeld over de drie klassen (3, 4 en 5 hbs of 4, 5 en 6 gymnasium), "zo mogelijk voor elk belangrijk onderdeel der natuurkunde tenminste één sterk sprekende proef, die tevens een idee geeft van de methode van deze wetenschap".

De proeven moeten het midden houden tussen te gemakkelijke, die ontaarden in "Spielerei" of verveling, en te moeilijke, die aversie kunnen opwekken.

De proeven

De beschrijving van de proeven is geheel anders dan in het boek van Minnaert. Bij Minnaert zijn de proeven ingebed in een doorlopend verhaal, dat ook de inleiding en de nabespreking van de proef omvat. De commissie Reindersma beperkt zich tot strikt zakelijke instructies: eerst de lijst van benodigdheden, met meestal een schets van de opstelling; vervolgens puntsgewijs de uitvoering van de proef, met eventueel een voorbeeldtabel, soms nog gevolgd door enkele aanvullende vragen of een uitbreiding van de proef. Vrijwel alle proeven zijn kwantitatief. Om enig idee te geven van de proeven heb ik drie figuren gekozen, die ik kort zal toelichten.

In figuur 3 ziet u een opstelling voor onderzoek van de gelijkmatige cirkelbeweging. Als aandrijving dient een veermotor van een soort dat toendertijd gangbaar was bij 'meccano' en ander speelgoed.

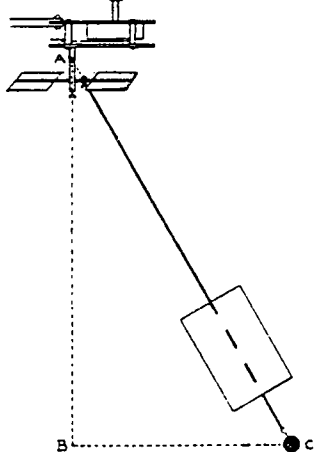


Fig.3

De verstelbare windvleugel dient om het toerental laag en regelmatig te houden; eventueel kan met een briefkaart aan het koord bijgeregeld worden. De opstelling in figuur 4 dient voor het afleiden van de wet van Boyle. Deze proef is in diverse latere practicumbundels overgenomen en zal velen van u bekend zijn. Hoofdbestanddeel is een eenzijdig gesloten, capillaire glazen buis van ongeveer 75 cm lengte met daarin een kwikdraad van ongeveer 25 cm.

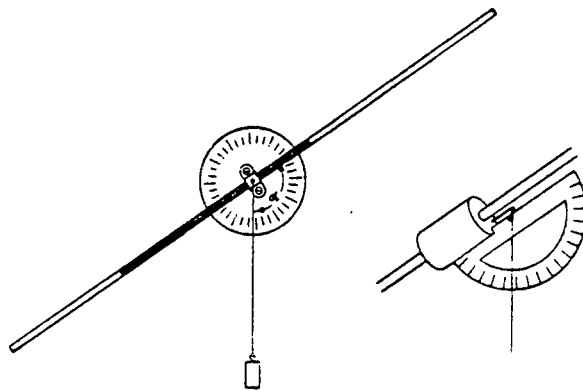


Fig.4

De opstelling in figuur 5 hoort bij een proef over electrolyse (wetten van Faraday), een onderwerp dat helaas uit onze boeken verdwenen is⁴. Op een cilindrische elektrode van koper, die aan een balans en in een kopersulfaatoplossing hangt, slaat koper neer; de massa van het neerslag is evenredig met de tijd en de stroomsterkte.

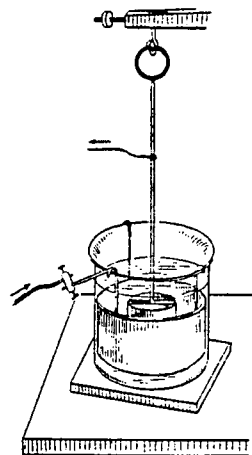


Fig.5

Een trage groei

Vanaf 1934 konden de natuurkundeleraren in hbs en gymnasium aan de slag met de aanbevelingen en de proevenbundels van de commissie Reindersma. Verdere aanmoediging konden ze vinden in Faraday, het orgaan van Velines, waarin van tijd tot tijd collega's over hun ideeën en ervaringen vertelden⁵.

Toch was medio jaren vijftig het practicum nog een even zeldzaam verschijnsel als twintig jaar daarvoor⁶. In de inleiding heb ik al enkele factoren genoemd - economische crisis, wereldoorlog en wederopbouw - die ongunstig waren voor vernieuwingen, zeker voor vernieuwingen die

geld zouden kosten. Daarbij kwam, volgens Frederik in zijn lezing op de 'Woudschoten'conferentie 1985, dat de proevenbundels van Reindersma c.s. niet stimulerend werkten, maar juist ontmoedigend. De leraar zag zich namelijk gesteld voor de problemen van

- de constructie van de apparatuur,
- het opbergen en schoonhouden ervan (in 10-15-voud!),
- de regie van een in ons onderwijs vrij onbekende werkvorm,
- de correctie van de verslagen,
- de didactische verwerking van de opgedane ervaringen van zijn leerlingen.

Bovendien waren veel opdrachten, zegt Frederik, alleen besteed aan de briljante leerling.

De enige belangrijke vernieuwing in de jaren veertig was de doorvoering van het tweerondensysteem. Voortaan begon de natuurkunde een klas eerder en een stukje eenvoudiger - maar dat vereiste andere practicumproeven dan die van de commissie Reindersma.

5. De grote sprong voorwaarts

Pas medio jaren vijftig komt er weer wat schot in de ontwikkeling van het practicum, het eerst in het ulo. Dan gaat het opeens snel, ook in de onderbouw hbs/gymnasium: daar wordt in 1961 op ongeveer 25% en in 1965 op ongeveer 50% van de scholen practicum gedaan⁷.

Vier factoren waren van belang bij het verlagen van de drempel:

- bij nieuwbouw of vernieuwing van schoolgebouwen werd een lespracticumlokaal voor natuurkunde standaard;
- er verschenen practicumhandleidingen voor ulo, en wat later ook voor hbs/gymnasium, die de leraren vertrouwen gaven in de haalbaarheid van het practicum;
- het ministerie stelde geld beschikbaar voor practicum-apparatuur; aanvragen werden, binnen redelijke grenzen, door de inspectie ondersteund;
- instrumentenfirma's, zoals Luctor en Phywé, wilden de groeiende markt graag bedienen.

De proevenboeken van Frederik en Middeldorp

In 1954 en volgende jaren verschijnt, in drie deeltjes, het Proevenboek van Frederik en Middeldorp, met als motto "door zelf doen tot begrijpen". De auteurs trekken de lijn van Minnaert door, zij het aangepast aan de leerstof- en behandelingstraditie van (vooral) het ulo. Een gunstige factor hierbij is, dat er inmiddels op verschillende plaatsen cursussen worden gegeven, die de ulo-leraren over hun drempelvrees voor natuurkundeproeven heen helpen. Frederik zelf had een belangrijk aandeel in de "Utrechtse mulo-cursus" voor onderwijzers in de exacte vakken (tweejarig, op zaterdag). De gevolgde werkwijze, zegt Frederik in zijn eerder genoemde lezing, "was geïnspireerd door de idealen van Minnaert: de behandeling vond plaats op basis van zelfgedane experimenten en in de verwerking (de verslagen) moest aandacht gegeven worden aan de verwevenheid van proef en theorie".

Evenals de commissie Reindersma kiezen Frederik en

Middeldorp voor leerlingenproeven in gelijk front, maar hun proeven zijn korter, vaak kwalitatief, en zij geven soms een "huiswerkproef". Bovendien beperken zij zich niet tot de uitvoering van de proef, maar zij vertellen ook iets over de verschijnselen die aanleiding geven tot de proef of over toepassingen van de gevonden regels in praktijksituaties. Men kan dus de proevenboeken als leidraad in de lessen gebruiken, met een gewoon leerboek als aanvulling.

Frederik en Middeldorp werkten samen met de firma Luctor, die naast de proevenboeken ook bijpassende apparatuursets, in handige opbergdozen, op de markt bracht. Vooral voor de ulo-leraren was dit belangrijk, omdat zij het meestal zonder amanuensis moesten doen. Voor de overzichtelijkheid en stabiliteit van de opstellingen dient vaak een speciaal statief met een grote grondplaat (figuur 6, opstelling voor destilleren).

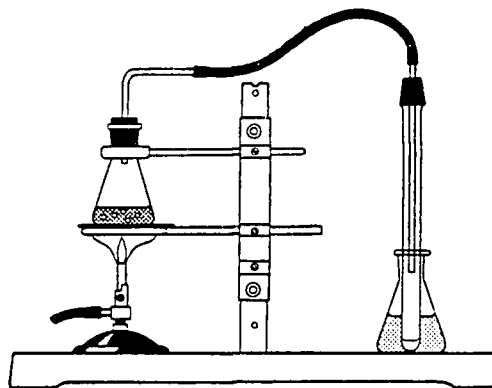


Fig.6

De handleidingen voor de onderbouw

De proevenboeken van Frederik en Middeldorp konden ook wel in de onderbouw gymnasium/hbs gebruikt worden, maar pasten toch niet goed bij de daar gangbare leerstof en wijze van behandeling. In de behoefte aan beter passende handleidingen voorzagen vanaf 1958 twee bundels:

- Kelder, Steller en Zweers, Doen en denken, twee delen (en later nog één voor de bovenbouw), elk met docentenhandleiding;
- Bulthuis en Gathier, Handleiding voor het natuurkundepracticum, drie delen.

Een jaar of vier later kwamen er nog twee bij

- Raat, Natuurkunde-practicum, twee delen (en een derde voor de bovenbouw) met een docentenboekje voor het geheel;
- Mulder, Continu experiment, zeven delen.

De handleidingen van Bulthuis/Gathier en Raat hebben het karakter van een werkschrift, waarin de leerling meetresultaten en conclusies invult. In "Doen en denken" kunnen de leerlingen eventueel wel meetresultaten invullen, maar er wordt toch steeds ook een verslag gevraagd. (Later heeft ook Doen en Denken het karakter gekregen van een werkschrift.)

De handleidingen van Mulder, vooral bedoeld voor de

mms (middelbare meisjesschool), zijn instructie- en werkschrift tegelijk; men hoeft er geen leerboek naast te gebruiken.

Ervaringen van een beginner

Mijn ervaringen kunnen illustratief zijn voor de situatie destijds. Ik begon in 1958 aan een lyceum dat nog klein genoeg was om met één natuurkundeleraar te volstaan. Het lokaal was niet geschikt voor practicum, maar er werd een nieuwe school gebouwd, met een lespracticum-lokaal van het standaardtype⁸.

Ik wilde graag practicum invoeren, omdat kwantitatieve demonstratieproeven, vooral bij het doen van een hele reeks metingen, al gauw saai werden, of door hun formaat moeilijk waren te volgen. Practicum zou, vermoedde ik, het vak voor de leerlingen leuker maken en ook leerzamer. Bovendien waren 'alle' collega's met de invoering bezig. En toen de nieuwe school in 1960 klaar was vroeg het nieuwe lokaal als het ware om practicum.

De handleiding die mij het meest aansprak was 'Doen en denken', maar ik liet mij door corrector en amanuensis overhalen tot Bulthuis/Gathier, om twee redenen: a) het werkschrift-karakter, dat controle en correctie eenvoudiger maakte en b) het gebruik van Phywé-materiaal, passend bij de al aanwezige demonstratieapparatuur. Het practicummateriaal was eigenlijk te duur - de normbedragen waren gebaseerd op de apparatuurlijst van 'Doen en denken' - maar de amanuensis was bekwaam genoeg om allerlei benodigdheden zelf te maken.

Na enkele jaren ging ik over van het leerboek van Schweers & Van Vianen op Zweers/Lignac, o.a. omdat in dat boek de practicumproeven geïntegreerd waren met de theorie en de opgaven. Maar die practicumproeven waren de proeven van 'Doen en Denken', en dat vereiste weer de nodige aanpassingen in apparatuur. Ook latere veranderingen van leerboek hadden hun consequenties; bovendien kwamen er met het groeien van de school collega's bij, met hun eigen ideeën over practicum. Op den duur ontstond zo een zeer 'gemengde' verzameling instructies en apparaten - zo zal het op veel andere scholen ook wel gegaan zijn.

6. Doen en denken; handigheid of inzicht

De meest gebruikte handleiding voor het onderbouwpracticum was in de jaren zestig 'Doen en denken'. De indeling weerspiegelt de leerstofverdeling in de toen gangbare leerboeken: in de tweede klas globaal 'vaste stoffen, vloeistoffen, gassen' en 'warmte', en in de derde klas 'licht' en 'elektriciteit'. Deel 1 van 'Doen en denken' bevat 22 proeven, waarvan 7 over hydrostatica en 8 over calorimetrie. Deel 2 bevat 18 proeven, waarvan 8 over geometrische optica en 10 over elektriciteit en magnetisme.

Elke proef is in één lesuur uit te voeren. In grote meerderheid zijn ze kwantitatief; vaak leiden ze tot een relatie tussen grootheden, bv. druk en diepte in een vloeistof, Archimedes, Boyle, voorwerps- en beeldsafstand bij de holle spiegel en de bolle lens, Ohm.

Ook het bepalen van materiaalconstanten komt vaak voor, speciaal in deel 1: soortelijk gewicht viermaal, (o.a. als toepassing van de wet van Archimedes; fig. 7) soortelijke warmte, smeltingswarmte, verdampingswarmte en condensatiewarmte samen zesmaal.

Vrij veel proeven komen overeen met proeven van de commissie Reindersma, maar de instructies zijn minder summier. De bedoeling en de opzet van de proef worden toegelicht voordat de opdrachten komen, en voor het maken van het verslag worden de nodige aanwijzingen gegeven.

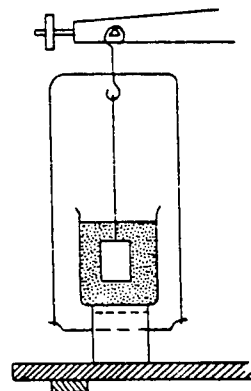


Fig.7

Het onderzoek van Steller

De meest op de voorgrond tredende pleitbezorger van het practicum was Steller, medeauteur van Doen en Denken, schrijver van de brochure "Waarom natuurkundepracticum" en van diverse artikelen in Faraday. Het practicum was ook het onderwerp van Steller's promotieonderzoek: in 1965 promoveerde hij in Utrecht op het proefschrift "Handigheid of inzicht". Zijn promotor was Minnaert. Steller wilde de effecten van het practicum vaststellen door middel van een aantal "waardemeters" voor het natuurkundeonderwijs met, resp. zonder practicum:

1. eindexamencijfers
2. studiekeuze
3. resultaten bij natuurkundetentamens (van studenten biologie, medicijnen e.d.)
4. tests
5. interviews met niet-fysici (studenten psychologie, geografie e.d. met B-diploma)
6. opinieonderzoek onder leerlingen van practicumsscholen (3e en 4e klas hbs)

Globaal gezegd gaven de waardemeters 2, 4, 5 en 6 een positieve uitslag; bij 1 en 3 waren geen duidelijke verschillen te zien tussen (oud)leerlingen die wel, resp. niet op hun school natuurkundepracticum hadden gedaan.

Het practicum en de examens

Steller zal wel gehoopt hebben een positief effect te kunnen aantonen van het practicum op de examenresultaten. Practicum zou immers niet alleen de handigheid moeten bevorderen, maar ook het inzicht. Waarom blijkt dat dan niet op het examen? Steller's antwoord is tweeledig:

- het practicum kost tijd, die op scholen zonder practicum besteed kan worden aan vraagstukken training;
- het examen toetst te weinig het natuurkundig inzicht⁹.

Steller pleit voor meer vragen gekoppeld aan experimentele situaties. In verschillende artikelen en in Olympiadeopgaven, die hij samen met Zandstra bedacht, heeft hij aangegeven hoe hij zich dat voorstelde.

Kritische kanttekeningen

Het onderzoek van Steller betrof de waarde van 'het practicum' als geheel. Hij laat zich niet uit over de waarde van verschillende typen proeven of over de keuzen die in 'Doen en denken' gedaan zijn. Naar mijn indruk destijds was die waarde per proef nogal wisselend. Goede herinneringen bewaar ik o.a. aan de proeven met lenzen, magneten, en schakelingen met lampjes, maar bij nogal wat andere proeven was het onderwerp voor de leerlingen niet echt interessant en/of de procedure te ingewikkeld. Twee voorbeelden die ik mij goed herinner, beide uit de tweede klas:

- de proef waarin de smeltingswarmte van ijs wordt bepaald door in een calorimeter met een bekende hoeveelheid water van gemeten temperatuur een vooraf afgedroogd blokje ijs te brengen, waarna de eindtemperatuur en de eindmassa wordt bepaald;
- de proef met de eerder genoemde 'boylebuis' (figuur 4), hoewel de opstelling wel aardig was: de glanzende kwikdraad met zijn bolvormige uiteinden, die zomaar bleef hangen als je de buis omkeerde. Maar waarom telt hier alleen de verticale afstand tussen de kwikniveaus? En hoezo constante als je (werkend met lengte in cm en druk in cm kwik) een rijtje uitkomsten vindt als 1622,36 O (O de inwendige doorsnede), 1639,48 O enz?

Het practicum van het type 'Doen en denken' werd na verloop van tijd ook in Faraday bekritiseerd. Onder de titel "Kan het practicum ook anders?" schreef Van Vianen in 1969:

"Het meeste plezier beleeft men aan proeven, die niet tot zeer belangrijke wetten leiden, maar die een beroep doen op de inventiviteit van de leerlingen of die een element van verrassing bezitten..."

En Hellingman kritiseerde in 1973 onder de titel "Leren we onze leerlingen wetenschappelijk denken?" het gesloten karakter van de gangbare practicuminstructies; we zullen de leerlingen

"de gelegenheid moeten geven om in een gegeven probleem hun eigen hypothesen te vormen en deze hypothesen zelf uit te testen, dus, voorzover dit niet door redeneren kan, zelf een proef te verzinnen."

7. Vernieuwingen in de jaren zeventig

In de jaren rondom 1970 maakte de hbs plaats voor havo en atheneum en de mulo voor het mavo. Die verandering, met de discussies over nieuwe programma's, gaf aanleiding tot herziening van bestaande leerboeken en tot de verschijning van diverse nieuwe. Veelal zijn nu practicumproeven opgenomen in het leerboek of in een bijbehorend werkboek. Daarmee krijgen die proeven de status van een normaal onderdeel van het vak; dat gebeurt o.a. in

- Schweers en Van Vianen, Natuurkunde op corpusculaire grondslag, geheel herziene versie;
- Auer en Hooymayers, Terreinverkenning in de natuurkunde;
- Van den Dool e.a., Moderne natuurkunde;
- Jardine, Natuurkunde...Doen! (Physics is fun);
- Raat, Nieuwe natuurkunde voor havo-vwo;
- Zandstra e.a, Van bekijken tot begrijpen.

Invloed van buitenlandse projecten

In verschillende leerboeken is de invloed te zien van vernieuwingsprojecten uit de Verenigde Staten (PSSC, Project Physics) en Engeland (Nuffield). Vooral het Nuffield Project benadrukt 'discovery', ook en vooral in het practicum. Laat de leerlingen dus werken zonder een leerboek waar na de beschrijving van de proef meteen al de conclusie staat. Ik citeer uit de 'Teachers guide' ('O'-level physics, D): "...not too much detailed instruction, because they need to feel that is their own experiment and to learn by their mistakes as well as their successes. Then they can acquire the feeling of doing science, of being a scientist - 'a scientist for the day'."

Behalve een stimulans tot een meer open en meer gevarieerd practicum bood 'Nuffield' ook een verrijking van het practicum met nieuwe proeven en apparaten. Een voorbeeld uit vele zijn de dynamicaproeven met wagentjes en tijdtikker (fig. 8).

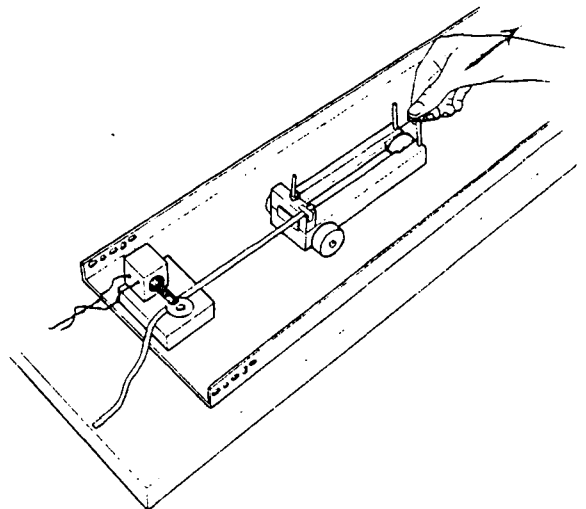


Fig.8

Nederlandse projecten

Ook wij krijgen, in de jaren zeventig, onze projecten: het Project leerpakketontwikkeling natuurkunde (PLON), Differentiatie binnen klasseverband (DBK), het Mavoproject, Natuuronderwijs voor de basisschool (NOB), en, wat later, Natuuronderwijs 12-16 jarigen (NO 12-16). Zij zouden een apart verhaal verdienen; ik beperk me hier tot enkele opmerkingen over het PLON.

Het PLON wijkt soms ver af van het werken in gelijk front, op de wijze van 'Doen en denken'. De proeven duren lang niet altijd een lesuur, soms worden in een

lesuur verschillende korte proeven gedaan, soms vereist een proef meer dan één lesuur. Vaak zijn de instructies tamelijk open of kunnen de leerlingen zelf onderzoeksvragen bedenken. Soms kunnen leerlingen kiezen uit verschillende proeven. Soms gaat het meten gepaard met maken, bv. het maken van een model van een brug. Soms wordt over keuzeonderzoeken door elk groepje gerapporteerd aan de hele klas.

De PLON-proeven wijken veelal ook inhoudelijk sterk af van wat in de jaren zestig gebruikelijk was. De proeven houden vaak verband met toepassingen van natuurkundige kennis in het dagelijks leven en in de techniek. Liefst gebeurt dat met echte, 'buitenschoolse' apparaten of modellen ervan, bv. een kWh-meter, een model van een centrale verwarming, een fiets, een zonnecollector, een windtunnel. Soms vinden die proeven dan ook buitenschools plaats (fig. 9).

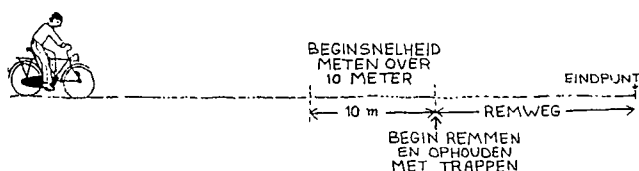


Fig.9

Het stralings practicum

Van een bijzonder soort, waarschijnlijk uniek in de wereld, is het reizend practicum van het Ioniserende Stralingsproject, dat in 1973 van start ging. Ik zal het hier niet beschrijven, omdat de meesten van u het wel kennen. De deelname is gegroeid tot ongeveer 70% van de in aanmerking komende scholen; jaarlijks nemen zo'n 14000 leerlingen aan het stralingspracticum deel.

Bovenbouwpracticum en praktisch schoolonderzoek

Al vroeg in de jaren zestig waren er practicumhandleidingen voor de bovenbouw beschikbaar, o.a. het derde deel van 'Doen en denken'. Toch ging lang niet iedereen na de invoering van practicum in de onderbouw meteen door in de bovenbouw. Men durfde er geen lestijd aan te besteden, vanwege het volle examenprogramma, of kon de middelen er niet voor vinden, of wachtte nieuwe ontwikkelingen af, of vond het eigenlijk niet zo nodig, of kon er zelf de tijd en energie niet voor vinden.

De vernieuwingsdrift van de jaren zeventig versnelt de groei van het bovenbouwpracticum. Er wordt over geschreven in Faraday en geconfereneerd op de NVON-vakantiecursus in 1975. Practicum moet ook deel uitmaken van het schoolonderzoek, vindt men, en op diverse scholen gebeurt dat al ruim voordat het verplicht wordt gesteld. In het verslag van de Woudschotenconferentie 1977 zijn allerlei voorbeelden opgenomen. Ook de examenopgaven ondersteunen de ontwikkeling: steeds vaker worden er experimenten in beschreven, die men kan 'vertalen' in een practicumopdracht.

Uit een onderzoek van Ellermeyer en Verkerk blijkt dat

in 1977/78 veertig procent van de scholen een praktisch schoolonderzoek doet (tien procent met behulp van een CITO-toets). In de bovenbouw wordt dan gemiddeld 6% van de lestijd, dus ongeveer een lesuur per maand, aan practicum besteed. Vooral in 5 en 6 vwo gebeurt dat veelal in de vorm van een stationspracticum: de leerlingen doen wel dezelfde proeven, maar in verschillende volgorde.

In 1982 werd het practicum een verplicht onderdeel van het schoolonderzoek havo/vwo en daarmee werd de beoordeling van practicumvaardigheden een actueel probleem. Over dat probleem handelde het promotieonderzoek van Verkerk (1983). Zijn promotor was Steller.

Wat de commissie Fokker in 1928 wilde, lijkt sinds 1982 verwezenlijkt: er is practicum in alle klassen en het telt mee op het eindexamen. Gebleven is echter wat de commissie noemde "het vraagstuk van de beperking der leerstof". Overlading noemen veel leraren nog steeds als reden om weinig practicum te doen. Verkerk (1986) vond uit een steekproef onder eerstejaars studenten dat 40% geen of bijna geen practicum in de bovenbouw had gedaan.

8. Recente ontwikkelingen

De laatste tien jaar stonden in het teken van de discussies over de voorstellen van de WEN (Werkgroep examenprogramma's natuurkunde) en de invoering van de nieuwe programma's. De WEN formuleerde een aantal wenselijke verschuivingen in het natuurkundeonderwijs, o.a.

- naar meer 'omgevings'natuurkunde;
 - naar meer toepassingen van natuurkundige kennis.
- Heel nieuw was dat niet - de commissie Fokker sprak al van "bekendheid met de voornaamste toepassingen der natuurkunde in het dagelijks leven en in de techniek" - maar dat doel was in de tussentijd wel tamelijk uit het zicht geraakt.

Naar mijn mening hebben de gewenste verschuivingen ook consequenties voor het practicum, die ik kort wil aanduiden.

Practicum en praktijksituaties

De traditionele rol van schoolproeven was, bv. in 'Doen en denken', en grotendeels ook in Nuffield: het vinden of verifiëren van natuurkundige wetten. Schematisch aangeduid

THEORIE -> <- EXPERIMENT

De genoemde 'verschuivingen' betekenen een aanvulling van het schema tot

THEORIE -> <- EXPERIMENT -> <- PRAKTIJK

Volgens dit aangevulde schema leggen de proeven ook een relatie met praktijksituaties (in het dagelijks leven, de natuur, de techniek, het onderzoek). Voorbeelden daarvan zijn o.a. in het PLON-materiaal te vinden.

Vanwege de beschikbare tijd zijn vaak keuzen nodig. Bijvoorbeeld: de leerlingen zelf de wet van Ohm laten vinden, of het energieverbruik van apparaten laten vergelijken m.b.v. een kWh-meter? Botsingsproeven uitvoeren om het behoud van impuls te verifiëren, of om het effect van kreukzones te onderzoeken? Remprouwen (fig. 9) doen om een verband te vinden tussen remweg en beginsnelheid, of om, gegeven dat verband (in formule of grafiek) de remvertraging van je eigen fiets te bepalen, als maat voor de kwaliteit van je remmen?

'Illegale' meetinstrumenten en eenheden

In vroegere programma's gold als ongeschreven wet: geen instrumenten waarvan de werking niet is verklaard, althans in principe, en geen eenheden die niet zijn gedefinieerd. Bijvoorbeeld: toen steeds meer leerboekschrijvers omstreeks 1970 ook in de onderbouw de newton gingen gebruiken als eenheid van kracht, voelden sommigen zich in hun wetenschappelijk geweten verplicht ook de definitie van de newton te geven, of zelfs vooraf een stuk dynamica te behandelen.

Geleidelijk is hier een verschuiving opgetreden van 'principiële' naar 'pragmatische'. In het PLON en elders is de kWh-meter ingeslopen, zelfs de dB-meter en de luxmeter. De opmars van allerlei sensoren en 'metertjes' van onbekende constructie is in volle gang.

Didactisch zie ik geen bezwaren, mits het instrument een begrip kwantificeert dat de leerling kwalitatief begrijpt: meer energie, sterker geluid, helderder verlichting e.d. Soms ook zou het instrument kunnen dienen om een abstracte grootheid meer concreet te maken. Is er al een betaalbare sensor voor magnetische veldsterkte, waarmee een leerling het veld van magneten en stroomspoelen kan onderzoeken?

Practicum en computer

Opvallend is op deze conferentie over het thema 'practicum', in hoeveel werkgroepen iets gedaan wordt met 'de' computer of met nieuwe media. De mogelijkheden zijn fascinerend: 'onmogelijke' proeven worden mogelijk; veel moeizaam meet- en rekenwerk onnodig. De mogelijkheden zijn ook zorgwekkend: wordt alles simulatie en 'virtual reality'?

Met deze nieuwe hulpmiddelen heb ik te weinig ervaring om iets zinnigs erover te zeggen. En trouwens: dit verhaal ging over de historie van het natuurkundepacticum, niet over de toekomst. Alleen dit: hopelijk blijft er na 1994 ook plaats voor simpele proefjes met simpele middelen, zoals beschreven in het boek van Minnaert uit 1924.

Noten

1. Bijzonderheden over leven en werk van Minnaert (1893-1970) zijn o.a. te vinden in een artikel van L. Molenaar in *Natuur en Techniek* (jrg. 61, nr 9, 752-759).
2. In citaten heb ik alleen de spelling aangepast.
3. Het woord 'druk' betekent hier 'drukkende kracht'. Dat was vroeger niet ongewoon; ook Lorentz gebruikte

te in zijn "Beginnelen der natuurkunde (9e druk, 1929) de term 'druk' in die betekenis.

4. Ik zeg helaas, omdat het onderwerp in drie opzichten belangrijk is: de relatie natuurkunde-scheikunde, de technische toepassingen, en de begripsvorming over ladingstransport. De genoemde proef kwam ik voor het eerst omstreeks 1970 tegen in *Project Physics*; ik heb hem alleen als demonstratie uitgevoerd.
5. Faraday was het orgaan van Velines, de vereniging van leraren in natuur- en scheikunde, opgericht in 1930. Al in het eerste nummer van *Faraday* (jrg. 1930-31) staat een artikel over ervaringen met practicum.
6. Dit blijkt o.a. uit gegevens die Prof. Burger (voormalig lid van de commissie Reindersma) verzamelde over studenten in Utrecht. Van de 2581 eerstejaarsstudenten in geneeskunde, diergeneeskunde en tandheelkunde in de jaren 1951-1960 hadden 305 op school practicum gedaan. (zie Steller, 1965, p. 45)
7. De schatting van 50% wordt door Steller gegeven en toegelicht in zijn proefschrift. De 25% is ontleend aan het verslag over het onderwijs in 1961 van het ministerie, geciteerd door Van Vianen in *Faraday* (jrg. 34, 1964/65, p. 166).
8. Het standaardtype lespracticumlokaal in de jaren zestig had voor de leerlingen twaalf vaste tweepersoons tafels, voorzien van gas en elektriciteit. Er was wat reserve in de vorm van wandtafels, maar men wilde toewerken naar een norm van maximaal 24 leerlingen.
9. De laatste stelling van Steller luidt: "De natuurkundeeindexamenopgaven der laatste vijf jaar zijn eenzijdig gericht op het kennen van feiten, wetten, eenheden en formules en op het substituerend oplossen van kettingsvraagstukken. Vragen die het praktisch en theoretisch fysisch inzicht peilen, komen steeds minder voor."

Literatuur

- Bulthuis, H. & P.J. Gathier (1958, 1959) *Handleiding voor het natuurkunde-practicum*, 3 dln. Groningen: Wolters.
- Commissie Fokker (1928) *Het onderwijs in de natuurkunde aan Gymnasia, Hoogere Burgerscholen en Lycea*. Groningen: Wolters.
- Commissie Reindersma (1934) *Natuurkundige proeven voor leerlingen*. Rapport betreffende de invoering van het praktisch werken door leerlingen bij het natuurkunde-onderwijs aan Gymnasia, Hogere Burgerscholen en Lycea. Groningen: Wolters.
- Commissie Reindersma (1934, 1937) *Het natuurkundepracticum, een verzameling leerlingenproeven voor het M.- en V.H.O.*, 2 dln. Groningen: Wolters.
- Ellermeyer, A.L. & G. Verkerk (1979) *Verslag enquête natuurkunde havo-vwo, NVON-mededelingenblad 4*, nr 7, 20-22 en nr 10, 29-35.
- Frederik, G.H. (1985) *Het optica-onderwijs in Nederland; de laatste honderd jaar in vogelvlucht*. In: *Zicht op licht, verslag van de 'Woudschoten'conferentie 1985*. Utrecht: Werkgroep Natuurkunde Didactiek.

- Frederik, G.H. & A.W. Middeldorp (1954 e.v.) Proevenboek, 3 dln. Baarn: Luctor.
- Hellingman, C. (1973) Leren we onze leerlingen wetenschappelijk denken? Faraday 42, 145-147.
- Kelder, C.F., J.Ph. Steller & E.E.F. Zweers (1958, 1959, 1962) Doen en denken, 3 dln, elk met docentenhandleiding. Groningen: Wolters.
- Minnaert, M. (1924) Natuurkunde in leerlingenproeven. Groningen: Noordhoff.
- Minnaert, M. (1937-1940) De natuurkunde van 't vrije veld, 3 dln, herzien 1968-1972. Zutphen: Thieme.
- Mulder, H.M. (1962, 1963) Continu experiment, 7 dln. Groningen: Noordhoff.
- NVON (1975) Praktikum-bovenbouw, verslag van de vakantiecursus natuurkunde.
- Raat, J.H. (ca 1962) Natuurkunde-practicum, 3 dln en docentenhandleiding. Groningen: Noordhoff.
- Reindersma, W. & T. van Lohuizen (1929 e.v.) Nieuw leerboek der natuurkunde, 3 dln. Groningen: Wolters.
- Steller, J.Ph. (1958) Waarom natuurkundepracticum? Groningen: Wolters.
- Steller J.Ph. (1965) Handigheid of inzicht? Onderzoek naar de resultaten van het natuurkundepracticum bij het v.h.m.o. Proefschrift R.U.U. Utrecht: Pressa Trajectina.
- Steller J.Ph. (1970) Practicum, proefwerk en fysische situatie. Faraday 39, nr 5, 134-137.
- Verkerk, G. (1983) Het praktikum in het schoolonderzoek natuurkunde, proefschrift T.H. Eindhoven. Apeldoorn: Van Walraven.
- Verkerk, G. (1986) Practicum in de bovenbouw en practicum in het schoolonderzoek (VWO). NVON-maandblad 11, nr 6, 28-29.
- Vianen, P.A.C. van (1969) Kan het practicum ook anders? Faraday 39, nr 2, 66-69.
- Werkgroep natuurkunde-didaktiek (1977) Het eindexamen natuurkunde voor VWO en HAVO; schoolonderzoek en CSE. Verslag van de conferentie Woudschoten 1977.
- Zweers E.E.F. & W.P.J. Lignac (ca 1960) Natuurkunde-werkboek, 4 dln. Groningen: Wolters.



Nieuwe media in het practicum: gereedschappen voor onderzoekend leren met de computer

C. Mulder & P. Molenaar



Samenvatting

De afgelopen jaren is het practicum sterk veranderd door het gebruik van de computer. Sensoren, UIA-kaart en IP-Coach maakten op scholen een computer ondersteund practicum mogelijk. De computertechnologie ontwikkelt zich steeds verder en de vraag kan gesteld worden hoe de nieuwe technologieën - zoals, Windows, Interactieve Video, CD-ROM technologie, enzovoorts - te benutten zijn om het practicum verder vorm te geven. Aan de hand van een aantal voorbeelden schetsen we de ontwikkelingen zoals die de afgelopen jaren in het Nederlands onderwijs hebben plaatsgevonden. Ontwikkel- en onderzoeksprojecten van de Universiteit van Amsterdam geven een beeld van mogelijkheden in de nabije toekomst.

De opkomst van de computer als hulpmiddel in het practicum

Toen ik zo'n 12 jaar geleden de nascholingscursus "praktikum met de computer" op de Universiteit van Amsterdam volgde waren daar veel enthousiaste natuurkundeleraars verzameld, die de computer te lijf gingen met soldeerbout, bread-boards, weerstanden en condensators. Chips wisten we actief te maken door ze te programmeren met hexadecimale codes. De computer gebruiken bij een natuurkundeproef, dat betekende: bouw een sensor, programmeer een game- of userpoort en schrijf in Basic een programma zodat je een grafiek op het scherm krijgt. Nachten waren we bezig en we zagen voor ons dat deze technologie toch wel het hele natuurkundepracticum zou veranderen!

Toegepaste elektronika

De microcomputer als massaproduct zorgde in de jaren tachtig voor een ontwikkeling waarbij de computer een nuttig te gebruiken hulpmiddel werd in het natuurkundepracticum. Natuurkundeleraars - maar ook docenten biologie en scheikunde -, legden als computerenthousias-

ten de basis voor een computer ondersteund practicum. Uiteraard was niet iedere docent even verheugd toen zij de hobbyisten solderend in computers bezig zagen. Velen vonden deze activiteiten niet voor hen weggelegd en zeker niet te gebruiken in de klas, want een computer in de klas betekende meestal dat het programma vastliep en dat de leerling het wel even beter wist dan de leraar. De meeste natuurkundeleraars vonden de toegepaste elektronika die hierbij aan de orde kwam een taak voor het beroepsonderwijs en niet geschikt voor het middelbaar onderwijs. In Groot Britannië (Scaife, 1993) was men al in het begin van de jaren tachtig begonnen met de computer in het practicum. Men had daar een speciaal op het practicum afgestemde (schijn)computer ontwikkeld, de "VELA". Alles zat er op en eraan: sensoren, versterkers, ingebakken programmatuur en voor de verwerking van meetgegevens konden de metingen zo overgezonden worden naar een "echte computer". Elke school kreeg zo'n "VELA", de computerenthousiasten gebruikten hem en er ontstonden allerlei gebruikersclubs, maar voor de meeste docenten kwam dit technologisch wonder te vroeg: ze konden er niet mee omgaan. De meeste VELA's verzamelden stof in plaats van meetgegevens.

Het Nivo-project

In Nederland werd in 1986 een revolutionaire stap gezet door alle scholen van computers te voorzien. Dit NIVO-project zorgde niet zo zeer voor computers op school - want gemiddeld hadden de scholen er al zes -, maar zij zorgde dat alle scholen *dezelfde* computers kregen én dat docenten zich konden nascholen in de nieuwe technologie. Deze NIVO-apparatuur was echter voor gebruik in het practicum niet geschikt. Juist het ontbreken van adequate voorzieningen in de apparatuur leidde tot een discussie waarvoor je de computer in het practicum zoal kon gebruiken. Een consensus, zowel nationaal als internationaal, ontstond rond het gebruik van de computer als meet-

en verwerkingsinstrument bij proeven. In tegenstelling tot landen waar geen standaardisatie in computergebruik optrad, kon voor het Nederlandse onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken een hardware en softwarestandaard ontwikkeld worden, namelijk de UIA-kaart en IP-Coach.

Ontwikkeling van het practicum door standaardisatie

Door de standaardisatie op IBM-compatible computer, UIA-kaart en IP-Coach loonde het de moeite om voorbeeldmateriaal te maken, nascholingscursussen te houden en uitwisseling tussen scholen tot stand te brengen. Langzaam maar zeker konden docenten hun demonstratieproeven en leerlingenpractica verbeteren met de nieuwe technologie. De verbeteringen waren in eerste instantie veelal technisch van aard, maar geleidelijk ontstond er meer aandacht voor didactische verbeteringen.

Zo konden bestaande experimenten in een nieuw jasje worden gestoken en diverse proeven, die voorheen niet mogelijk waren, konden nu wel uitgevoerd worden. De computer was niet slechts een instrument, waarmee je beter kon meten, maar de computer was vooral een meetomgeving. Je kon het apparaat instellen naar eigen wens. Het apparaat was niet slechts een afleesbare meter, maar met goede software kon je ervoor zorgen dat metingen werden verwerkt en afgebeeld in fraaie tabellen en grafieken.

Om een aantal mogelijkheden te noemen:

- a. Het werd mogelijk meetwaarden - vaak van meerdere grootheden tegelijk - vlot en netjes weer te geven op het beeldscherm of af te drukken op papier.
- b. Grafieken werden tijdens het meten direct op het beeldscherm getekend, waardoor onmiddellijk kon worden bekeken of de resultaten de gewenste waren.
- c. Meten met de hand betekende vaak een beperking tot enkele meetpunten, de computer was vaak in staat vele honderden metingen te doen in één meetserie.
- d. Proeven van korte en lange (meer dan 1 lesuur) tijdsduur werden mogelijk omdat de meting geautomatiseerd kon worden.
- e. De computer is een universeel meetinstrument, aanschaf van dure apparaten kon vaak achterwege blijven (geheugenscoop, tellers, stopklokken, x-y schrijvers, demonstratiemeters, pH-meters, e.a.)
- f. Sommige experimenten konden didactisch anders. Bijvoorbeeld meten van een stoltraject: een druppeltje kaarsvet op een thermokoppel in vergelijking tot een thermometer in een beker kaarsvet. Stollen in de beker neemt 1 tot 2 lessen in beslag, de druppel op de thermokoppel duurt slechts 1 à 2 minuten en kan per lesuur dus vaak herhaald worden. Diverse verbeterde proeven zijn de laatste jaren gepubliceerd in de nieuwe leerboeken of het maandblad van de NVON: NVOX.

Enkele suggesties van nieuwe of verbeterde experimenten:

- De vallende magneet.
Via een oscilloscoop is dit vaak moeilijk waar te nemen. Met de computer als geheugenscoop gaat dit eenvoudig.
- Bewegingen waarnemen.
Het werken met een stopwatch en merktekens (of tik-kertimer) is aanzienlijk vereenvoudigd door plaatsbepalingen via USA, USP, waterpotmeters, gatenwielen etc.
- Bepaling geluidssnelheid in materialen.
De computer biedt de mogelijkheid van een snelle meting op aanschouwelijke wijze.

Omdat deze vernieuwing echt aansloeg bij docenten, kwamen er steeds meer suggesties van hen om de software te verbeteren en uit te breiden. In 1988 nam de Universiteit van Amsterdam het voortouw om samen met medewerkers van The University of London, Philip Harris en PTT-Telematica na te denken over een concept voor computergebruik bij de natuurwetenschappelijke vakken. Dit resulteerde in het idee alle software die nodig is om het practicum te ondersteunen te integreren in één pakket. Toekomstige uitbreidingen zouden er als modules moeten worden ingeschoven. Op deze manier kon leerlingen een omgeving worden geboden, waarin zij de computer als gereedschapskist voor talloze proeven konden benutten.

Open practicumvorm stelt eisen aan de interfacing

Kant en klare software voor proeven kwam in de jaren tachtig veel voor. Ontwikkelingen in de didactiek gingen er echter veel meer vanuit dat leerlingen zelf proeven zouden gaan doen. Leerlingen zouden niet zo zeer met kant en klare opstellingen moeten werken, maar de gelegenheid moeten hebben om zelf proefopstellingen te ontwerpen. De computer gebruiken bij dit type practica vereist dat de koppeling van de computer met proefopstelling (interfacing) simpel is.

Uit Amerikaans onderzoek (Brasell 1986, Thornton 1987) was al bekend dat meten met sensoren en computer een enorme impact heeft op het interpreteren en lezen van de bijbehorende grafieken. Directe verwerking en weergave op het beeldscherm levert leerlingen een directe respons op hun metingen, waardoor ze zelf onmiddellijk foutief handelen kunnen onderkennen. Dit foutief handelen heeft een geweldig positief effect als meting en weergave op het beeld gelijktijdig optreden.

Toen wij met dit onderzoek rekening wilden houden betekende dat de nadruk leggen op een directe koppeling meting-verwerking-weergave op beeldscherm. Een datalogger buiten de computer, dit is in Groot Britannië tamelijk populair, (een seriële oplossing) is vaak te traag. In Nederland kon voor de parallelle optie gekozen worden omdat alle scholen dezelfde computer hadden.

IP-Coach

Voor het practicum bij natuurkunde, scheikunde en biologie in het voortgezet onderwijs zijn nooit industriële softwarepakketten interessant geweest, dit in tegenstelling

tot tekstverwerkers, databases en spreadsheets. Pakketten zoals Assyst en Labwindows doen het kennelijk niet in een omgeving waarbij het practicum vooral bedoeld is om begrippen en vaardigheden onder de knie te krijgen. Ook in het buitenland is dit zo. Het waren dan ook niet softwarehouses, maar docenten en vakdidactici die electronica en de software voor het practicum hebben ontwikkeld. De didactische keuzen resulteerden in een UIA-kaart, een meetpaneel, IP-Coach en een set basissensoren. Kenmerken zijn de toegankelijkheid van het materiaal, dit wordt vooral weerspiegeld in de 4mm-snoeren en bananenstekers aan de sensoren. Geen telefoonpluggen, geen koptelefoon of hifi-apparatuurpluggen. Gangbare pluggen zoals we die normaal gebruiken in het natuurkunde-practicum. Didactische keuzen leidden ook tot een open meetomgeving, dus een omgeving waarbij de leraar en leerling zelf moeten bepalen hoe deze in te zetten bij een experiment. Dat betekende vrijheid in keuze van sensoren. Sensorontwikkeling leidde tot vele simpele sensoren zoals temperatuursensor, geluidssensor, plaatsbepalingssensor, lichtsensor, enzovoorts. Maar ook zijn sensoren zelf te maken en aan te sluiten op de computer: een gitaarelement, een drumsensor, een draadweerstand of een waterpotmeter als plaatsbepalingssensor, een handtitrator of druppelteller als volumesensor, enzovoorts.

De didactische keuzen stelden veel eisen aan de software IP-Coach. Toen IP-Coach 3 af was, was er alweer behoefte aan verdere uitbreiding. De softwareontwikkeling is steeds een proces van continue aanpassing en uitbreiding geweest. Ze werd gestuurd door de didactische wensen, de technologische mogelijkheden en de veranderingen van het onderwijs.

IP-Coach is enerzijds een heel uniek pakket, omdat het zo flexibel en uitgebreid is, maar anderzijds is het ook weer niet zo'n revolutionair produkt dat niet past in de klaspraktijk van alledag.

Theorie in het practicum : modelleren

In 1986 had Jon Ogborn van de University of London een softwarepakket ontwikkeld genaamd DMS (Dynamic Modelling System) (Ogborn, 1986). In het kader van een samenwerkingsproject van de Universiteit van Amsterdam en de Universiteit van Utrecht wilden we dat pakket graag naar Nederland halen. Met dat pakket kon je modellen van natuurkundige processen opstellen en door de computer laten uitrekenen. Voorbeelden hiervan had Ogborn laten opnemen in het vernieuwde Revised Nuffield A-level Physics. Ogborn zag voor zich dat leerlingen allerlei denkbeelden over natuurkundetheorie praktisch konden onderzoeken door de computer te gebruiken. De software was dan ook een raamwerk-programma en leerlingen en leraren moesten de vullingen leveren door ermee te werken in de klas. Als een leerling dan ook een model had opgesteld kon men proberen hiermee voorspellingen te doen over fysische processen.

Toen bleek dat NIVO dit pakket had aangekocht voor alle Nederlandse scholen waren we hier zeer tevreden mee. In

Utrecht wilde men het pakket vooral om uit te proberen of je via modelvorming leerlingen een instrument in handen gaf om meer grip te krijgen op het aanleren van allerlei natuurkundebegrippen. In Amsterdam wilde men graag een koppeling tot stand brengen tussen theorie en experiment. Het Engelse pakket was ontwikkeld voor een BBC-computer en werkte daar uitstekend op, de Nederlandse versie moest geschikt zijn voor de diverse NIVO-computers en dat werkte in het begin maar matig (ze waren grafisch niet zo sterk). Een verbetering voor DMS zat er niet meer in; de Universiteit van Utrecht besloot toen zelf maar een verbeterde versie uit te brengen (NEMO), zodat men verder kon met uit te zoeken of deze vorm van werken met modellen begripvorming versterkt en de Universiteit van Amsterdam integreerde de DMS-gedachte in 1991 in IP-Coach (Modelomgeving). In Modelomgeving werd de mogelijkheid gecreëerd om resultaten van modellen en experimenten met elkaar te vergelijken.

Werken met modellen

Het werken met modellen en deze vergelijken met experimenten bracht in het practicum de verbinding tussen het natuurkundig fenomeen en hoe we dachten het te kunnen beschrijven. Modellingpakketten maakten een nieuw type leeromgeving voor het natuurkundepracticum.

Maar valt modelleren te leren en hoe moet dat? Op nascholingscursussen waren docenten altijd wat sceptisch. Meten met de computer dat was voorstelbaar, maar natuurkundige processen beschrijven met modellen? Het is bekend dat voor leerlingen tijdsafhankelijke processen, zoals bewegingen of het op- en ontladen van condensatoren lastig zijn. Kunnen we de mechanica van Newton in de computer zetten en kunnen we leerlingen duidelijk maken dat dat iets te maken heeft met de bewegingen die ze in het practicum onderzoeken? Is deze methode beter dan het knip-en plakwerk van de tikkertimerstroken? Werkt dat mechanica model ook voor trillingen? En geldt het ook voor electronenbanen? Een harmonische beweging niet als projectie van een punt dat eenparig een cirkelbeweging doorloopt, maar gewoon op de computer kijken of $F = -C \cdot u$ die herhaalde beweging oplevert?

Onderzoek van Kurtz dos Santos en Jon Ogborn (Kurtz dos Santos, 1994) hebben laten zien dat werken met modellen zeer goed mogelijk is voor A-level natuurkunde leerlingen (vergelijkbaar met bovenbouw vwo).

Toepassen van modelleren

Het modelleren kan een belangrijke activiteit in de natuurkundeles worden, waarbij de natuurkundige processen op een andere wijze benaderd worden. Niet meer een formule toepassen maar kijken wat de invloed van de verandering van een variabele is en de relaties tussen de variabelen bekijken. Het is vaak heel lastig te voorspellen wat de consequenties zijn van het veranderen van de variabelen of het interpreteren van de achterliggende fysica bij een model.

Werken met een modelomgeving software pakket is iets dat men eerst eens moet uitproberen. Kijk daartoe eens rond op school, er moeten diverse lesideeën uitgegeven door NIVO aanwezig zijn. In Signaal en NVOX staan ook regelmatig artikelen over modelleren. Ook bij het programma Modelomgeving biedt de handleiding van IP-Coach allerlei toepassingen. Het is vooral proberen, opnieuw proberen, het lukt niet,... o ja, toch wel,.. hé, wat een mooie grafieken,... eh, kan ik nu ookpas maar op, want de eerste weken ben je niet meer achter dat ding weg te slepen.

Voor modelleren via de computer worden docenten pas enthousiast als zij er zelf in gedoken zijn. Modelresultaten en meetgegevens met elkaar te vergelijken, dat zijn nieuwe elementen in het pakket IP-Coach. Met Modelomgeving en Rekenvel kan ineens veel: met theorie kan gespeeld worden, niet meer kijken naar een opdracht, maar laat de computer maar werken zoals het uitwerken van meetgegevens, formules zoeken, tabellen en grafieken maken. Ook de leerlingen kunnen een model manipuleren, ze kunnen grootheden en constanten veranderen, metingen ermee vergelijken, modelwijzigen, interpretaties geven, hypothesen maken.

Dit zijn zeer aantrekkelijke middelen om een onderzoeksopdracht tot een goed einde te brengen! Vermoedelijk staan ze daarom ook bij de onderzoeksvaardigheden van het vernieuwde W.E.N. examenprogramma.

Fysische Informatica en de onderzoeksopdracht

Vroeger waren er de keuzegroepen op in het VWO-curriculum. Dit was een mogelijkheid om eens wat dieper op een onderdeel van de natuurkunde in te gaan. Maar het lukte docenten niet altijd een goed programma voor zo'n onderwerp op te stellen. In begin van de tachtiger jaren werd het praktisch schoolonderzoek verplicht. Het bleek lang niet gemakkelijk te zijn om een adequate proef te vinden voor een groep leerlingen. De WEN lanceerde de onderzoeksopdracht.

Bij iedere verandering werd het zelfstandig werken van leerlingen van groter belang en kwam er meer aandacht voor praktische en onderzoeksvaardigheden.

Ook fysische informatica kreeg een plaatsje in het programma voor de bovenbouw havo en vwo. Het gevolg was dat zowel de praktische als onderzoeksvaardigheden werden uitgebreid met computervaardigheden (de Beurs, 1994). Onderzoek laten uitvoeren door een leerling en daarbij de computer gebruiken wordt gewoon. Leerlingen kunnen misschien ook thuis of na de lessen in het computerlokaal aan hun onderzoek werken; de metingen doen in het practicumlokaal en de verwerking ervan op school, thuis of bij klasgenoten.

In het vernieuwde (WEN)examenprogramma is modellen bijgesteld. Meten met de computer, modellen kunnen hanteren zijn nieuwe vaardigheden geworden. Ze kunnen uitstekend worden aangeleerd door de computer toe te

passen in allerlei practica en onderzoekjes. Als leerlingen er regelmatig mee gewerkt hebben, dan kunnen ze er op het examen ook vragen over beantwoorden. Als natuurkundeleraar sta je er ook niet alleen voor, kijk eens naar uw collega's scheikunde en biologie, ook daar gebruikt men IP-Coach. Het is redelijk uniek dat een leerling ervaart dat de computer in het practicum bij scheikunde, biologie en natuurkunde op dezelfde manier gebeurt. Vaardigheden en kennis verworven bij ene vak zijn zo toe te passen bij het andere en dat is op school een enorm winstpunt.

Onderzoekend leren met de computer

Actief leren

In de laatste 25 jaar hebben we een aantal ontwikkelingen gezien. Eerst het stimuleren van het leerlingenpracticum, daarna de zelfstandige opdracht en thans het studiehuis. Actief leren bij natuurkunde is op zich geen echte nieuwigheid, in de practicumwerkvorm was het al uitgangspunt. Projecten als Nuffield, PLON hadden het in hun opzet, maar ook op nascholingsbijeenkomsten kwam het steeds aan de orde. Ik herinner mij nog hoe in 1975 op de vakantiecursus "Practicum doen" in Groningen Jan Schröder zei: leren is actief leren en natuurkunde leent zich daar prima voor door practicum of onderzoekjes te doen. Een aardige term uit die tijd, die tegenwoordig goed past bij de aandacht voor practicum- en onderzoeksvaardigheden is 'onderzoekend leren'.

De computer heeft in eerste aanzet het practicum in technische zin verbeterd, vervolgens kwamen de didactische mogelijkheden en de aanzet tot nieuwe leerstof (fysische informatica). Het lijkt het erop dat er nu een derde fase is ingezet. Veel scholen hebben de onderzoeksopdracht ontdekt als een manier van natuurkunde doen, waarbij de leerling blijkt moet geven zijn natuurkundekennis toe te kunnen passen bij zelfstandige onderzoeksactiviteiten. Ook de kerndoelen en de geest van de basisvorming doen verwachten dat leerlingen veel zelfstandiger moeten leren. Het leren moet gekoppeld worden aan praktisch handelen en het moet zinvol zijn voor een leerling (leefwerelddoemen).

Ook de te verwachten veranderingen in de bovenbouw havo en vwo wijzen in de richting van actief leren. Diverse scholen zijn op zoek naar een didactiek die leerlingen méér verantwoordelijk maken voor hun eigen leren.

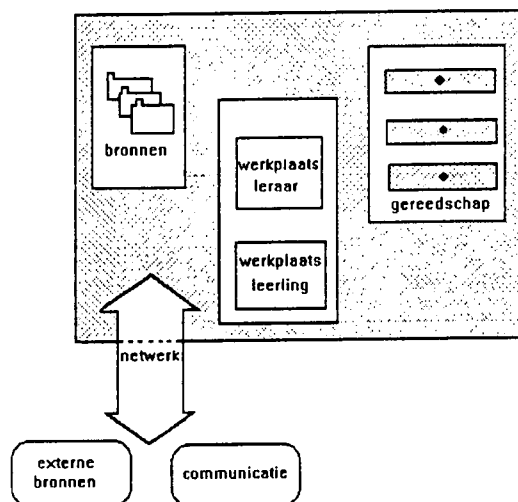
Onderzoekend leren

Veel practica en onderzoekjes komen vaak niet verder dan de uitvoering. Leerlingen voeren een proef uit, maar ze worden niet echt gestimuleerd met de resultaten verder te gaan. Een vermoedelijke reden daarvoor is dat leerlingen niet gemotiveerd zijn om een experiment verder uit te werken met potlood en pen. Men blijft steken na een proef te hebben uitgevoerd. Hier kan de computer motiverend werken. Er zijn zoveel verwerkingsmogelijkheden via programma's als Verwerking, Rekenvel, Modelomgeving dat er heel wat "practisch" te doen is met de resulta-

ten van de proeven. Zo wordt een proef al gauw een onderzoekje. Er kunnen ook veel meer open vragen gesteld worden, waar de leerling de computer op kan los laten. "Onderzoekend Leren met de computer" bergt veel potentie in zich.

Bij de Universiteit van Amsterdam loopt thans een onderzoek "onderzoekend leren met de computer". Een belangrijke vraag daarbij is: hoe zou de omgeving IP-Coach er moeten uitzien voor dit type leren.

Bij onderzoekend leren wordt de rol van de docent meer die van "ontwerper van leersituaties" en die van de leerling wordt meer "onderzoeker". Was IP-Coach een pakket waarin de integratie van allerlei programma's voor onderzoek centraal stond, voor onderzoekend leren zal de werkplaats van docent en leerling meer vorm moeten krijgen.



IP-Coach voor onderzoekend leren

Kontekstrijke leersituaties binnen Coach

De "onderzoeker" heeft onderzoekssituaties nodig en de docent zal als ontwerper juist die situaties willen aanbieden die begripsvormend en contextrijk zijn. Zo zal het aandragen van contextrijke leersituaties belangrijk zijn. Nieuwe media, zoals beeldplaat en CD-ROM, kunnen gesorteerde realistische beelden van natuurkundige verschijnselen de klas in brengen. De programma's binnen IP-Coach zijn het gereedschap dat de "onderzoeker" kan inzetten. Ook communicatie met anderen, zoals experts en medeleerlingen op andere scholen is te realiseren. Bronnen van buiten kunnen met modemverbindingen worden opgehaald van bulletin boards zoals de SLO-lijn.

Om "Onderzoekend leren met de computer" inhoud te geven is een vernieuwde IP-Coach nodig, die voortbouwt op de huidige IP-Coach 4. Onderdelen van de nieuwe IP-Coach hebben we uitgeprobeerd. Zo werden video-beeldplaten gebruikt om leerlingen aan realistische contexten onderzoek te laten doen.

In de onderzoeksopdracht hebben we 5 vwo-leerlingen laten werken met de SLO-lijn. Leerlingen konden hier

met elkaar communiceren, experts raadplegen en bestanden ophalen.

Voor de basisvorming willen we IP-Coach speelser en visueler maken. Hiertoe is IP-Coach onder Windows gebracht en zijn nieuwe media elementen toegevoegd zoals filmpjes, plaatjes en animaties. Ook willen we daar extra aandacht geven aan de rol van "de docent als ontwerper van onderwijssituaties" en de leerling als "onderzoeker". Een aantal docenten, die participeren in het PRINT PIT-project, proberen met nieuw lesmateriaal de nieuwe werkwijze van onderzoekend leren met behulp van nieuwe media uit. IP-Coach wordt geschikt gemaakt als nieuwe media (open)leeromgeving.

Nieuwe Media projecten met IP-Coach

We geven enkele voorbeelden van in de toekomst te verwachten toepassingen van nieuwe media in het practicum en eigen onderzoek.

Enkele onderzoeksprojecten bij Didaktiek Natuurkunde richten zich op dit onderzoekend leren met de computer. Op enkele zullen we ingaan:

Project 1: IP-Coach gekoppeld aan video-beeldplaat

Onderzoeken doen buiten de klas is vaak een probleem. Beeldplaten of CD-ROM's met bronnen, zoals video's van allerlei praktijksituaties waaraan te meten is, kunnen hiervoor een oplossing zijn.

Project 2: Communicatie over eigen onderzoek via de SLO-lijn

Leerlingen van verschillende scholen proberen met elkaar hun eigen onderzoeksopdracht te bespreken. De SLO-lijn functioneert ook als een extern bronnenbestand.

Project 3: IP-Coach junior (onder windows) bij onderzoekend leren (PIT-ontwikkelprojecten).

Diverse scholen proberen in PIT-verband onderzoekend leren met de computer te implementeren in hun eigen curriculum. Voor de basisvorming is zowel IP-Coach junior in ontwikkeling als lesmateriaal.

Literatuur

- Beurs, C. de, C. Mulder, F. Jansens, *Fysische informatica in het vernieuwde W.E.N examenprogramma*. NVOX, september 1994, 19,7, pp.298-300.
- Brasell, H.M., *Effectiveness of the microcomputer-based laboratory in learning distance and velocity graphs*. University of Florida, dissertation, 1986.
- Kurtz dos Santos, A.C. and J. Ogborn, *Sixth form students' ability to engage in computational modelling*. Journal of Computer Assisted Learning (1994) 10, pp 182-200.

Ogborn, J. and D. Wong, *A Microcomputer Dynamic Modelling System*. Physics Education, 19, 1984, pp. 138-142.

Scaife, J. and J. Wellington, *Information technology in science and technology education*. Open University Press, 1993.

Thornton, R.K., *Tools for scientific thinking- microcomputer-based laboratories for physics teaching*. Physics Education, 22, (1987), pp. 230-238.

Overzicht van de proeven die we tonen

1. Grafieken tekenen en berekenen (Rekenvel)
2. De proef van Tinker (Kinegraaf)
3. Leren modelleren:
 - model van het ontladen van een condensator in Grafische Modelomgeving en Modelomgeving
4. Meten aan interactive video (I-Video)
5. SLO-lijn
6. IP-Coach junior voor de basisvorming

1. Grafieken tekenen en berekenen

Het tekenen van grafieken en rekenen met grootheden zijn veel voorkomende activiteiten bij natuurkunde. In elk leerboek staan daarvoor opdrachten.

Bijvoorbeeld *

Van een racefiets is bij verschillende snelheden de luchtweerstand F_l gemeten

v(km/h)	F_l (N)
0	0
10	0,1
20	0,6
30	1,3
40	2,2
50	3,5
60	5,0

- Opricht: a. Teken (F_l, v)-grafiek
 b. Toon aan dat bij benadering geldt:
 $F_l = k \cdot v^2$ (k een constante)

Wil men een dergelijke opdracht met potlood en papier uitvoeren, dan moet de leerling een standaard oplossings-schema volgen voor het tekenen van de grafiek. Het aantonen van de bewering kost veel herhaald rekenwerk en een nette uitwerking is sterk afhankelijk van de zelfdiscipline van de leerling. Potlood en papier helpen hem nauwelijks daarbij.

De computer kan hier behulpzaam zijn met zowel het tekenen als het rekenwerk. Omdat de computer veel van het tijdrovende werk overneemt van de leerling, ontstaat er tijd en ruimte om de bewering op verschillende manieren te onderzoeken. Tussen leerling en computer ontstaat een interactie doordat de computer steeds resultaten levert op het handelen van de leerling. De leerling beoordeelt zelf of zijn handelingen wel het juiste effect sorteren. De leerling stuurt het programma en beoordeelt zijn eigen handelen.

Bijvoorbeeld: gebruik Rekenvel, stel aantal metingen in en voer de kolommen (grootheden en getallen).

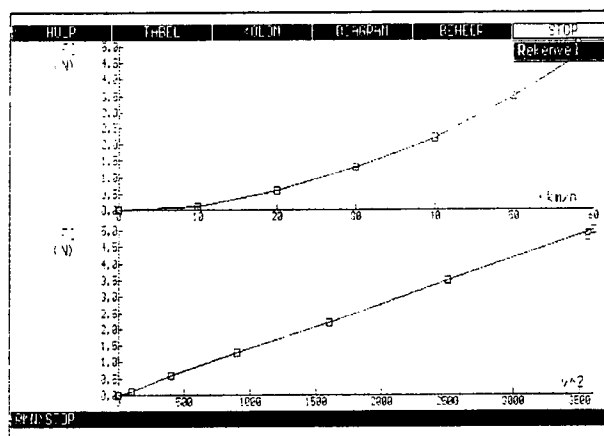
- Een leerling kan een kolom maken met F_l/v^2
- Een leerling kan een kolom met v^2 aanmaken en deze vergelijken met de F_l kolom en vervolgens de grafieken van de gemeten waarde vergelijken met de berekende.
- Een leerling kan de grafiek van F_l en v^2 maken en uit de helling k aflezen

Mogelijke uitwerkingen in het programma REKENVEL van IP-COACH

Tabelweergave (spreadsheet)

index	v	F_l	F_l/v^2	v^2
1	0	0,0	0,0000	0,0000
2	10	0,1	0,0010	100
3	20	0,6	0,0015	400
4	30	1,3	0,0014	900
5	40	2,2	0,0014	1600
6	50	3,5	0,0014	2500
7	60	5,0	0,0014	3600

Grafiek-weergave



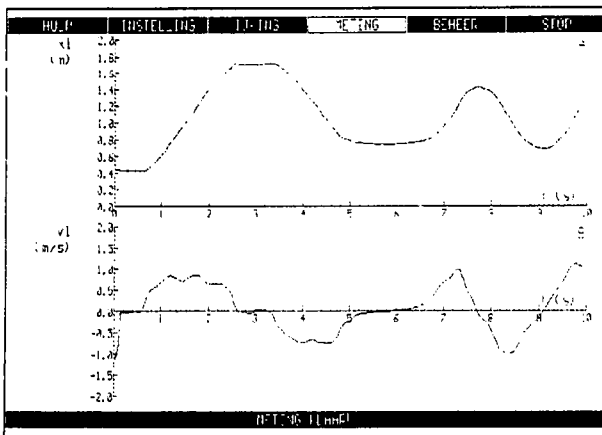
* voorbeeld ontleend aan SCOOP

2. De proef van TINKER

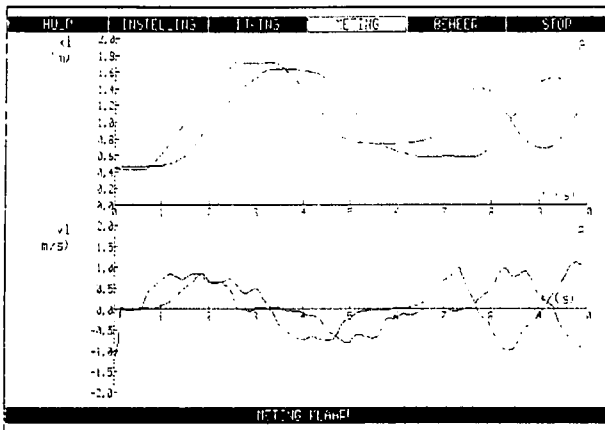
Leerlingen plaats-tijd en snelheid-tijd grafieken laten ervaren kan heel goed met de Plaatsbepalingssensor en het programma KINEGRAAF. De ideeën voor een dergelijke vrije manier van experimenteren met bewegingen werd voor het eerst gelanceerd door Bob Tinker. Hij ontwikkelde uit de afstandbepaler van een Polaroidcamera een "motionsensor" en liet leerlingen hiermee experimenteren. Hij introduceerde de navolgende proef: De computer genereert in een v-t-diagram een grafiek. Leerlingen moeten door op het scherm te kijken "de grafiek lopen voor de sensor".

Tinker onderkende de directe feedback die uitgaat van een meting die direct wordt weergegeven op het beeldscherm. De leerling kan onmiddellijk zijn snelheid aanpassen en voelt zo hoe de grafiek ontstaat. Uit onderzoek van Brasell (1986) bleek dat highschool-leerlingen met deze werkwijze al binnen één lesuur aanzienlijke vorderingen in het begrijpen en interpreteren van x-t en v-t diagrammen maakten. Brasell constateerde ook dat als de grafiek niet direct werd getoond (pas na 20 seconde) of als de experimenten met potlood en papier werden uitgevoerd er nauwelijks sprake was van vorderingen door leerlingen in dit tijdsbestek.

x-t en v-t grafiek gemeten met USA



x-t en v-t grafiek: proberen een gelopen beweging na te doen

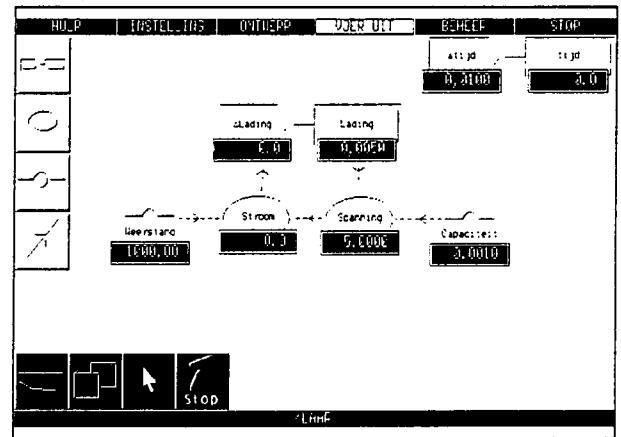


3. Leren modelleren

Fysische modellen zijn thans onderdeel van het natuurkundeprogramma op het vwo. De pakketten Grafische Modelomgeving en Modelomgeving binnen IP-Coach zijn speciaal ontwikkeld om modelleren aan te leren via actief en praktisch bezig zijn. Het vergelijken van modelresultaten en metingen van proeven komt daarbij regelmatig aan de orde.

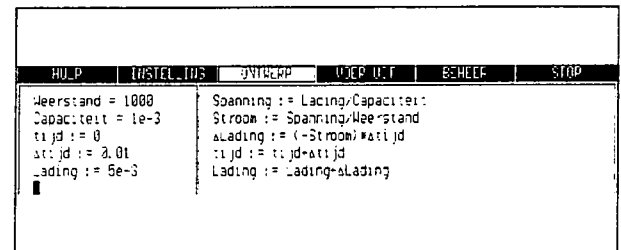
Ontladen van een condensator.

Structuur in Grafische Modelomgeving



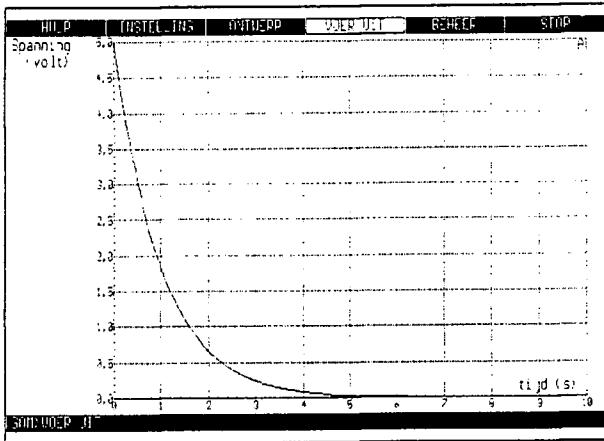
Model van het ontladen van een condensator.

De tekstregels zijn te gebruiken in Modelomgeving.



- R.F. Tinker & R.K. Thornton, *Constructing Student knowledge in science*. New Directions in Educational Technology, 1989
- H.M. Brasell, *Effectiveness of the microcomputer-based laboratory in learning distance and velocity graphs*. University of Florida, dissertation 1986.
- Cor de Beurs, Cees Mulder, Frits Jansens, *Fysische Informatica in het gewijzigde examenprogramma vwo natuurkunde*. NVOX september 1994.

Resultaat van een modelberekening



4. Meten met interactieve video

Door gebruik te maken van videobeelden is het mogelijk te meten aan realistische situaties. Daardoor kan er gemeten worden bijvoorbeeld aan proeven die in de klas niet uitgevoerd kunnen worden omdat ze te snel gaan (het slaan van een honkbal) of te moeilijke metingen (een startende raket, beweging van elementaire deeltjes) ofwel gevaarlijke proeven (botsingen, fietsproeven).

Werd oorspronkelijk de meting gedaan door een sheet op het scherm te plakken en met de pen de beweging aan te geven nu kan met de moderne technologie de videoscene gekoppeld worden aan de computer en in Coach verwerkt worden. Zo kan gemeten worden aan beelden van videobeeldplaten, video's maar ook al aan beelden van CD-Rom of ook aan eigen opnames, die met een video-camera gemaakt zijn.

Uit onderzoek blijkt dat het werken met realistische beelden veel motiverender is dan wij als leraren veronderstelden. Leerlingen blijken visueel zeer bedreven te zijn en veel steun bij de begripvorming te ondervinden van de grafische beelden.

Van belang is dat de open leeromgeving ook hier aanwezig is. De leerling neemt zelf allerlei beslissingen (nul-punt, assen, ijking, welke meting en hoeveel meetpunten). Was de technologie tot voor kort erg duur, binnenkort kan het binnen het schoolbudget aangeschaft worden.

Als voorbeeld nemen we hier een bekende meting van een meisje op een trampoline.

In eerste instantie lijkt de meting een beetje verwrongen sinus-functie te geven. (fig 1)

Maar als de meting verwerkt wordt blijkt uit het snelheidsdiagram de gecombineerde harmonische- en valbeweging (fig 2).

Nog duidelijker is dit te zien aan het versnellingsdiagram (fig 3).

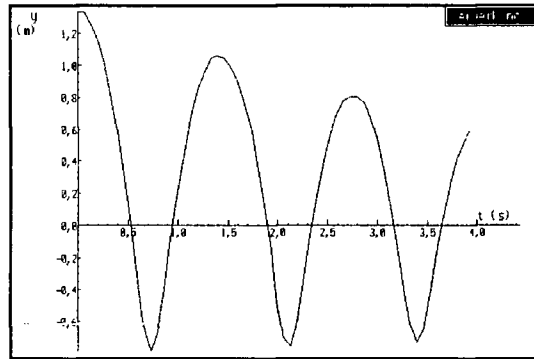


Fig.1: Sprong op een trampoline

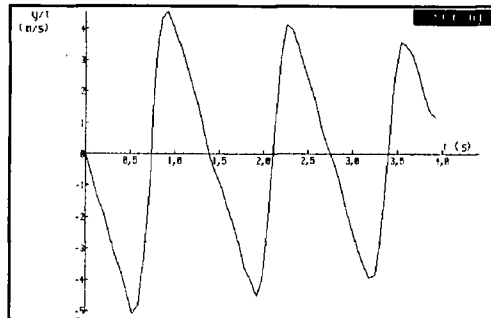


Fig.2: Snelheid van een sprong op een trampoline

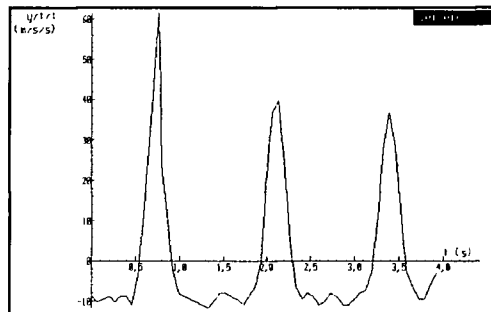


Fig.3: Versnelling van een sprong op een trampoline

Realistische natuurkunde betekent ook dat er geen gladde metingen zijn en de leerling de resultaten zal moeten interpreteren. "Wat is de betekenis van de afwijkingen?"; "Welke punten moet ik extra meten of overmeten?"; "Welke condities zijn bij het meten van belang?". Allerlei vragen die veel begrip vragen maar ook begrip genereren!

5. SLO-lijn

In het schooljaar 1993/1994 hebben enkele scholen binnen het kader van het NIMON-project (SLO) gezamenlijk gewerkt aan hun onderzoekopdracht. Communicatie tussen leerlingen en experts was mogelijk via de SLO-lijn. SLO-lijn is een bulletin board van de SLO. Men kan er berichten en bestanden heen zenden en ervan af halen. Het bulletin board heeft een indeling naar allerlei toepas-

singsgebieden. Onder toepassingsgebied vakken is het gebied 7. *Algemene natuurwetenschappen* te vinden. In dit gebied staan voor natuurkunde interessante berichten en bestanden.

Wil men het bulletin board in de klas gebruiken dan is het niet nodig om een rechtstreekse telefoonverbinding met de SLO-lijn te hebben. Geschikter is de daadwerkelijke uitwisseling tussen de SLO-lijn en het eigen modem te laten plaatsvinden buiten de lessen en het liefst op een voor leerlingen niet toegankelijke plek. Voor het werken in de klas is dus geen modem en telefoonlijn nodig.

Omgaan met bestanden.

Alle bestanden van de SLO-lijn staan beschreven in een file genaamd Allfile.lst. Deze file kan men downloaden en op een floppy of netwerk zetten. Vervolgens kan deze file met een tekstverwerker bekeken worden. Vindt men iets aardig om te bezitten, noteer dan de naam van de file. Heeft men weer verbinding met de SLO-lijn dan kan men deze file ervan afhalen.

Omgaan met berichten.

Voor communicatie tussen scholen, leraren en leerlingen leent zich het berichten gedeelte van de SLO-lijn. Natuurlijk kan men on-line berichten lezen en schrijven, maar dit vereist in de klas een telefoonverbinding en is bovendien duur. De SLO-lijn ondersteunt een off-line-lees en schrijfprogramma, BlueWave genaamd.

Dit programma haalt uw gewenste berichten van de SLO-lijn en zet ze op een disk van uw computer. Deze disk kan in de klas dienst doen als de post. Men leest de post en beantwoordt deze. De antwoorden worden op disk gezet. Na de les maakt u weer contact met de SLO-lijn en verzendt de met Bluewave gebundelde post van uw klas. Tevens haalt u nieuwe post op. Dit gaat allemaal heel vlot, zodat men slechts enkele minuten beslag legt op de telefoonlijn.

SLO-lijn 053-341634 (parity N, databits 8, stopbits 1, baudrate tot 19.600)

Behalve de SLO-lijn zijn er meer bulletin board: CHEMNET- een bulletin board/netwerk voor scheikunde-docenten

BBSCOOP- een bulletin board voor leraren die werken met *Scoop*

02271-1525 (parity N, databits 8, stopbits 1, baudrate 14400)

6. IP-COACH junior voor de basisvorming

In de basisvorming is onderzoekend leren een belangrijke didactische werkvorm. IP-Coach biedt vele faciliteiten voor onderzoekjes en practica. Voor jongere leerlingen vinden veel docenten dat IP-Coach eenvoudiger en visueel aantrekkelijker moet zijn. In samenwerking met PRINT-VO wordt nu gewerkt aan een nieuwe IP-Coach versie speciaal voor de basisvorming: *IP-Coach Junior*. IP-

Coach Junior zal, in tegenstelling tot de huidige Coach-versie, gebruik maken van *Windows*. Dit biedt ruimte voor nieuwe mogelijkheden, zoals het afspelen van films of animaties en het laten zien van foto's of tekeningen op het scherm. Het programma is nog in een ontwikkelstadium.

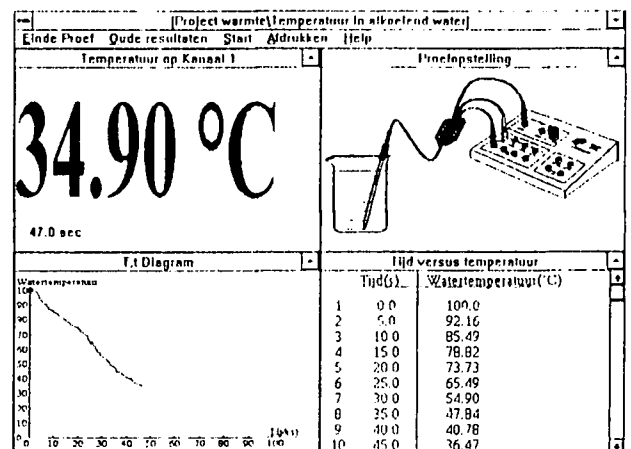
IP-Coach junior bestaat uit twee delen: IP-Coach **Demometer** en IP-Coach **ProjectMaker**. De beide delen zullen geheel muisgestuurd zijn, waardoor het gebruik eenvoudig is.

IPCoach junior: Demometer

Demometer is de leeromgeving voor de leerling. In Demometer kunnen leerlingen projecten uitvoeren, bestaande uit een verzameling proeven en een eigen lab. Demometer in Coach junior lijkt qua schermopbouw enigszins op de 'oude' Demometer in IP-Coach 4. Het scherm is standaard verdeeld in vier kwadranten. In tegenstelling tot de oude Demometer kan elk van de vier kwadranten een aparte functie krijgen. Zo kan in het ene kwadrant een meetwaarde groot in beeld komen, terwijl in een ander kwadrant een plaatje, animatie, diagram, tabel, meebewegende meter of uitleg-tekst verschijnt. De leerling kan in Demometer zelf kiezen wat in een bepaald kwadrant wordt weergegeven. De docent stelt vooraf de keuzemogelijkheden in (zie 'Projectmaker').

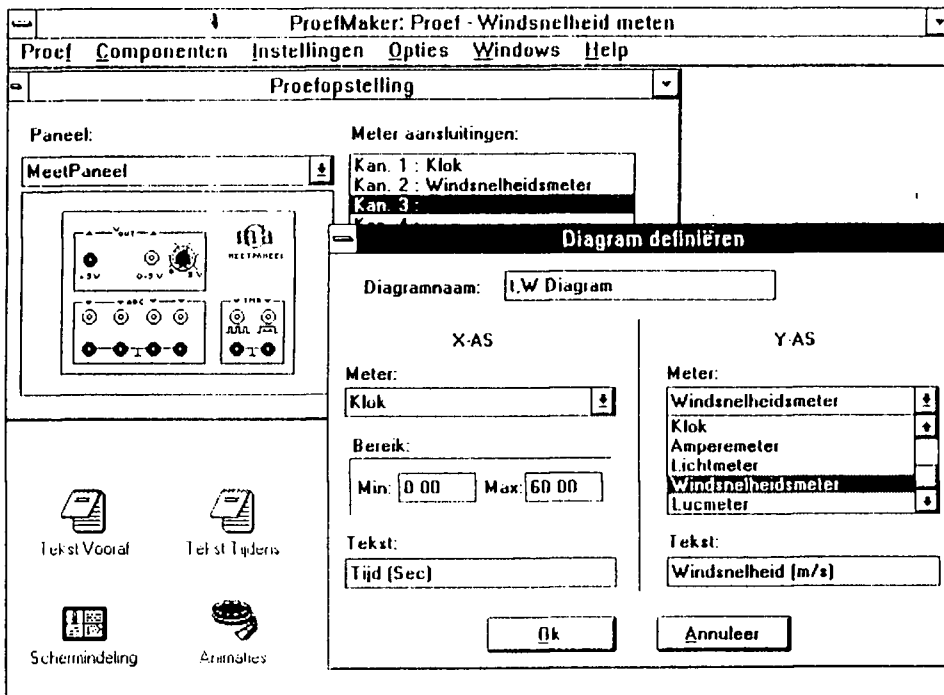
Door gevorderde leerlingen kan gewerkt worden met het Eigen Lab. Dit is een toepassing waarin de vrijheid nageoeg onbegrensd is: de leerling wordt een verzameling meters, plaatjes, animaties etc. geboden voor het bedenken en uitvoeren van eigen proeven.

Ook toepassingen als het vooraf tekenen van een voorstelling in een diagram en het afdrucken van de gegevens in een kant-en-klaar rapport zullen tot de mogelijkheden behoren.



IP-Coach junior: ProjectMaker

Projectmaker is het ontwerpprogramma voor de docent. Demometer in IP-Coach Junior is gelijktijdig een gestructureerd programma met voorgeschreven proeven als een open leeromgeving. Dit houdt in dat leerlingen allerlei leerwegen aangeboden kan worden. Er is veel keuzevrijheid voor de leerling mogelijk, maar de docent stuurt deze vrijheid. Practica en onderzoekjes, die de leerling in Demometer uitvoert, worden door de docent gedefinieerd met het deelprogramma ProjectMaker. Dit houdt in dat de docent uitmaakt uit welke figuren, meters, animaties, teksten, etc. de leerling kan kiezen (en welke niet). Behalve een tekening of foto van de experiment-opstelling en een verzameling meters kan de docent ook diagrammen en tabellen instellen. Daarnaast kunnen er teksten geschreven worden die de leerling (bijvoorbeeld als inleiding op een experiment) op het scherm krijgt. Per smal of breed toepassingsgebied kan de docent een "Eigen lab" voor leerlingen vastleggen. Binnen de PRINT-VO PIT-projecten worden nu voorbeeldprojecten gemaakt.



ProjectMaker tijdens een diagram-definitie. Op de achtergrond is de proefopstelling zichtbaar, onderin de overige componenten van de proef waartoe het diagram behoort.

Freihandversuche Probleme und Möglichkei- ten experimenteller Minimalversuche

H.J. Schlichting

Versuche - frei aus der Hand

Die Verwendung des Begriffs 'Freihandversuch' ist nicht eindeutig. In einer sehr globalen Bedeutung werden darunter Versuche verstanden, die entweder ausschliesslich mit Alltagsgegenständen durchgeführt werden oder solche, die nur zu qualitativen Ergebnissen führen. Im letzteren Fall können die Versuche entgegen der in dem Wort

"Freihand" enthaltenen Bedeutung teilweise aufwendige und anspruchsvolle Bastel- und Konstruktionsarbeiten erforderlich machen.

Für uns steht im folgenden im Vordergrund, dass die Freihandversuche ohne grösseren experimentellen und organisatorischen Aufwand und mit leicht zugänglichen Materialien, also gewissermassen 'frei aus der Hand' durchgeführt werden können.

Die Einschätzung der Bedeutung von Freihandversuchen ist ebenfalls nicht einhellig. Häufig werden Freihandversuche als Notbehelf, Lückenbüsser oder Spielerei im negativen Verständnis angesehen. Dementsprechend ist ihre Akzeptanz meiner Beobachtung nach nicht besonders ausgeprägt und ihre Verbreitung erstaunlich gering. Dies gilt insbesondere für den Physikunterricht an Gymnasien. Andererseits erfahre ich bei der Demonstration von Freihandversuchen insbesondere im Rahmen von Lehrerfortbildungsveranstaltungen meist eine erstaunlich grosse Aufgeschlossenheit und ein reges Interesse an praktischen Hinweisen zur Durchführung der Versuche.

Vor diesem Hintergrund möchte ich versuchen, einige Anmerkungen zu den Möglichkeiten aber auch Grenzen von Freihandversuchen zu machen. Dabei beginne ich mit einer historischen Skizze, die erkennen lässt, dass die Einschätzung von Freiheitsversuchen stets ambivalent war.



*Du bringst mir nichts bei,
wenn du mir nicht etwas
zu tun beibringst.*

Paul Valéry

Von Aristoteles bis Bernhard Schwalbe

Der Begriff *Freihandversuch* stammt von Bernhard Schwalbe, einem Berliner Gymnasialprofessor, der sich eine grössere Sammlung von Versuchen zusammengestellt und im Unterricht erprobt hatte. Neben eigenen Experimenten griff er vor allem auf Bücher über einfach durchzuführende Versuche zurück, die gegen Ende des letzten Jahrhunderts sehr stark verbreitet waren [1-7]. Die Schwalbeschen Versuche wurden nach dessen Tod von Hermann Hahn gesichtet, systematisch geordnet und in drei Bänden publiziert (Bild 1) [8].

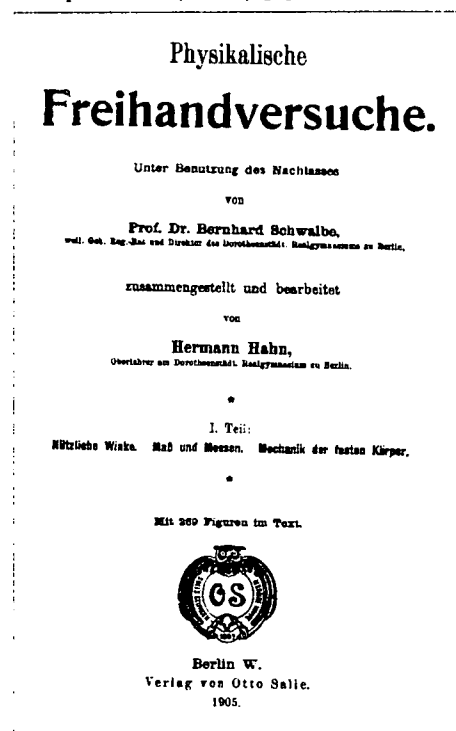


Bild 1: Titelblatt des 1. Bandes der Freihandversuche von Hahn

Trotz ihrer Blütezeit um die Jahrhundertwende sind Freihandversuche keine Erfindung dieser Zeit. Es gab sie schon viel früher. Der Herausgeber der ältesten deutschen Sammlung von Freihandversuchen Daniel Schwenter weist bereits im Jahre 1636 darauf hin, dass *"Aristoteles, der scharfsinnige und weise mann, ... in seinen schriftten viel kindisches dings der demonstration halben (setzet), und dadurch zu höheren sachen verstand zu gelangen"* [9]. Ihrer Möglichkeit entsprechend, durch einfache Handlungen Zuschauer beeindrucken zu können, haben Freihandversuche stets auch das Repertoire der Zauberkünstler und Gaukler bereichert, die vor allem im Mittelalter von einer Stadt zur anderen zogen, um die Menschen zu unterhalten. Wenn man alte Veröffentlichungen solcher "Zauberkunststücke" mit physikalischem Blick liest, kann man auch heute noch aus einem Wust merkwürdig erscheinender Beschreibungen interessante Versuche hervorholen (Bild 2). Als Beispiel sei hier das *"Natürliche(s) Zaubere= Buch Oder: Neu= eröffneter Spiel= Platz rarer Künste aus dem Jahre 1745 genannt"* [10].

Natürliches Zauber-Buch

Oder:

Neu-eröffneter

Spiel = Platz rarer Künste/

in welchem nicht allein

alle Sachen: Spieler,
und andere curiose

Mathematische und Physicische Künste

haben

auch die gebrauchlichen
Karten: Würffel Billard und andere Spiels,
auf genaue beschreibung,
und mit vielen Figuren erklüret werden.

Mit Königl. Pohlnisch und Churf. Sächs. Privilegio.

Nürnberg,

bey Joh. Adam Stein und Gabriel Nicolaus Kasper.

1745.

21. Ein gemeines Teindt-Glas pfeiffend und rauschend zu machen.

Wann man ein gemeines Wein-Glas mit reinem und hellem Wasser anfüllet, den Zeiger-Finger damit benetzet, und also nah auf den Rand des Glases herum fähret, wie aus beygebender Figur zu ersehen:



So wird man bald einen hellen Ton hören, gleich einem klingenden Metall, wann das Wasser im Glas herum bewegt, daß es vor Fuß zu tanzen und springen scheint.

Dieses ist ein sehr gemeines Experiment, und wird hie und wieder von denen Gassen auf Hochzeiten und Gastereien exerciret, welches auch um so viel lustiger fällt, als viele zuweilen mit mehrere Gläsern solches officie zu probiren pflegen.

Bild 2: Ein beliebter und bekannter Freihandversuch aus dem Zauberbuch des Jahres 1745.

Die Nachbarschaft zu unseriösen Zaubereien und ihre scheinbare Primitivität haben den Freihandversuchen von jeher Kritik eingebracht. Bereits Galileo Galilei, der dafür plädiert *"die wahren Rätsel der Natur ...mit Überlegungen, Beobachtungen und Versuchen (zu lösen), die Jedermann zugänglich sind"*, musste sich dagegen wehren, dass *"seine Neuerungen gelegentlich gering geachtet (würden), weil sie gemeinplätzig und auf gar zu niedrigen und populären Grundsätzen erbaut seien."*

Demgegenüber lässt er seinen Salviati die Meinung vertreten, dass *"die bewunderungswürdigste und schätzbarste Eigenschaft der demonstrativen Wissenschaften das Hervorquellen und Hervorkeimen aus ganz bekannten gemeinverständlichen und unbestrittenen Prinzipien sei"* [11].

Auch Daniel Schwenter wehrt sich in der Vorrede zu seinen Mathematischen und philosophischen Erquickstunden gegen *"Klüglinge und Lächerer", die "wie grobe Schwein darinnen wühl"*.

Er fügt hinzu: *"Letzlich wird es auch an diesem urtheil nit mangeln, dass nemlich viel schlechtes, bekantes und kindisches dings in diesem tractat, neme auch die leut nit wenig wunder, dass ich mit dergleichen kinderwerck umbgegangen."*

Waar ist's, es seynd viel saalbader und kindische spiel in diesem werck, welch einig und allein wegen ihrer artlichen demonstration gesetzt. Viel dings practicirn die kinder und gemeine leut, derer demonstration so subtil und künstlich, dass auch die gelehrtestes philosophi selbige zu finden sich auff's eusserste bemühen müssen. Nihil parvum nihil contemnendum. Es sey ein ding dem ansehen nach so gering als es immer wölle, soll man's doch nicht verachten, wie uns die alten weisen gelehret. Zum exempel, einen knaben ist nicht schwer, kugelrunde wasserbulen mit einem strohalm auP saiffenwasser aufzublasen, allein die ursach, warumb sie rund und nit einer andern figur, auch was solche eine geraume zeit erhalte und widerumb zerbreche, kan kein gemeiner mann anzeigen. Ein physicus oder naturkündiger wird dazu erfordert. (...) So wird nun der günstige und aufrichtige leser mich nit schelten noch verdencken, dass ich bissweilen kinderposen hierinnen einig und allein der ergötzlichkeit und demonstration oder beweiss halben vorgebracht..." [9, S. 5].

Später wandte sich Hermann Hahn gegen den *"spiessbürgerlichen Mittelschlag der Lehrer und Gelehrten"*, die den Freihandversuchen von jeher voller Bedenken und mit einer gewissen Abneigung gegenüberstanden. Er beruft sich demgegenüber auf die Autorität von *"Pädagogen und Physikern ersten Ranges, (die) stets deren Bedeutung erkannten und sie durch Beiträge förderten, wie z.B. Aristoteles, Galilei, Helmholtz, Lord Kelvin, Maxwell, Rousseau und vor allen Faraday, der mehrfach bezeugt, welchen Einfluss solche Versuche in seiner Jugend auf ihn ausgeübt haben"* [8, S. XI].

Merkwürdigerweise scheint aber auch Hahn trotz seines Engagements für die Freihandversuche in ihnen nur einen *"Ersatz (und) vorläufigen Notbehelf für die üblichen physikalischen Schulversuche"* zu sehen: *"Jeder Lehrer*

muss daher bestrebt sein, sobald sein Können oder die ihm zur Verfügung stehenden Mittel es gestatten, zur Herstellung oder zum Ankauf von Dauerapparaten fortzuschreiten" [8, S. IX].

Diese Aussage scheint die Vorteile der Freihandversuche auf ihren pekuniären Aspekt zu beschränken. Zwar mögen um die Jahrhundertwende finanzielle Erwägungen bei der experimentellen Ausstattung von Physiksammlungen eine grössere Bedeutung gehabt haben als heute. Sie sind aber als alleinige Rechtfertigung der Freihandversuche nicht ausreichend. Stellt man den Aufwand Hahns bei der Zusammenstellung der Freihandversuche in Rechnung, so ist nur schwer einzusehen, dass diese Einschränkung von ihm ernst gemeint sein kann.

Freihandversuche sind einfach

Einfach? Eindeutig und vollständig wahrnehmbar, vorstellbar.
Paul Valéry

Beginnt man mit dem für Freihandversuche in unserem Verständnis wesentlichen Aspekt der Einfachheit und damit der schnellen Verfügbarkeit, so zeigt sich hierin eine Überlegenheit gegenüber herkömmlichen physikalischen Experimenten. Während letztere im voraus geplant, unter mehr oder weniger grossem Aufwand vorbereitet und getestet werden müssen, können Freihandversuche praktisch aus dem Stegreif zu jeder Zeit an jedem Ort (z.B. Klassenzimmer statt Physikraum) eingesetzt werden und daher auch in nicht geplanten Situationen zum Einsatz gebracht werden. Sie bieten damit die Möglichkeit, einen physikalischen Zusammenhang zu illustrieren und eine im Unterricht erarbeitete Idee experimentell zu untermauern, bevor die Motivation verpufft und der Anlass des Experiments verblasst ist.

Dazu ein Beispiel: In vielen physikalischen Argumentationen werden Flüssigkeiten und Gase als Fluide zusammengefasst. So wird etwa die Lufthülle unserer Erde mit einer 10 m hohen Wasserschicht verglichen, um die Verletzbarkeit der Atmosphäre im Vergleich zum i.a. sehr viel tieferen Meer zu illustrieren. Es wird dabei häufig übersehen, dass diese aus rein physikalischen Erwägungen gerechtfertigte Identifizierung von den lebensweltlich denkenden Schülerinnen und Schülern nicht als besonders naheliegend und überzeugend empfunden wird. Denn, so pflegen Schülerinnen und Schüler zu argumentieren

- Luft kann man atmen, von Luft lebt man; wenn man Wasser einatmet, stirbt man;
- in Wasser kann man schwimmen, in Luft nicht;
- Luft ist trocken und leicht, Wasser schwer und nass;
- Wasser kann man giessen und umfüllen, Luft... auch!

Hier ist der Ansatzpunkt, die physikalische Sehweise mit Hilfe eines Freihandversuches zu motivieren. Die "Symmetrie" zwischen den Fluiden konsequent ausnutzend, gelingt es, genauso wie man Wasser in einer Luftumgebung umfüllen kann, Luft in einer Wasserumgebung umzufüllen (Bild 3), wenn man die Umkehrung der Schwerkrachtsrichtung berücksichtigt [12].

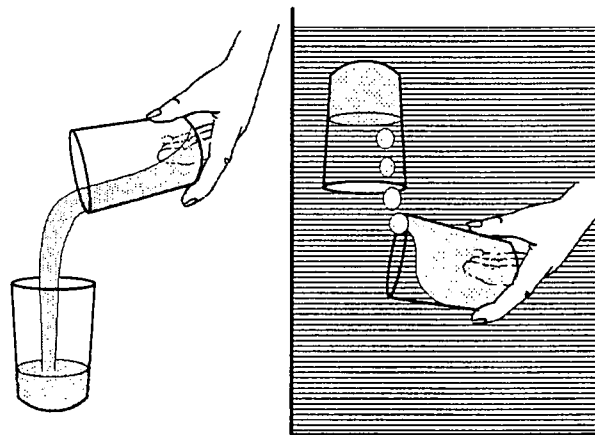


Bild 3: Die Luft verdrängt das Wasser ebenso aus dem Glas wie das Wasser die Luft.

Eine Diskussion des Unterschieds zwischen Common Sense und physikalischer Sehweise liegt im Zusammenhang mit dem verblüffenden Ergebnis dieses Versuches geradezu auf der Hand: Luft wird hier als *etwas* erfahren. Diese Einsicht führt zu weiteren Fragen: Warum steigt Luft auf, wenn sie doch schwer ist? Sie tut es nur in einer dichteren Umgebung, z.B. in Wasser oder in kalter Luft. Hier ist die physikalische Sehweise zu entwickeln, dass leichtere Luft von schwereren Fluiden verdrängt und infolgedessen "hochgedrückt" wird. Um dieses Ergebnis zu untermauern, bieten sich abermals einfach durchzuführende Freihandversuche an [13].

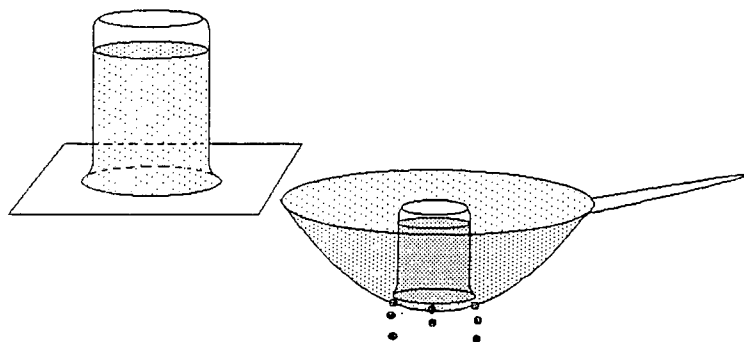


Bild 4: Man kann Wasser zum "Schweben bringen, wenn man ein mit Wasser gefülltes Glas zuvor mit einer Postkarte abdeckt und umdreht (links). Selbst ein normales Haushaltssieb wird "wasserdicht", wenn man es über ein gefülltes Wasserglas stülpt und umdreht.

Zum Beispiel: Man deckelt ein wassergefülltes Glas mit einer Postkarte ab und dreht es um. Das verblüffende Ergebnis: Das Wasser schwebt (Bild 4). Nein, das können Schülerinnen und Schüler jetzt erkennen, es wird von der darüber lagernden schwereren Luftschicht hochgedrückt. Die Postkarte sorgt lediglich dafür, dass die instabile Grenzschicht zwischen Wasser und Luft nicht zu lokalen Austauschvorgängen zwischen beiden Fluiden führt. Auch diese Einsicht lässt sich mit Hilfe von Freihandver-

suchen motivieren und demonstrieren. Zunächst wird die Postkarte durch ein Haushaltssieb ersetzt. Jetzt sorgt die Oberflächenspannung der relativ kleinen Wasseroberflächen zwischen den Maschen des Siebes für eine entsprechende Stabilisierung. In einem weiteren Schritt nimmt man ein Gefäß mit einem Öffnungsquerschnitt von der Größe dieser Maschen, etwa ein Medizinfläschchen. Das Wasser bleibt nunmehr ohne Hilfsmittel "in der Schwebe".

Nach Bedarf lassen sich weitere Konsequenzen der physikalischen Sehweise mit Hilfe von Freihandversuchen illustrieren, beispielsweise mit Hilfe des Luftdrucks Wasser und andere schwere Gegenstände in Bewegung zu setzen bzw. "arbeiten" zu lassen [14, 15].

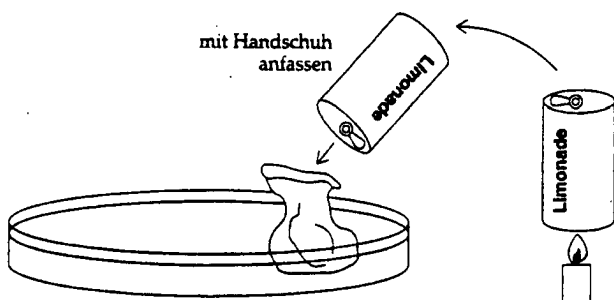


Bild 5: Die dampfgefüllte Getränkedose implodiert, sobald sie mit Wasser in Berührung kommt.

Dabei möchte ich einen Versuch hervorheben (Bild 5), bei dem eine (durch Verdampfen einer geringen Wassermenge) mit Wasserdampf gefüllte Getränkedose durch schnelles Umstülpen mit der Öffnung in Wasser zur lautstarken Implosion gebracht wird [16].

Georg Christoph Lichtenberg hätte sein Vergnügen daran gehabt: *"...in Collegiis über die Experimental-Physik muss man etwas spielen: der Schläfrige wird dadurch erweckt, und der wachende Vernünftige sieht Spielereien als Gelegenheiten an, die Sache unter einem neuen Gesichtspunkt zu betrachten. Ew. Wohlgeboren schöner und lehrreicher Versuch wird den Burschen gewiss besser gefallen, wenn ein paar Fensterscheiben dabei zu Grunde gehen [17].*

Hinzu kommt die lerntheoretisch bedeutsame Erkenntnis, dass in einer aufregenden und gefühlsbetonten Situation Erfahrenes besser gelernt und behalten wird als in einer trockenen, sachlichen oder gar langweiligen Atmosphäre. (Dieser von Lehrenden i.a. viel zu wenig beachtete Befund ist kürzlich durch neurochemische Untersuchungen untermauert worden [18].

Da Freihandversuche in der Regel so weit wie möglich von technischen Raffinessen befreit sind, erweisen sie sich als besonders geeignet, die Besonderheiten der physikalischen Sehweise erfahrbar zu machen. Uns war in mehreren Fällen aufgefallen, dass Schülerinnen und Schüler Versuche, die die Lehrenden für besonders eindrucksvoll und überzeugend hielten, oft dann relativ gleichgültig zur Kenntnis nahmen, wenn der technische Aufwand auffallend im Vordergrund stand.

Dazu ein Beispiel: Bei der Erarbeitung des freien Falls wurde der Einfluss der Luft auf das Bewegungsverhalten vor allem von "leichten" Gegenständen mit Hilfe des bekannten Versuchs demonstriert, in dem in einer mit Hilfe einer Vakuumpumpe evakuierten Röhre ein Papierschnipsel und eine Flaumfeder genauso schnell fallen wie ein Stück Blei oder Eisen. Die Schülerinnen und Schüler sahen darin ein Werk der Technik, mit der man bekanntlich alles möglich machen könne. Demgegenüber zeigten sie bei einem vergleichsweise wesentlich undeutlicher ausfallenden, aber mit der Hand durchgeführten Versuch reges Interesse und Erstaunen: Eine Milchflasche wurde dadurch evakuiert, dass man sie im Backofen erwärmte, luftdicht verschloss und wieder auf Umgebungstemperatur abkühlen liess. Vorher eingebrachte Löwenzahnsamen fielen beim Umdrehen der Flasche etwas langsamer als in einer unter normalem Luftdruck stehenden Vergleichsflasche, die gleichzeitig umgedreht wurde.

Probleme der Einfachheit

Der beste Beweis für Geist und Wissen ist Klarheit
Petrarca

Die das wissenschaftliche Experimentieren geradezu karrierende Einfachheit der Freihandversuche ist einer der immer wieder hervorgebrachten Einwände. Der Einwand lässt sich m.E. nicht so leicht und vor allem nicht mit Argumenten von der Hand weisen, wie sie Galilei vorgebracht hat (siehe oben).

In der Unterstellung Freihandversuche erlaubten es, die Physik unmittelbar aus der Lebenswelt hervorgehen zu lassen, ist ein auch heute noch weit verbreitetes Missverständnis enthalten. Denn es wird auf diese Weise suggeriert, die physikalische Sehweise sei gewissermassen nur eine elaborierte Form des Common Sense, zu der man durch genaues Beobachten seiner Umwelt zwangsläufig gelangen müsse. Die Einsicht in die Diskrepanz zwischen beiden Sehweisen kann aber gerade konstitutiv für ein tieferes Verständnis des physikalischen Vorgehens sein [19].

Es gehört zum Kennzeichen der Freihandversuche, klar und deutlich in dem Sinne zu sein, dass sie wohl nicht einfacher konzipiert und durchgeführt werden können. Hinzu kommt, dass die Versuche mit bekannten und deshalb die Aufmerksamkeit nicht weiter bindenden Alltagsgegenständen durchgeführt werden. Damit ist aber nicht gesagt, dass alles Klare und Deutliche auch leicht verständlich im Sinne eines physikalischen Zugangs ist. Ein besonderer Reiz der Freihandversuche besteht gerade darin, die Schülerinnen und Schüler mit einem die Erwartung widersprechenden Ausgang zu überraschen und die lebensweltliche Intuition auf die Probe zu stellen. Demgegenüber hält sich die Überraschung bei komplizierten und technisch aufwendigeren Experimenten schon deshalb in Grenzen, weil hier die Experimentalsituation in der Regel

nicht unmittelbar durchschaut und eine indifferente Erwartungshaltung eingenommen wird.

Hinzu kommt, dass man der Technik in diffuser Weise (fast) alles zutraut.



Bild 6: Mit der einen Hand hält man den Stab, mit der anderen das Ende des Fadens.

Als typisches Beispiel sei der in Bild 6 dargestellte Versuch genannt. Die Schülerinnen und Schüler sollen die in ihrer vermeintlichen Selbstverständlichkeit fast lächerlich erscheinende Vorhersage machen, was passiert, wenn man das (leichte) Streichholzheft loslässt, an das das Schlüsselbund angebunden ist. Der Versuchsausgang [20] ist insofern doppelt überraschend, als er erstens die Erwartung enttäuscht, nach der das verhältnismässig schwere Schlüsselbund das Streichholzheft mit sich zu Boden zieht, dies aber zweitens auf unerwartete Weise zu Wege bringt. Man hatte einen Entweder - Oder- Versuchsausgang vorausgesetzt und sieht sich jetzt gewissermassen mit dem *tertium- datur* einer völlig neuen Situation konfrontiert. Trotz der simplen Situation kommen physikalische Vorgänge ins Spiel, an die man überhaupt nicht gedacht hatte: Trägheit, Drehung und Reibung. Indem man mit Hilfe vertrauter Alltagsgegenstände überraschende und unerwartete Phänomene hervorbringt, werden die ursprüngliche Selbstverständlichkeit der lebensweltlichen Situation aufgebrochen und Fragen aufgeworfen, die eine physikalische Perspektive eröffnen. Das macht intensive Unterrichtsgespräche erforderlich, in deren Verlauf vor allem die Besonderheiten der physikalischen Sehweise zum Ausdruck kommen müssen. Das kann im einzelnen sehr aufwendig und anspruchsvoll sein.

Hinzu kommt ein weiteres Problem. Da in den Freihandversuchen in der Regel Alltagsgegenstände benutzt werden und keine künstlichen auf den in Frage stehenden physikalischen Zusammenhang hin präparierten und idealisierten Objekte, müssen häufig andere, für das Verständnis des demonstrierten Phänomens nicht auszuklammernde physikalische Sachverhalte diskutiert werden, die den Rahmen des jeweiligen Unterrichtsthemas überschreiten können. Bei der Erklärung der implodierenden Getränkedose kommt man beispielsweise um eine Diskussion der Rolle der Trägheit nicht umhin; beim gebremsten Fall wird man sich ausserdem mit Problemen der Kreisbewegung und der Reibung befassen müssen. Dies muss jedoch nicht als Nachteil gesehen werden.

Hier zeigt sich in einem einfach zu durchschauenden Kontext, dass die Realität i.a. nicht nach physikalischen Aspekten geordnet angetroffen wird.

Freihandversuche als Proberstein physikalischer Ideen

Es ist wahr, dieses Spiel ist ein Proberstein des Gehirns

Johann Wolfgang von Goethe

Freihandversuche erweisen sich immer dann als besonders wirkungsvoll, wenn es um die Erarbeitung und Bewährung allgemeiner physikalischer Ideen geht, bei denen quantitative Aspekte in den Hintergrund treten. Dazu zählen u.a. Invarianzprinzipien, wie die Erhaltung der Substanz und der Energie, Kausalitätsdenken, geometrische Prinzipien und Symmetrieargumente.

Letztere sollen hier kurz angesprochen werden. Symmetrieüberlegungen gehen oft auf allgemeine Erfahrungen zurück, auf denen entsprechende physikalische Prinzipien beruhen. Bei Galileis berühmten Gedankenexperimenten werden oft Symmetrien vorausgesetzt, die so selbstverständlich erscheinen, dass man sich ihrer gar nicht bewusst wird.

Bringt man (siehe oben) Luft in Wasser ein, so wird die Symmetrie der näherungsweise als homogen angenommenen Wasserschicht gebrochen. Mit dem Aufsteigen der Luft stellt sich eine Schichtung unterschiedlicher Dichte mit geringerer Symmetrie ein. Darin ist der dazu "symmetrische" Vorgang des Absinkens von Wasser in Luft gestaltmässig enthalten. Das Umgiessen von Luft in wässriger Umgebung lässt sich dieser Sicht unterordnen. Umgekehrt wird man aus scheinbar spontan auftretenden Vorgängen auf einen wie im konkreten Fall auch immer gearteten Symmetriebruch als Ursache schliessen. Dazu ein Beispiel: Ein äusserlich symmetrischer Styroporquader wird auf Wasser gelegt und beginnt sich zu drehen (Bild 7).

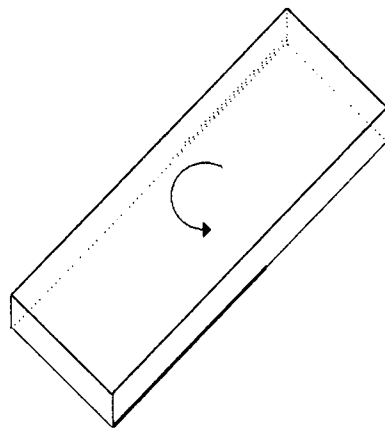


Bild 7: Ein "unsymmetrisch" mit Seife präparierter Styroporquader dreht sich auf der Wasseroberfläche

So abenteuerlich die von Schülerinnen und Schülern angesichts dieses Versuches ins Spiel gebrachten Vermutungen auch sein mögen, sie laufen meistens auf die Suche nach Symmetriebrüchen hinaus. In einem Fall bestand eine Schülerin darauf, das Styropor als produktionsbedingt inhomogen anzunehmen. Diese Vermutung ist insofern interessant, als sie - ohne dass ein konkreter Mechanismus angegeben werden konnte, dahinter eine im Prinzip kor-

rekte Idee zu sehen ist. Tatsächlich lag der die Drehbewegung auslösende Symmetriebruch nicht in der "Unsymmetrie" des Materials, sondern darin, dass flüssige Seife in unsymmetrischer Weise an dem Styroporblock angebracht wurde (Bild 7). Durch die Berührung der Seife mit dem Wasser konnte diese sich auflösen und auf der Wasseroberfläche ausbreiten, wodurch auf den Block ein Drehmoment ausgeübt und eine Drehung hervorgerufen wurde.

Auch in dem folgenden Freihandversuch spielen Symmetrieüberlegungen bei der Deutung des Phänomens eine wesentliche Rolle [21]: Auf zwei mit Wasser gefüllten Gläsern verhält sich ein Stück Kork oder Styropor unterschiedlich. Auf dem einen bewegt sich der schwimmende Körper zur Mitte auf dem anderen zum Rand. Der Symmetriebruch der zu den verschiedenen Verhaltensweisen führt, kommt durch die geringfügig - und daher kaum wahrnehmbare - unterschiedliche Füllhöhe des Wassers in den beiden Gläsern zustande (Bild 8).

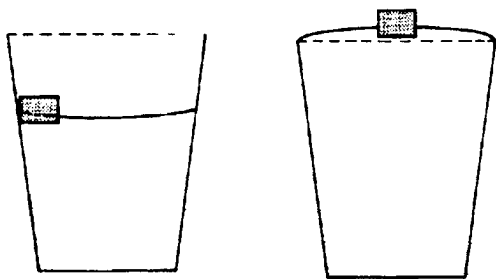


Bild 8: Je nach der Form der Wasseroberfläche bewegt sich der Korken zum Rand oder zur Mitte.

Während die Oberfläche eines nicht ganz gefüllten Glases aufgrund der Benetzung der Glaswand nicht ganz eben, sondern ein wenig konkav gekrümmt ist, nimmt sie eine leicht konvexe Form an, sobald die Füllhöhe den Rand des Glases übersteigt. Hat man dies einmal erkannt, so wird man vielleicht an eine zu dieser Situation "symmetrische" erinnert, nämlich an eine auf einem konvexen oder konkaven Uhrglas zur Mitte oder zum Rand rollende Kugel. Allerdings geraten die Schülerinnen und Schüler leicht in ein Aporie: Die Kugeln verhalten sich gerade umgekehrt wie der Kork auf der Wasseroberfläche. Wenn sie allerdings durch den obigen Versuch des Umgießens von Luft erfahren haben, dass sich im Falle der Umkehr des Dichteverhältnisses von Medium und Körper der Körper entgegengesetzt zur Schwerkraft bewegt, überwinden sie diese Aporie erfahrungsgemäss relativ schnell. Dadurch wird das Problem gelöst, ohne konkrete physikalischen Mechanismen durchschauen zu müssen.

Freihandversuche machen Spass

Der Gegensatz zu Spiel ist nicht Ernst, sondern - Wirklichkeit

Sigmund Freud

Wie bereits erwähnt, sind Freihandversuche nicht unumstritten. Neben der Primitivität wird ihnen häufig die mangelnde Ernsthaftigkeit vorgeworfen, die vor allem durch den oft spielerischen Charakter der Versuche vermittelt wird. Das Spielerische und Zwanglose scheinen in manchen Köpfen gegen die Würde und Seriosität der Wissenschaften zu verstossen. Dahinter mag die Ansicht stehen, dass wissenschaftliche Aktivitäten diszipliniert, methodisch und regelgeleitet zu erfolgen haben.

Andererseits weiss man aber auch, dass insbesondere dann, wenn es um die Erarbeitung neuer physikalischer Einsichten und die Ausbildung einer physikalischen Sehweise geht, gerade intuitive, teilweise unlogische Kombinationen von Fakten, Schlussfolgerungen und Analogieschlüsse einbeziehende Denkweisen eine wesentliche Rolle spielen. Dabei können gerade spielerische Aktivitäten sowohl in experimenteller als auch theoretischer Hinsicht von grosser Bedeutung sein. Darüberhinaus sollte die im Spielerischen enthaltene Motivation für den Physikunterricht nicht unterschätzt werden: *"Aber was heisst denn blosses Spiel, nachdem wir wissen, dass unter allen Zuständen des Menschen gerade das Spiel und nur das Spiel es ist, was ihn vollständig macht und seine doppelte Natur aufeinmal entfaltet?"* [22].

In vielen Fällen bietet es sich an, ein Spiel zum Ausgangspunkt einer physikalischen Lernsituation zu wählen. Im folgenden Beispiel wird ein Problem als eine Art Zauberkunststück präsentiert [23], dessen physikalische Erklärung zwar auf eine Entzauberung hinausläuft. Das Bewusstsein, das Kunststück zu beherrschen und zu durchschauen, kommt aber gelegentlich einer Wiederverzauberung gleich. Den Schülerinnen und Schülern wird eine Streichholzschachtel präsentiert, die auf Kommando an einem Faden haften oder hinabgleiten kann (Bild 9a). Erst wenn ihnen klargeworden ist, dass das Haften und Gleiten durch Straffung oder Lockerung des Fadens bewirkt wird, können Erklärungsversuche einsetzen, die Erfolg versprechend sind. Dabei ist es für mich immer wieder erstaunlich, wie komplex und abwegig, aber auch wie erfinderisch und kreativ die Vermutungen ausfallen. Der schliesslich erfolgende Blick in die "Black Box" wird in der Regel als ernüchternd und faszinierend zugleich empfunden (Bild 9b).

Die in keiner Weise mit der vermuteten Komplexität korrespondierende Einfachheit des Mechanismus kann jedoch als experimenteller Ausdruck der physikalischen Einfachheit und damit als Merkmal der physikalischen Sehweise erfahren werden.

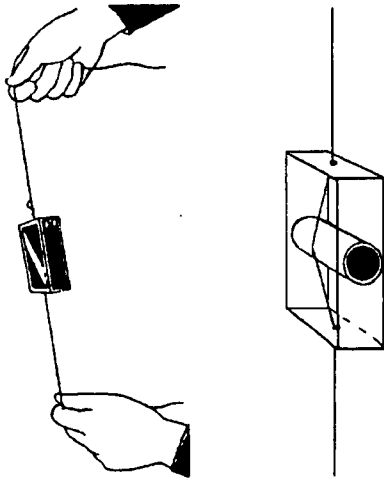


Bild 9: Durch Regelung der Spannung des Fadens lässt sich ein Wechsel zwischen Haften und Gleiten der Dose erreichen (links). Blick ins Innere der Dose (rechts).

Freihandversuche sind qualitativ

Quantität ist nur eine Eigenschaft der Qualität

Paul Watzlawick

Freihandversuche erlauben in der Regel nur qualitative Erklärungen. Hier haben sie ihre Stärke aber auch ihre Grenze. Immer dann, wenn quantitative Messungen oder auch nur Abschätzungen für die Erklärung eines physikalischen Zusammenhangs erforderlich sind, reichen Freihandversuche nicht mehr aus. Ob dies in einer gegebenen Situation der Fall ist, kann beispielsweise dadurch zum Ausdruck kommen, dass zwischen alternativen Erklärungen mit qualitativen Argumenten nicht entschieden werden kann. Der bekannte Kerzenversuch, bei dem z.B. eine brennende Schwimmkerze unter eine "Glashaube" gebracht wird (Bild 10), infolgedessen erlischt und einen Anstieg des Wassers unter der Haube bewirkt, kann auf mehrfache Weise erklärt werden. Dabei kann erst aufgrund einer quantitativen Abschätzung eine Entscheidung herbeigeführt werden [24].

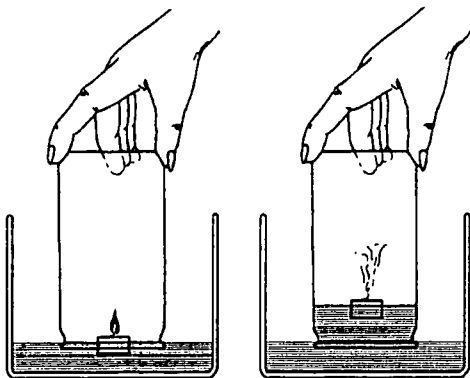


Bild 10: Nachdem man das Glas über die Kerze gestülpt hat, beginnt der Wasserspiegel im Innern des Glases zu steigen.

Aber auch in solchen Fällen werden Freihandversuche nicht sinnlos oder überflüssig.

Sie weisen insofern über sich selbst hinaus, als in Form der Alternativen, die quantitativ abzuschätzenden Sachverhalte und entsprechende Versuch vorbereitet werden.

Fazit: Das Reale muss inszeniert werden

Ich habe versucht, einige aus meiner Sicht wesentliche Aspekte der Bedeutung von Freihandversuchen für den Physikunterricht darzustellen und anhand von Beispielen zu illustrieren. Als besonderer Vorteil erweist sich die Benutzung einfacher, vertrauter Gegenstände, die es gestatten, ohne grossen Aufwand schnell zum Kern eines physikalischen Problem vorzudringen, ohne dass die Aufmerksamkeit durch die Komplexität einer Apparatur oder die Unanschaulichkeit einer theoretischen Darstellung gebunden wird. Der zu demonstrierende Sachverhalt tritt umso unerwarteter auf, je vertrauter die Situation dank der bekannten Alltagsgegenstände erscheint. Unserer Erfahrung nach fühlen sich Schülerinnen und Schüler auf diese Weise eher angesprochen und zu einer Problemlösung aufgefordert als in Situationen, in denen unbekannte und undurchschaubar bleibende technische Geräte im Vordergrund stehen. Nicht selten konnten wir feststellen, dass sie angeregt und ermutigt wurden, die Versuche ausserhalb des Unterrichts nachzumachen, um den jeweiligen Effekt selbst hervorzubringen, vielleicht aber auch, um das eigene Können unter Beweis zu stellen. Denn: "Für das eigene Können gibt es nur einen Beweis, das Tun" (Marie von Ebner-Eschenbach).

Indem die Schülerinnen und Schüler bei der Durchführung von Freihandversuchen auf unmittelbare Weise erfahren, dass deren Gelingen vor allem von der Kenntnis des "Tricks" und dem Vermögen, ihn auszuführen, abhängt, kann ein typischer Aspekt physikalischen Vorgehens bewusst gemacht werden. Die Welt physikalisch zu sehen heisst nicht, sie passiv anzuschauen, sondern aktiv einzugreifen nach einem Plan, den man vorher entwerfen und umsetzen können muss. Das Reale muss inszeniert werden, damit es den physikalischen Blick freigibt.

Da die Freihandversuche im Unterschied zu vielen physikalischen Experimenten von den Schülerinnen und Schülern selbst durchgeführt werden können, sind sie geeignet einer weiteren Gefahr vorzubeugen. Der Versuchung, sich der materiellen Beschränkungen und nicht selten widerspenstigen Körperlichkeit des Realen durch eine Flucht in die Virtualität von Computersimulationen zu entziehen, kann man nur dadurch begegnen, dass besonders einfache und stets zugängliche Versuche bekannt gemacht werden, die ausserdem gerade die Auseinandersetzung mit der physischen Beschaffenheit der Welt als wesentlich erfahrbar machen. So gesehen verleihen Freihandversuche dem Denken die für eine realistische Einschätzung des physikalisch Möglichen nötige Bodenhaftung.

Zum Schluss möchte ich auf folgendes Problem hinweisen. Die Beschreibungen von Freihandversuchen fallen meist sehr spärlich aus (siehe z.B. [1-8], sowie z.Zt.

erhältlich [25-27]). Physikalische Erklärungen werden oft nur in Andeutungen vorgenommen, so als ob der Einfachheit der Versuchsdurchführung auch eine Einfachheit der Erklärung entspräche. Dass gerade die einfachsten Freihandversuche sehr voraussetzungsvoll sind und ausführlich diskutiert werden müssen, habe ich versucht dazustellen. So gesehen könnte eine weitere Verbreitung und eine grössere Akzeptanz der Freihandversuche durch ausführlichere Beschreibungen sowie problemorientierte Diskussionen der schulischen Einsatzmöglichkeiten gefördert werden.

Literatur

- [1] Tissandier, G.: Les Récréations Scientifique ou l'Enseignement par les Jeux. Paris: Masson 1879
- [2] Donath, B.: Physikalisches Spielbuch für die Jugend. Braunschweig: Vieweg 1902
- [3] Emsmann, H., Dammer, O.: Des deutschen Knaben Experimentierbuch. Bielefeld und Leipzig: Velhagen & Klasing 1894
- [4] Rosenberg, Experimentbuch für den Unterricht in der Naturlehre Band I u. II: Wien und Leipzig: Alfred Hölder 1908.
- [5] Neuburger, Albert: Ergötzliches Experimentierbuch. Berlin und Wien: Ullstein 1911.
- [6] Neuburger, A.: Heitere Wissenschaft. Berlin: Ullstein 1923.
- [7] Good, A. (Tit, Tom): La Science Amusante Série I, II et III.: Paris: Larousse 1890, 1892, 1893.
- [8] Hahn, H.: Physikalische Freihandversuch Band I, II u. III. Berlin: Otto Salle 1905 - 1912.
- [9] Schwenter, D.: Mathematische und philosophische Erquickstunden. Nürnberg 1636, S.5.
- [10] Stein, Joh. A., Raspe, G. N.: Natürliche(s) Zauber= Buch Oder: Neu= eröffnetes Spiel= Platz rarer Künste. Nürnberg 1745.
- [11] Galileo, G.: Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Darmstadt: Wissenschaftl. Buchgesellschaft 1973, S. 77.
- [12] Schlichting, H.J.: Leere - nichts als Luft. Von der Wahrnehmung der Luft als physikalisches System. Praxis der Naturwissenschaften- Physik 43/4, 18 (1994).
- [13] Schlichting, H.J.: Spiel mit den Elementen: Wasser und Luft in Freihandexperimenten. Praxis der Naturwissenschaften - Physik 41/2, 27 (1992).
- [14] Schlichting, H.J.: Lastentransport im Limonadenglas. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 39/10, 14 (1991)
- [15] Schlichting, H.J.: Wenn Luft Druck macht... Freihandversuche zum Thema: Luftdruck. Naturwissenschaften im Unterricht- Physik 38/5, 39 (1990)
- [16] Schlichting, H.J.: Implodierende Getränkedose. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 39/10, 18 (1991).
- [17] Lichtenberg, G.C.: Schriften und Briefe IV, München: Hanser 1967, S. 439

- [18] Cahill, L., Prins, B, Weber, M., McGaugh, J.L.: Nature 371, 702 (1994)
- [19] Schlichting, H.J.: Physik - eine Perspektive der Realität. Probleme des Physikunterrichts. zur Veröffentlichung.
- [20] Schlichting, H.J.: Der gebremste Fall. Eine physikalische Entzauberung. Physik in der Schule 31/10, 342, (1993)
- [21] Schlichting, H.J.: Der "bergsteigende" Korken. Praxis der Naturwissenschaften - Physik 41/3, 45 (1992).
- [22] Schiller, F.: Über die ästhetische Erziehung des Menschen, S. 616.
- [23] Backhaus, U., Schlichting, H.J., Schön, L.: Physikbuch 7/8. Ein Lehr- und Arbeitsbuch für Real- und Gesamtschulen. Nordrhein - Westfalens. Frankfurt am Main: Diesertweg 1995, S. 47.
- [24] Schlichting, H.J.: Die Kerzenpumpe. Praxis der Naturwissenschaften- Physik 43/4, 12 (1994).
- [25] Zeier, E.: Physikalische Freihandversuche. Kleine Experimente. Köln: Aulis 1985
- [26] Treitz, N.: Spiele mit Physik. Thun u. Frankfurt a.M. 1983
- [27] Goldstein- Jackson, K.: Experimente- spielend leicht. Freiburg: Herder 1978.



The development of practical work in the National Curriculum in England and Wales

R. Millar



Introduction

This paper reviews critically the role of practical work in the Science National Curriculum in England and Wales. My aim is to highlight some of the issues and difficulties concerning practical work in science and its assessment which have arisen as a result of the introduction of a National Curriculum in England and Wales. As most of these issues are quite general ones, the UK experience may have useful lessons for anyone concerned with the teaching and assessment of practical competence in science.

It is important to set the more recent developments in context, so the paper begins by outlining briefly the background leading up to the introduction of the National Curriculum in England and Wales in 1989. It then looks at the way practical work has been included in the various revisions of the National Curriculum between 1989 and 1994. And, finally, it focuses on the question of what pupils understand about the processes of scientific investigation, and presents some findings from recent research.

Background to the National Curriculum

As many of you will know, there is a very long tradition in school science in the UK of practical work - carried out by the pupils themselves, and not just by the teacher. Usually pupils work in small groups of two or three rather than individually. A survey in 1982, found that children aged 11-13 spent over 50% of their science class time doing practical work of this sort (Beatty and Woolnough, 1982). Even in pre-university courses for 17-18 year olds, over 30% of class time was spent in small group practical work (Thompson, 1975). So UK science teachers clearly regard practical work as an important aspect of science teaching - their actions imply that they believe that doing your own practical work is an important learning activity for pupils. We might question the

evidence for this judgment, of course - perhaps too much time is spent in this sort of activity and too little in discussing and thinking through the interpretation of observations and measurements - but it is an established part of the British science education scene.

Although the amount of practical work has remained high, the type of practical work has changed gradually over the years. Thirty years ago, a lot of practical work would have taken the form of quantitative verifications of a given law or rule. "An experiment to verify Ohm's Law", or "An experiment to verify Hooke's Law". Or measurements of a physical quantity: "Measure the specific heat capacity of water by an electrical heating method", and so on. Pupils in those days took national examinations at age 16 and age 18: GCE O-level and A-level. In physics (and the other sciences), the assessment included a Practical Examination. Pupils would have to carry out one or two practical tasks, which they had not seen in advance, under examination conditions. This took place in the school laboratory and required about 3 hours to complete.

The major curriculum developments of the 1960s - most importantly the Nuffield projects - began to change this emphasis. Instead of "verifying" and "proving" things, practicals were seen as a means of helping pupils to discover important conceptual ideas for themselves. Practical tasks were carefully chosen so that the idea the pupils were to discover should "emerge" as clearly as possible. Although we can criticise this inductive emphasis now, it had a very positive effect on practical work in science at the time - and not just for teachers who chose to follow the Nuffield courses. Unlike the older practicals where the conclusion was stated from the start - and the pupil's job was to "verify" or "prove" it - in these practical tasks, the conclusion was left open, for the pupils to reach after they had done the work. Usually, however,

the method was specified quite tightly - pupils followed a set of instructions. We might characterise these practicals as having a *closed* task, and a *closed* method, but an *open* conclusion (see fig.1).

Of course, one of the problems in the classroom situation was that the conclusion often was not really open: pupils knew that the teacher knew what "should happen" and often asked if they had got "the right result". And if they didn't, the teacher would often feel obliged to explain their results away, as experimental error, or due to poor equipment, and then say what should have been observed (Driver, 1975; Wellington, 1981). Anyone who has tried discovery learning in the classroom will be well aware of these problems!

The key difficulty with this form of practical work is that it is so closely tied to the teaching of theory. The results of the practical work are important because they are used to develop the theoretical ideas. Even in the 1960s, people were beginning to see this as a problem. Some HMI, Her Majesty's Inspectors of Schools, in 1960 were advocating the introduction of original pupil investigations. This idea was picked up in the Nuffield Secondary Science course, which was aimed at the lower ability pupils. This laid stress on 'open-ended investigations which involve responsibility for the pupils in devising methods of investigating problems they have themselves posed and identified as important' (Misslebrook, 1970: 19). An investigation, in contrast to the more usual form of practical task, has an *open* method as well as an *open* conclusion; the question may be *closed* or *open* (see fig.1)

Types of practical task

	'Standard' practical task	Investigation
task/question	<i>closed</i>	<i>closed or open</i>
method	<i>closed</i>	<i>open</i>
conclusions	<i>open (?)</i>	<i>open</i>

Fig.1: Types of practical task

During the 1970s, teachers' confidence in the discovery learning style of practical work also began to drop. Two major research surveys (Kerr, 1963; Thompson, 1975), one carried out in 1963, the other in 1975, both looking at teachers' views on the aims of practical work, showed a marked drop in confidence in the usefulness of practical work for discovering and elucidating theory. Some science educators recognised that there was a difficult underlying issue here. Layton, for example, wrote that it was: "... difficult to see how both objectives, an understanding

of the mature concepts of science and an understanding of the processes by which scientific knowledge grows, can be achieved simultaneously. We ought to attend to process as a separate objective, important in its own right, alongside content." (Layton, 1973: 176).

The issue might be put more bluntly like this:

- if we want to use practical work to illustrate and to teach important science concepts and ideas, then it has to be tightly controlled (and pupils' results often changed by the teacher) and gives a misleading impression of the processes of scientific enquiry;
- if we make practical work more open, then pupils will not discover for themselves the concepts and ideas of accepted science.

A critical influence on the development of practical work in the National Curriculum came in the late 1970s through the work of the Assessment of Performance Unit (APU) (1988a,b; 1989a,b). The APU was set up to monitor standards of performance in English, mathematics and science at ages 11, 13 and 15 in schools in England and Wales. Examination results could not be used to do this, for two main reasons:

- we have several Examination Boards and not a single national examination;
- these examinations are norm-referenced, so changes in overall performance cannot be deduced from the results. (Norm referenced means that the proportion of pupils awarded each grade is kept fairly constant from year to year - because it is impossible to set papers which are equally difficult, so this is fairer to the pupils, when the sample is large.)

So the APU had to develop its own bank of test items for science - and, in order to do this, had to develop a framework for science performance. What are the aspects of science performance? The APU developed a six part framework (fig.2).

APU framework

Categories of Science Performance

- 1 Use of graphical and symbolic representation
- 2 Use of apparatus and measuring instruments
- 3 Observation
- 4 Interpretation and application
- 5 Planning of investigations
- 6 Performance of investigations

Fig.2: The APU assessment framework: Categories of

Category 6, *Carrying out investigations*, was seen as the culmination of science performance - providing an opportunity for the pupil to combine and use all the other aspects of understanding. In the original APU surveys, pupils carried out investigations individually, watched by a researcher. Figure 3 shows some of the sorts of tasks they used:

'Paper towel'

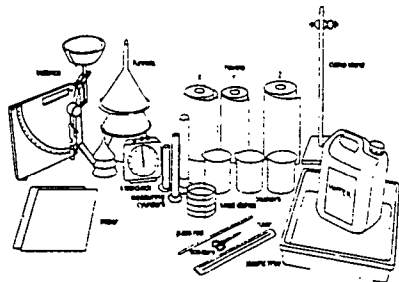
You have in front of you three kinds of paper towels labeled X, Y and Z.

This is what you have to find out:

Which kind of paper will hold the most water?

You can use any of the things in front of you. Choose whatever you need to answer the question.

Make a clear record of your results, so that I can understand what you have found out.



'Swingboard'

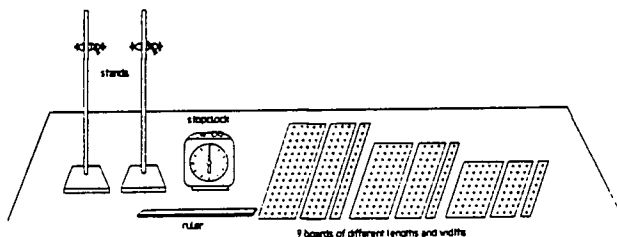
If you swing boards of different lengths and widths some go backwards and forwards very quickly and some go more slowly.

This is what you have to find out:

What difference does changing the length of the board make to how quickly it swings?
 What difference does changing the width of the board make to how quickly it swings?

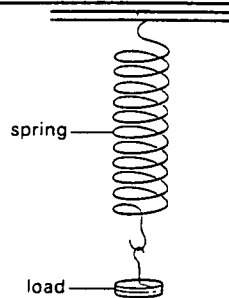
You can use any of the things in front of you. Choose whatever you need to answer the question.

Make a clear record of your results so that someone else can understand what you have found out.



'Springload'

When you hang a load on a spring and let go it bobs up and down. The load bobs up and down faster on some springs than others.



You have been given a collection of different springs. This is what you have to find out:

What makes the difference to how quickly a load bobs up and down on a spring?
 Is it the *length* of the spring?
 or the *diameter* of the spring?

You can use any of the things in front of you. Choose whatever you need to answer the question.

Make a clear record of your results here so that someone else can understand what you have found out.

Fig.3: Three APU investigation tasks (used for assessment of categories 5 and 6)

The emphasis on open-ended investigations, and the type of task chosen, had a strong influence on subsequent developments. In the early 1980s, as the APU were beginning to publish their findings, work was in progress on developing a new examination for all pupils in England and Wales at age 16 - the GCSE, or General Certificate of Secondary Education, to replace the two separate examinations of GCE for the top 25% and CSE from the middle 50% of the ability range. Criteria were published in 1985 for the new examination (DES, 1985). In science, these required that 20% of the marks were awarded for an assessment of the pupil's abilities in practical work. This would be assessed, not by an end-of-course practical examination but by continuous assessment by the teacher. That is to say, the teacher assessed the pupils during the lessons, by giving them written tasks or observing them as they did certain kinds of tasks. Different examination boards developed different approaches for doing this. The largest board, the Northern Examining Association (NEA) used the scheme shown in figure 4 for assessment of practical work in physics (see fig.4, next page).

Teachers found some of these areas easier to assess than others. Aspects which could be assessed using the pupils' written work were generally seen as easier to do; those which depended on observing the pupils as they did the task were harder. Often classes had to be divided in two for the assessment tasks, as there were too many in a whole class to observe accurately - and there were problems in providing enough apparatus for every pupil to do the same task at the same time. In effect, this greatly limited the tasks teachers could choose. And there were predictable problems of communication during tests: for

Northern Examining Association (NEA) Physics framework

- Skill 1** Follow instructions which may be given orally, in writing and/or in diagrams
- Skill 2** Make quantitative observations using linear scales
- Skill 3** Select the most suitable apparatus for investigation
- Skill 4** Present results in tables, graphs or charts
- Skill 5** Design and carry out an experiment to solve a problem
- Skill 6** Draw conclusions from experimental evidence

Each assessed on a scale of 0 to 3. For example, for Skill 5:

Zero	Needs continual guidance and still does not reach a solution
1 mark	Can reach a reasoned solution only with continual guidance and reassurance
2 marks	Proceeds effectively after being given guidance
3 marks	Designs and performs an experiment following safe procedures to a reasoned solution

Fig.4: Northern Examining Association (NEA) assessment framework for practical work in GCSE physics (1987)

example, one pupil might see what another was doing and get an idea from that. Despite the problems, however, GCSE established two important things:

- it introduced the area of "designing and carrying out investigations" into the curriculum, and as an aspect of science learning to be assessed;
- it got teachers used to the idea that they could carry out continuous assessment of pupils' practical work.

This, then, was the background in the late 1980s when the National Curriculum was first introduced. The idea of pupil investigations had been firmly implanted, and teachers were used to the idea of assessing these on a continuous basis.

The National Curriculum

The first version of the National Curriculum for England and Wales was published in early 1989 (DES/WO, 1989). It divided science up into 17 separate areas, or Attainment Targets. Fifteen of these dealt with different science topics such as forces, electricity and magnetism, energy, and so on. The others, numbers 1 and 17, were called *Exploration of Science* and *The Nature of Science*. In each of these 17 areas, a programme of study was specified which teachers had to cover. And pupils' perfor-

mance was to be assessed on a ten point scale in each of the 17 areas. Attainment Target 1, however, was seen as special - and given a weighting of 25% in the overall assessment. The other 16 together, including number 17 on *The Nature of Science* carried the remaining 75%. As regards practical investigations, for example, for pupils aged 11-14, the programme of study specified that:

Programme of study: Key stage 3:

Exploration of science Detailed provisions

Pupils should be encouraged to develop their investigative skills and their understanding of science through systematic experimentation and investigations which:

- are set within the everyday experience of pupils and in wider contexts, and which require the deployment of previously encountered concepts and their investigative skills to solve practical problems.
- develop and use an increasingly systematic and safe approach.
- require that pupils plan and carry through investigations in which they may have to identify, describe and vary more than one key variable and where the variable to be measured can be treated continuously.
- require increasingly precise quantitative approaches to the measurement of key variables.
- require pupils to make strategic decisions about the number, range and accuracy of measurements.
- select and use increasingly complex apparatus and instruments to enhance observations and measurements.
- encourage systematic recording using methods appropriate to the data and the purpose of the activity.
- encourage the interpretation and evaluation of collected data, using progressively less generalised statements against the demands of the problem, using mathematical relationships, where appropriate.
- encourage the search for patterns in data and the ability to make simple predictions based on findings.
- encourage the use of increasingly more technical vocabulary when reporting findings and conclusions.

Extract 1: The programme of study in *Exploration of Science* for Key Stage 3 (11-13 year olds)(from the 1989 version of the National Curriculum)

To give an idea of the assessment framework, pupils would attain level 5 in attainment target 1, which would be the level of an average 13-14 year old, if they could:

STATEMENTS OF ATTAINMENT

- 5**
- use concepts, knowledge and skills to suggest simple questions and design investigations to answer them.
 - identify and manipulate relevant independent and dependent variables, choosing appropriately between ranges, numbers and values.
 - select and use measuring instruments to quantify variables and use more complex measuring instruments with the required degree of accuracy, for example, *minor divisions on thermometers and forcemeters*.
 - make written statements of the patterns derived from the data obtained from various sources.

Extract 2: The statement of attainment for level 5 of Attainment Target 1: *Exploration of Science* (from the 1989 version of the National Curriculum)

At the time the first version of the National Curriculum was being developed, the idea of "process science" was very popular in the UK. Many people, including teachers, argued that the methods of science were much more important to science knowledge and that the main aim of the curriculum should be to teach children "processes of science" such as observing, classifying, hypothesising, predicting, and so on. There were criticisms of this approach (Millar and Driver, 1987; Millar, 1989) - but it only really went out of fashion when it was found to be completely impossible to write a National Curriculum Attainment Target for investigations, based on a process model. No one was able to propose a sensible set of graded descriptions of performance in these general "processes". So the National Curriculum model was not a process one. Instead, you will notice the emphasis on variables, and the idea that a scientific investigation is about relationships between variables. This emphasis was present in the APU's choice of investigation tasks also, and can be traced back to the Piagetian emphasis on control of variables, and variables reasoning in general, as an indicator of conceptual development. Because investigations of this type can vary in the number and nature of the independent variables, this is also attractive to anyone who has the task of trying to write statements of attainment on a ten-level scale!

This emphasis on variables quickly came to dominate school science investigations. The additional guidance provided for teachers by the National Curriculum Council (NCC, 1989) was entirely about variables in investigations (Fig.5).

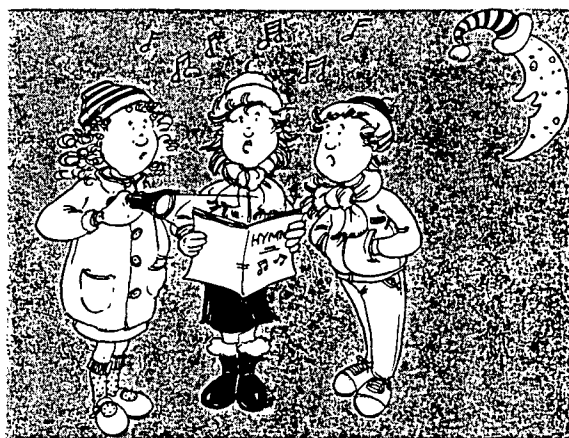
LEVEL	Investigation Type	Example	Examples involving more complex contexts/concepts
1	Sorting tasks leading to simple qualitative investigations.	Sort objects by colour, shape or flexibility.	
2	Investigations of the "Which?" type using measurement.	Which material will make the best mirror?	Sort materials into those which are attracted by a simple magnet and those which are not.
3	Investigations of the "Which?" type using more accurate measurements and embodying a 'fair' test.	Which ball bounces best?	Which materials conduct electricity?
4	Investigations of the "Which?" type involving the selection of appropriate apparatus and instruments.	Which paper tissue is the strongest when wet?	Which type of garden fertiliser is best?
5	Investigations involving a continuous independent variable.	How is the length of a rubber band affected by the weight hung on it?	Which fuel is best for heating water?
6	Investigations involving two discrete independent variables, or simpler investigation types with more complex, derived or interacting variables.	What is most important when keeping a cup of coffee hot? Is it the material of the cup or whether the cup has a lid or not?	How does the volume of a gas depend on its pressure?
7	Investigations involving two continuous independent variables.	How does the time taken by a boiled sweet to dissolve depend on the size of the sweet particles or the temperature of the water?	How does the amount of juice obtained from a pulped apple depend on the amount of pectinase enzyme used?

Fig.5: Non-statutory guidance for teachers about progression in investigation performance

The nature (discrete or continuous) and the number of independent variables involved were used as the main basis of progression. Other independently published books for teachers reinforced this emphasis. Figure 6 shows some examples taken from a book which was co-written by a university science educator who had also acted as adviser to the National Curriculum Council on this area of the curriculum - thus reinforcing the same, rather limited, view of a science investigation.

Torches

We have all used torches to help us see in the dark. They are made so that they produce a narrow beam of light.



Your job is to find out how the size of the patch of light which the torch shines on a wall depends on how far the torch is away from the wall.

You can use any of the apparatus that you have been given. You may not need to use it all. Choose the apparatus to suit your investigation.

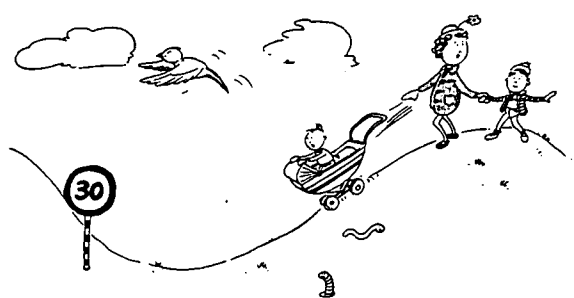
Make a clear record of your results as you go along.

When you have finished, write a brief account of your investigation. Make sure you say what you have found out.

The big dipper

Make up a 'lego' car to use with the model of the big dipper.

Roll your car down the model of the big dipper to see how it works.



Your job is to find out whether it is

- the height that the car starts from, or
- the weight of the car, or
- both of these

which affects how high the car travels up the other side when it is released.

You can use any of the apparatus that you have been given. You may not need to use it all. Choose the apparatus to suit your investigation.

Make a clear record of your results as you go along.

When you have finished, write a brief account of your investigation. Make sure you say what you have found out.

Fig.6: Two examples from a book of science investigations (Gott, Welford & Foulds, 1988)

It is important to make one thing very clear at this point: investigations were not the only kind of practical work that pupils would do. It was accepted that teachers would continue to use more conventional forms of practical work to teach the science content areas of the curriculum. But in addition, pupils would have to carry out some open-ended investigations and they would be assessed on their performance of these.

There were many problems with this first version of the National Curriculum. The criticisms can be divided into two categories:

- theoretical objections
- practical objections.

The first category, objections were raised about the philosophical basis of this part of the curriculum. It was argued that it presented a narrow view of science investigation; it embodied an empiricist view of science, starting from observations and looking for patterns. And it limited science investigation to variables-type tasks. *The Nature of Science* attainment target did not redress the balance, partly because it tended to get lost within the other 16 "content" attainment targets, and partly because it was difficult to know how to teach and assess it anyhow. So many teachers simply ignored it.

Practically, teachers found the 17 attainment target National Curriculum impossibly complex. They were expected to keep records of the performance of each individual

child on a ten point scale for each of 17 aspects of science. The system was overloaded, and in many places collapsed.

Recognising this, the government asked the National Curriculum Council to revise the curriculum and reduce the assessment demands on teachers. After consultation, the revised version was published in 1991 (DES/WO, 1991). By amalgamating the 17 attainment targets into four groups - dealing with investigations, biology, chemistry and physics - it retained most of the content but meant that teachers now only had to assess pupils in four areas. Attainment Target 1, now renamed *Scientific Investigation*, kept its programme of study much as before. But *The Nature of Science* component, now much reduced, was amalgamated with this, rather than remaining as a separate area of learning.

The revised attainment target was presented now in three so-called *strands*, dealing with the ability of pupils to:

- ask questions, predict and hypothesise
- observe, measure and manipulate variables
- interpret their results and evaluate scientific evidence

In each of these strands, statements of attainment tried to specify the progression expected in pupils' performance (Fig.7).

Three Strands within Attainment Target 1

Levels	Pupils should carry out investigations in which they -		
1		observe familiar materials and events	
2	ask questions such as 'How...?', 'Why...?' and 'What will happen if...?', suggest ideas and make predictions	make a series of related observations	use their observations to support conclusions and compare what they have observed with what they expected
3	suggest questions, ideas and predictions, based on everyday experience, which can be tested	observe closely and quantify by measuring using appropriate instruments.	recognise that their conclusions may not be valid unless a fair test has been carried out distinguish between a description of what they observed and a simple explanation of how and why it happened
4	ask questions, suggest ideas and make predictions, based on some relevant prior knowledge, in a form which can be investigated	carry out a fair test in which they select and use appropriate instruments to measure quantities such as volume and temperature	draw conclusions which link patterns in observations or results to the original question, prediction or idea
5	formulate hypotheses where the causal link is based on scientific knowledge, understanding or theory	choose the range of each of the variables involved to produce meaningful results	evaluate the validity of their conclusions by considering different interpretations of their experimental evidence
6	use scientific knowledge, understanding or theory to predict relationships between continuous variables	consider the range of factors involved, identify the key variables and those to be controlled and/or taken account of, and make qualitative or quantitative observations involving fine discrimination	use their results to draw conclusions, explain the relationship between variables and refer to a model to explain the results
7	use scientific knowledge, understanding or theory to predict the relative effect of a number of variables	manipulate or take account of the relative effect of two or more independent variables	use observations or results to draw conclusions which state the relative effects of the independent variables and explain the limitations of the evidence obtained.
8	use scientific knowledge, understanding or theory to generate quantitative predictions and a strategy for the investigation	select and use measuring instruments which provide the degree of accuracy commensurate with the outcome they have predicted	justify each aspect of the investigation in terms of the contribution to the overall conclusion
9	use a scientific theory to make quantitative predictions and organise the collection of valid and reliable data	systematically use a range of investigatory techniques to judge the relative effect of the factors involved	analyse and interpret the data obtained, in terms of complex functions where appropriate, in a way which demonstrates an appreciation of the uncertainty of evidence and the tentative nature of conclusions
10	use scientific knowledge and an understanding of laws, theories and models to develop hypotheses which seek to explain the behaviour of objects and events they have studied	collect data which are sufficiently valid and reliable to enable them to make a critical evaluation of the law, theory or model	use and analyse the data obtained to evaluate the law, theory or model in terms of the extent to which it can explain the observed behaviour

Fig.7: Statement of attainment at each level in the three strands of Attainment Target 1 (from the 1991 version of the National Curriculum)

It was required that pupils only be assessed in an investigation which involved all three strands; teachers could not simply give them a paper-based data interpretation exercise and use it to assess strand (iii) - though they could, of course, do this to teach strand (iii) if they wished. The first and third strands were, in part, an attempt to reduce the inductive emphasis which had been criticised - by stressing that a hypothesis or prediction came first, and that data were collected in the light of this. It meant, however, that teachers might nominate an area for investigation, but then had to allow pupils freedom to specify their own investigation task, so that they could assess the level they had reached in strand (i). And, of course, pupils needed to know (and understand) what gained them higher levels if they were to score well; the decisions which gained the highest grades were not necessarily the best *scientific* decisions. Another difficulty for teachers

Experimental and Investigative Science

Contexts derived from Life Processes and Living Things, Materials and their Properties and Physical Processes should be used to teach pupils about experimental and investigative methods. On some occasions, the whole process of investigating an idea should be carried out by pupils themselves.

Pupils should be taught:

- **1. Planning experimental procedures**
 - a to use scientific knowledge and understanding to turn ideas suggested to them, and their own ideas, into a form that can be investigated;
 - b to carry out trial runs where appropriate;
 - c to make predictions where it is appropriate to do so;
 - d to consider, in simple contexts, key factors that need to be taken into account;
 - e to isolate the effect of changing one factor;
 - f to decide how many observations or measurements need to be made and what range they should cover;
 - g to consider contexts, eg *fieldwork*, where variables cannot readily be controlled, and to consider how evidence may be collected in these contexts;
 - h to select apparatus, equipment and techniques, taking account of safety requirements.
- **2. Obtaining evidence**
 - a to use a range of apparatus and equipment safely and with skill;
 - b to make observations and measurements to a degree of precision appropriate to the context;
 - c to make sufficient relevant observations and measurements for reliable evidence;
 - d to repeat measurements and observations when appropriate;
 - e to record evidence clearly and appropriately as they carry out the work.
- **3. Analysing evidence and drawing conclusions**
 - a to present qualitative and quantitative data clearly;
 - b to use graphs appropriate to the results obtained;
 - c to use lines of best fit where appropriate;
 - d to identify trends or patterns in results;
 - e to use results to draw conclusions;
 - f to decide whether the results support the original prediction when one has been made;
 - g to try to explain conclusions in the light of their knowledge and understanding of science.
- **4. Considering the strength of the evidence**
 - a to consider whether the evidence is sufficient to enable firm conclusions to be drawn;
 - b to consider anomalies in observations or measurements and explain them where possible;
 - c to consider improvements to the methods that have been used.

Fig.8: The programme of study in *Experimental and Investigative Science* for 11-13 year olds (from the 1995 version of the National Curriculum)

Attainment Target 1: Experimental and Investigative Science

■ Level 3

Pupils respond to suggestions, put forward their own ideas and, where appropriate, make simple predictions. They make relevant observations and measure quantities, such as length or mass, using a range of simple equipment. With some help they carry out a fair test, recognising and explaining why it is fair. They record their observations in a variety of ways. They provide explanations for observations and, where they occur, for simple patterns in recorded measurements. They say what they have found out from their work.

■ Level 4

Pupils recognise the need for fair tests, describing, or showing in the way they perform their task, how to vary one factor whilst keeping others the same. Where appropriate, they make predictions. They select suitable equipment to use and make a series of observations and measurements that are adequate for the task. They present their observations and measurements clearly, using tables and bar charts. They begin to plot points to form simple graphs and use these graphs to point out and interpret patterns or trends in their data. They take account of these patterns when they draw conclusions, and begin to relate their conclusions to scientific knowledge and understanding.

■ Level 5

Pupils identify the key factors they need to consider in contexts that involve only a few factors. Where appropriate, they make predictions based on their scientific knowledge and understanding. They select apparatus for a range of tasks and use it with care. They make a series of observations or measurements with precision appropriate to the task. They begin to repeat observations and measurements and to offer simple explanations for any differences they encounter. They record observations and measurements systematically and present data as line graphs. They draw conclusions that are consistent with the evidence and begin to relate these to scientific knowledge and understanding.

Fig.9: Three level descriptions for the assessment of Attainment Target 1: *Experimental and Investigative Science* (from the 1995 version of the National Curriculum)

was that the wording of the statements in all three strands were open to interpretation; some seem very similar to those for the levels above or below. Also, assessed investigations were becoming major events in school - quite divorced from the normal science lessons, and often taking up to three science lessons to complete. Finally, many teachers found that the top levels, 8-10, were almost impossible for most pupils to attain, if they were interpreted literally.

So although this is the version of the National Curriculum currently in force, we have just completed a second revision exercise, covering all subjects and not just science. The aim has again been to slim the curriculum down and to reduce teachers' assessment workload. After consultation, the revised science curriculum has just been published in November 1994 (DfE/WO, 1995). There are still four attainment targets as before: three for biology, chemistry and physics content and one for practical work, now called *Experimental and Investigative Science*.

The revised programme of study is shown in Figure 8. The idea of precise statements of attainment has also been dropped. In future teachers will be required to assess pupils' level of performance against a set of more general level statements - choosing the statement which "best fits the pupil's performance" (Fig.9).

The main aims of this latest revision have been:

- to allow investigations to be an integral part of science teaching;

- to make clearer the links between investigative work and other forms of practical work in science, so that both are seen as contributing to the same learning;
- to broaden the idea of an investigation to include all kinds of open-ended practical tasks and not just those involving variables;
- to reduce the emphasis on the predicting and hypothesising stage;
- to increase the emphasis on the collection and evaluation of evidence.

One significant change is that teachers are now permitted to assess pupils' performance on separate aspects of investigative tasks, and not only on whole tasks - though pupils are still required to do some whole tasks.

Some general issues

This quick overview of the development of practical work and its assessment within the English National Curriculum raises, I think, some quite general issues about the role and purpose of practical work in science. Most teachers believe that school science should try to teach pupils something about the processes of scientific enquiry as well as about science concepts and ideas. In other words, practical work is not just a means of teaching science content; it is also important because it teaches pupils about the methods of scientific enquiry. But what, exactly, do we want pupils to learn about scientific enquiry? Can we specify these learning outcomes? Can we analyse the scientific approach into a set of discrete "skills" or is the thing that really matters the pupils' ability to put these skills together into a strategy for tackling a task? Is there such a thing as the scientific approach, or are the methods scientists use specific to each area of science?

If we want to develop pupils' understanding of the procedures of enquiry in science, and to assess this, then surely we first have to try to specify what this understanding is. In a project I have recently been involved in, we have attempted to make a start on this difficult task. In the *Procedural and Conceptual Knowledge in Science* project (PACKS project), we asked pupils to do a practical investigation and also to answer some diagnostic questions about the science content and the main enquiry procedures involved. Our aim was to try to establish what sorts of understanding pupils drew upon in deciding what to do in response to a practical investigation task.

From the data we collected, we developed a model (Figure 10) which we think is useful in looking at pupils' work on investigation tasks.

We identify four main areas of understanding. Two are relatively obvious:

- B the understanding of the science ideas relating to the particular investigation task
- C the practical techniques required by a particular task.

Knowledge/understanding and investigation performance: the PACKS model

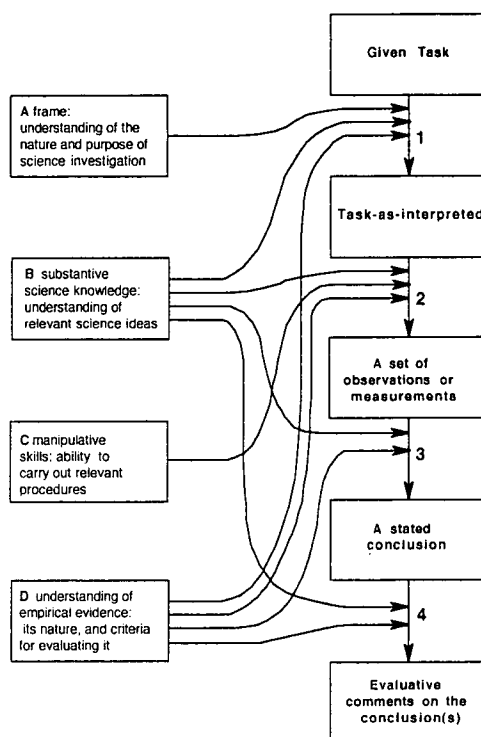


Fig.10: Knowledge/understanding and investigation performance: the PACKS model

Both of these will differ from task to task. The other two categories are less familiar:

A refers to pupils' understanding of the aim or purpose of an investigation. We found that many pupils reformulated the task we gave them and did something different from what we intended. In particular, many changed the task into a simple modelling exercise - trying just to make an object or achieve an effect. Others treated it as an engineering task - making practical improvements - rather than as an investigation of causes and possible explanations.

D understanding of evidence. This is perhaps the major area we see as possible general and applying to all investigations. Do pupils understand the issues involved in collecting and evaluating their data? Many seem to have little awareness of the problems here. Some pupils' answers to our questions seem to show that they believe a careful measurement with adequate equipment leads to the "right answer"; they appear to have no awareness that experimental error is inevitable. Only a few repeat measurements to get a sense of the size of this error. Those who do repeat tend to do

it as a 'ritual': "always take three readings and average them."

Our experience of investigations in the National Curriculum so far has shown that many pupils will work away busily on investigative tasks. Many seem to enjoy it and find it quite motivating. But few collect data carefully or use it well to provide evidence for their conclusions. And most cannot evaluate the quality of their evidence (for a fuller discussion, see Millar et al., 1994).

The latest revision of the National Curriculum has tried to take account of this by placing more emphasis on the collection, use and evaluation of evidence. It also emphasises that these ideas have to be taught to pupils; they cannot be expected simply to pick them up by doing investigations.

It is best, I think, to view the Science National Curriculum in England and Wales to date, and attainment target 1 in particular, as a rather ambitious experiment which has not quite worked as originally intended. As regards attainment target 1, the issues involved are genuinely difficult ones. The latest changes may improve things enough to allow it to work acceptably - or further difficulties may emerge. What the experience in England and Wales most emphatically does not provide is a model of how to influence the form of practical work in school science or of how to assess pupils' abilities in practical science. Rather it should be seen as a warning to others who are considering these matters about some of the dangers and pitfalls. If these lessons are learnt, then it will not have made an insignificant contribution.

References

- Assessment of Performance Unit (APU) (1988a). *Science at Age 11. A Review of APU Survey Findings 1980-84*. London: HMSO
- Assessment of Performance Unit (APU) (1988b). *Science at Age 15. A Review of APU Survey Findings 1980-84*. London: HMSO
- Assessment of Performance Unit (APU) (1989a). *Science at Age 13. A Review of APU Survey Findings 1980-84*. London: HMSO
- Assessment of Performance Unit (APU) (1989b). *National Assessment: The APU Science Approach*. London: HMSO
- Beatty, J. and Woolnough, B. (1982). Practical work in 11-13 science: the context, type and aims of current practice. *British Educational Research Journal*, 8 (1), 23-31.
- Department for Education/Welsh Office (DfE/WO) (1995). *Science in the National Curriculum*. London: HMSO.
- Department of Education and Science (DES) (1985). *General Certificate of Secondary Education (GCSE). National Criteria. Science*. London: HMSO.
- Department of Education and Science/Welsh Office (DES/WO) (1989). *Science in the National Curriculum*. London: HMSO.

Department of Education and Science/Welsh Office (DES/WO) (1991). *Science in the National Curriculum (1991)*. London: HMSO.

Driver, R. (1975). The name of the game. *School Science Review*, 56 (197), 800-5.

Gott, R., Welford, G. and Foulds, K. (1988). *The Assessment of Practical Work in Science*. Oxford: Blackwell.

Kerr, J. (1963). *Practical Work in School Science*. Leicester: Leicester University Press.

Layton, D. (1973). *Science for the People*. London: George Allen & Unwin.

Millar, R. (1989). What is scientific method and can it be taught? In J.J. Wellington (ed.), *Skills and Processes in Science Education. A Critical Analysis* (pp. 47-62). London: Routledge.

Millar, R., and Driver, R. (1987). Beyond Processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.

Millar, R., Lubben, F., Gott, R., and Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-248.

Misslebrook, H. (1970). *Nuffield Secondary Science. Teachers' Guide*. London: Longman.

National Curriculum Council (NCC) (1989). *Science in the National Curriculum. Non-Statutory Guidance*. York: NCC.

Thompson, J.J. (ed.) (1975). *Practical Work in Sixth Form Science*. Department of Educational Studies, University of Oxford.

Wellington, J.J. (1981). "What's supposed to happen, sir?" - some problems with discovery learning. *School Science Review*, 63 (222), 167-73.



Tussen droom en daad

P.M. Pilgram



De resultaten van het basisonderwijs bepalen uw beginsituatie. In deze bijdrage wil ik schetsen in welke mate een praktische vorm van natuuronderwijs in de basisschool gewenst en gerealiseerd is. Ik wil dat doen in de volgende stappen:

- een kort historisch overzicht, leidend tot het project Natuuronderwijs voor de Basisschool (NOB) van de SLO;
- een schets van de belangrijkste uitkomsten van dat project en de invloed daarvan op recente methodes en kerndoelen;
- een beeld van de huidige praktijk, zoals het vorig jaar beschreven werd in rapporten van de inspectie en het Cito;
- een typering van uw instroom, zoals die blijkt uit peilingen onder leerlingen en zoals die op grond van de kerndoelen in de toekomst mag worden verwacht.

Historie

Sinds de Wet op het Lager Onderwijs van Van der Brughen uit 1857 is Kennis der Natuur een verplicht vak op de lagere school. Zernike noemde in 1905 deze wettelijke stap niet anders dan *'eene erkenning van zijne beteekenis ook voor de lagere school'*. Het was immers overduidelijk, aldus Zernike, *'dat de menscheid, meer dan ooit tevoren, onder den invloed leefde van de ontzaglijke uitbreiding en de zich vermenigvuldigende toepassingen der natuurwetenschappen.'* Overdracht vond destijds plaats door middel van leerlesboekjes, waarbij bewust werd gekozen voor het weglaten van afbeeldingen! Daar had de onderwijzer immers het bord voor. Ook proeven waren niet nodig, zolang men aansloot bij wat de leerling al uit ervaring weet. Het was dan ook de bedoeling voornamelijk nuttige kennis voor het dagelijkse agrarische leven over te dragen, gebaseerd op de formele structuur van de fysica of de morfologische systematiek van de biologie.

Over de realisering in de praktijk was Zernike in het begin van deze eeuw niet erg te spreken; hij zag een grote afstand tussen wil en daad. In die tijd propageerden onderwijsvernieuwers als Ligthart, Heimans en Thijsse

ideeën over meer praktijkgericht onderwijs en een meer ecologische benadering van de biologie. Voor natuurkunde werd met name op de kweekschool het doen van demonstratieproeven aanbevolen. Veel scholen hadden daartoe al voor de Tweede Wereldoorlog een natuurkundekabinet aangeschaft. Desondanks moest de inspectie in 1937 constateren, dat veel onderwijzers niets voor het vak voelen, geen weg weten met de stof en het doods en saai behandelen.

Na de oorlog propageerde de Derde Hoofdinspectie in haar Leidraad de principes van aanschouwelijkheid, zelfwerkzaamheid en uitgaan van de omgeving, daarmee een eerste aanzet biedend voor het toepassen van leerlingenproeven. Ook de Commissie Modernisering Leerplan Natuurkunde (CMLN) stelt in 1969 dat o.a. leerlingenproeven een integrerend onderdeel zijn bij de kennisopbouw en noemt als een van de doelen voor natuurkunde: *Het verwerven van elementaire natuurkundige kennis aan waarnemingen zowel van processen die spontaan plaats vinden in de leefwereld van het kind als aan (liefst zelf gedane) experimenten.*

Inmiddels was met name in de angelsaksische landen vanwege het overbekende Sputnikeffect een grote stroom ontwikkelingsactiviteiten op gang gekomen, gekenmerkt door veel idealisme en optimisme. In de ideeën traden accentverschuivingen op in de richting van

- meer integratie,
 - meer accent op concrete zintuiglijke ervaringen en
 - meer open benadering van onderwijsleerprocessen.
- De integratie van de natuurwetenschappen werd gefundeerd op onderzoekende werkwijzen en processen, die de natuurwetenschappen gemeenschappelijk hebben. Kinderen moesten zich bekwamen in waarnemen, meten, classificeren, variabelen onderscheiden en controleren, voorspellen, gegevens vastleggen en conclusies trekken. Ook moest de natuurwetenschappelijke vorming leiden tot houdingen als doorzettingsvermogen, eerlijkheid, nieuwsgierigheid, verwondering en verantwoordelijkheid. Aan welke inhouden deze houdingen en vaardigheden moesten worden geleerd kwam op de tweede plaats. Opvattingen van Piaget, maar ook van de Russische

leerpsychologen over de materiële basis van het leerproces, leidden tot het propageren van 'hands-on activities'. Want begrippenparen als groot-klein, rond-vierkant, warm-koud, licht-zwaar etc. krijgen pas echt betekenis, als daar concrete ervaringen aan ten grondslag liggen. Wisselwerking tussen directe ervaringen en het nadenken daarover vormt de basis voor de ontwikkeling van de intelligentie via processen, die door Piaget met assimilatie, adaptatie en accommodatie werden aangeduid. Passend in het tijdsbeeld van de jaren 60 werd gezocht naar meer open vormen van wereldoriëntatie, waarin het vragende kind meer invloed en verantwoordelijkheid moest krijgen t.a.v. het eigen leerproces. Volgens Nuffield waren de eigen vragen van de kinderen het meest betekenisvol en was de taak van de school *'not one of teaching science to children, but rather utilizing the children's own scientific way of working as a potent educational tool'*. Later werd deze opvatting ook gemotiveerd vanuit de discussies over 'misconceptions' of 'alternative frameworks' bij kinderen. Kinderen ontwikkelen eigen ideeën over de hen omringende werkelijkheid, die nogal fors kunnen afwijken van natuurwetenschappelijke verklaringsmodellen. Om daar wat aan te doen is een traditionele vorm van kennisoverdracht niet zo geschikt. In meer open vormen van onderwijs kunnen die ideeën eerder boven tafel komen en bespreekbaar worden gemaakt, zodat kinderen hun eigen ideeën kunnen toetsen aan die van anderen.

Deze korte geschiedenis toont samenvattend een ontwikkeling van het practicum naar functie en inhoud. Je zou kunnen spreken van een didactische omkering, die ook wel wordt aangeduid met de tegenstelling deductief-inductief. Het begin is een demonstratieproef als toelichting of voorbeeld voor een algemeen geldende regel of principe. In het tussenstadium doen leerlingen voorgeschreven proeven met voornamelijk dezelfde toelichtende functie. Het eindigt met een leerlinggestuurd onderzoek, dat het startpunt vormt voor het leerproces en dat tevens bijdraagt aan de verwerving van vaardigheden en houdingen.

Het project Natuuronderwijs voor de Basisschool

Binnen deze historische context is in 1978 het project Natuuronderwijs voor de basisschool (NOB) van de SLO van start gegaan. Daartoe had het Gezamenlijk Overleg van de Commissies Modernisering Leerplan Wiskunde, Natuurkunde, Scheikunde en Biologie en de afdeling onderwijs van het Koninklijk Aardrijkskundig Genootschap al in 1972 een aanvraag ingediend, die pas bij de feitelijke start van de SLO kon worden gehonoreerd. Het project heeft getracht in leerplanpublicaties praktisch vorm te geven aan de bovenbeschreven opvattingen over inhoud en didactiek. Er is een inhoudelijk kader geschetst op basis van 7 aandachtsgebieden, waarin het geheel van de levende en niet-levende natuur is ondergebracht: eigen lichaam, planten, dieren, weer en seizoenen, omgeving, materialen en voorwerpen, verschijnselen uit natuur en techniek. Er is dus vastgehouden aan één leergebied voor

natuuronderwijs, dat een eigen identiteit heeft t.o.v. de sociale wereldoriëntatie (NOB, 1991a). Aspecten van de niet-levende natuur zijn ondergebracht in de aandachtsgebieden 'Materialen en voorwerpen' en 'Verschijnselen uit natuur en techniek'. Daarbinnen zijn longitudinale lijnen beschreven voor de thema's

- eigenschappen en veranderingen
- toepassingen en risico's
- energievormen en -verschijnselen.

Deze longitudinale lijnen zijn beschreven in de vorm van principes of basisinzichten, bijvoorbeeld voor het laatste thema:

Kleuters

- Als de zon niet genoeg licht en warmte geeft, gebruiken de mensen lampen en kachels.

Onderbouw

- Dingen bewegen niet vanzelf.

Middenbouw

- Voor geluid, licht en verwarming zijn bronnen nodig.
- Er zijn verschillende krachten, die een beweging kunnen beïnvloeden (spier- zwaarte- en windkracht, wind en water, wrijving, magnetisme).

Bovenbouw

- Voor elk werk en iedere taak is een energiebron nodig met een apparaat, dat voor de juiste energie-omzetting zorgt.

Niet alleen voor de overige domeinen zijn dergelijke subthema's en basisinzichten geformuleerd, ook voor vaardigheden op het gebied van waarnemen en meten, experimenteren en verwerken en concluderen is dat gebeurd. Meten is bijvoorbeeld als volgt uitgewerkt:

Kleuters

- Op lengte seriëren en lengte meten met eigen eenheden.

Onderbouw

- Lengte meten in centimeters.

Middenbouw

- Temperatuur, volume, gewicht en tijd meten.

Bovenbouw

- Zelfgemaakte meetinstrumenten ijken.
- Toevalligheden bij meten uitsluiten door metingen te herhalen en te middelen.

Het project NOB heeft verder een groot aantal lesvoorbeelden beschreven, gericht op het verwerven van bovenbedoelde inzichten en vaardigheden (NOB 1991b). Bij al deze praktijksuggesties staan concrete ervaringen en waarnemingen aan materialen en organismen binnen en buiten de school voorop. De lessen zijn gebaseerd op een didactische basisstructuur, waarin de hiervoor genoemde didactische omkering is vormgegeven en die bestaat uit:

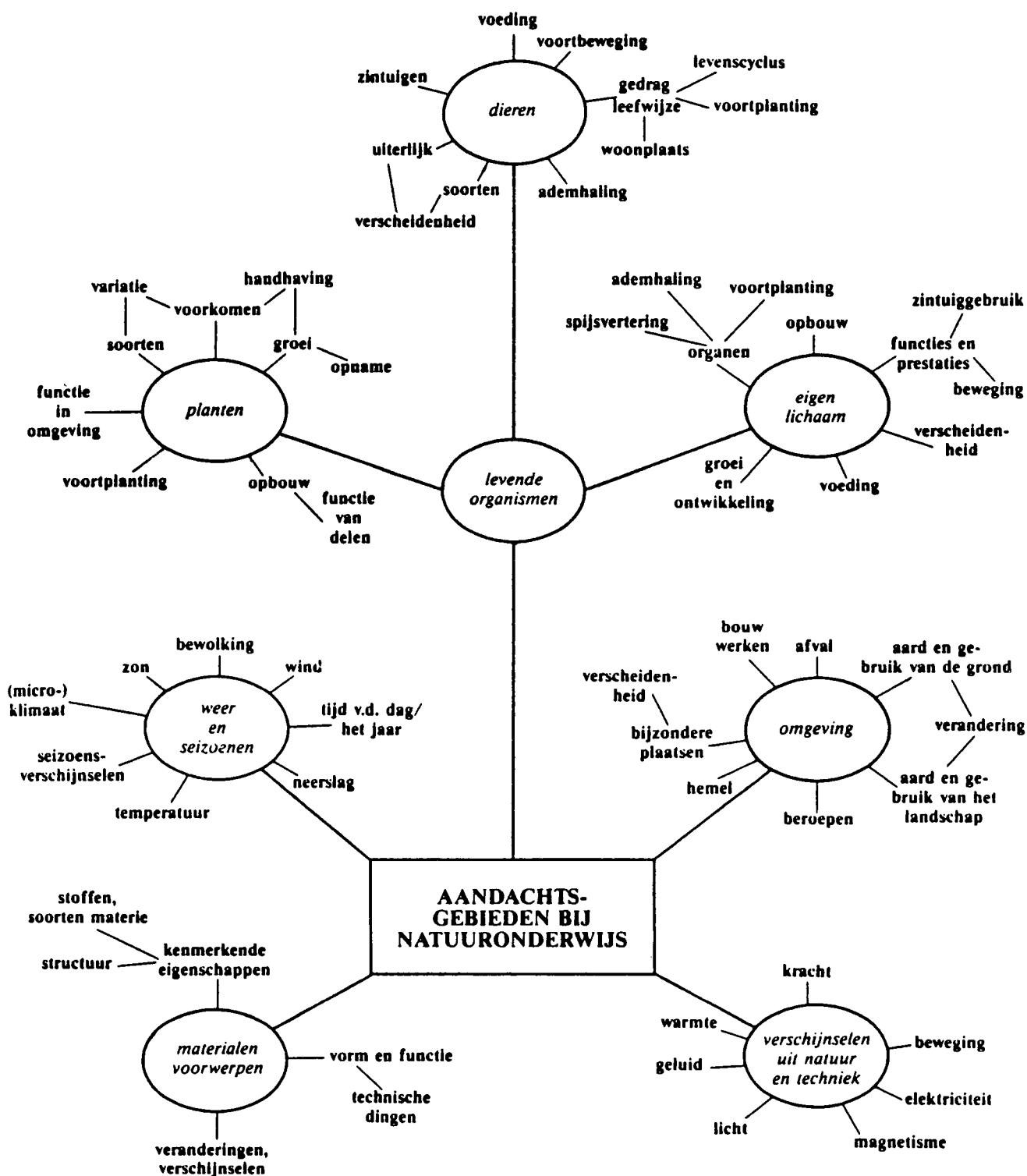


Fig.1: Aandachtsgebieden voor natuuronderwijs volgens NOB

- ontmoeting
- verkenning
 - . vrij
 - . gericht
- verwerking
- inzicht

Deze structuur biedt enerzijds de leerlingen binnen de gegeven kaders ruimte voor eigen inbreng en ideeën, maar geeft anderzijds een duidelijke schets van de plaats van de leerkracht als ondersteuner en informant. De ideaaltypische idee van het spontaan vragende kind is daarmee wat gerelativeerd. Het is de leerkracht, die betekenisvolle ontmoetingssituaties organiseert, waarbinnen aan kinderen een ontdekrimte wordt geboden, waarna het weer de leerkracht is die de ervaringen helpt ordenen en verdiepen tot bruikbare inzichten. Maar overeind blijft, dat in de projectvoorstellen de verkennende activiteit van de kinderen zelf het vertrekpunt moet zijn en niet het sluitstuk van een theoretische uitleg.

In recente methodes is in meer of mindere mate gebruik gemaakt van de verworvenheden van het project NOB. In de handleiding van de methode 'Natuurlijk' van Malmberg zijn diverse praktijkbeschrijvingen uit het NOB-materiaal opgenomen als alternatieve aanvullingen op activiteiten uit de methodelessen. Het meest ver gaan de samenstellers van de methode 'In Vogelvlucht' van Zwijssen, die op enige bewerking na de longitudinale lijnen voor de inzichten én de vaardigheden uit het NOB project hebben overgenomen en daar consequent het lessenplan omheen hebben gebouwd.

Een ander voorbeeld van een boek met een hoog 'NOB-gehalte' is een recente uitgave voor Pabo-studenten: 'Praktische Didactiek voor Natuuronderwijs', door Els de Vaan en Jos Marell. Het behandelt op een ordelijke en voor studenten goed toegankelijke wijze praktijk en theorie van hedendaags natuuronderwijs, inclusief discussievragen en stageopdrachten.

Ook in de huidige Kerndoelen is veel van het project NOB herkenbaar. Door samenvoeging van de aandachtsgebieden planten en dieren en de bovengenoemde 2 over de niet-levende natuur zijn de 7 aandachtsgebieden teruggebracht tot 5 domeinen. De hiervoor beschreven reeks basisinzichten over energievormen werkt toe naar het kerndoel:

- . *De leerlingen kunnen aangeven welke energiebron wordt gebruikt voor verwarming, verlichting en beweging in hun omgeving en noemen daarbij voorbeelden van apparaten en hulpmiddelen, die voor de omzetting van de energie zorgen.*

Ook de andere basisinzichten binnen dit domein zijn te relateren aan kerndoelen over

- . het onderscheiden van materialen op kenmerkende eigenschappen en toepassingen daarvan,
- . het aantonen van samenhang tussen vorm, eigenschappen en functie bij gebruiksvorwerpen en hulpmiddelen,
- . het veranderen van eigenschappen door krachten, warmte en andere stoffen;
- . elektrische schakelingen maken met lampjes en batterij-

en en de overeenkomst beschrijven met schakelingen thuis,

- . het herkennen van en omgaan met gevaarlijke stoffen en situaties.

Evenzo zijn de inhouden van de aandachtsgebieden over de levende natuur en de omgeving met de betreffende kerndoelen te verbinden.

Tenslotte zijn er ook kerndoelen voor basisvaardigheden t.a.v. meten en experimenteren geformuleerd, die aansluiten bij de typering uit het NOB-leerplan:

- . het kunnen gebruiken van instrumenten en hulpmiddelen als kompas, loep, thermometer, liniaal, stopwatch, maatglas, weegschaal e.d.
- . het op basis van een onderzoekbare vraag een passend experiment of reeks waarnemingen opzetten en 'eerlijk' uitvoeren.

Tenslotte wil ik nog wijzen op het tijdschrift *Natuur aan de Basis*, dat beschouwd kan worden als de opvolger van het tijdschrift *De Grabbelton* van het project NOB. Het terrein is wat verbreed tot natuur- en milieuonderwijs, maar nog steeds gaat het om achtergronden, ontwikkelingen en praktijkverhalen, bijvoorbeeld rond een thema als techniek. Het tijdschrift wordt uitgegeven bij Bosch en Keuning.

3. Natuuronderwijs, nader bezien

Onder deze titel heeft de inspectie vorig jaar verslag gedaan van de evaluatieve studie naar het vakgebied 'natuur, waaronder biologie', zoals het sinds de invoering van de Wet op het Basisonderwijs van 1985 heet (Inspectie 1993). In dezelfde periode publiceerde het Cito de rapportage in het kader van de Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau (PPON) voor wereldoriëntatie, waaronder biologie en natuurkunde (Weerden, 1993). Uit deze rapportages de volgende selectie:

3.1 Het leerstofaanbod

De inspectie heeft het leerstofaanbod beoordeeld naar de mate waarin alle domeinen in alle leerjaren evenwichtig aan bod komen. Daartoe is de inhoud van de bezochte lessen vastgelegd, maar ook is uit de klasadministraties afgeleid welke onderwerpen de laatste 4 weken aan bod zijn geweest. Geordend naar de domeinen uit de kerndoelen ontstaat dan het volgende beeld:

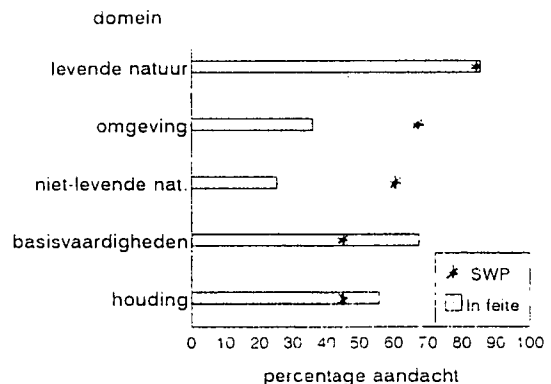


Fig. 2: Leerstofaanbod per domein

In de figuur zijn percentages van groepen weergegeven, die in een periode van een maand iets aan het betreffende domein hebben gedaan. De sterretjes (*) geven aan welke percentages op grond van de schoolwerkplannen verwacht mochten worden. Enkele kanttekeningen daarbij zijn:

- Duidelijk is dat de aandacht voor niet-levende natuur met 25% beduidend achterblijft bij die voor de levende natuur. De gebruikte methode heeft daar weinig invloed op: gebruikers van nieuwere methodes en NOTv komen op 27%, gebruikers van oude methodes besteden 22% van de lessen aan niet-levende natuur.
- Per bouw is er niet zoveel verschil; opvallend is alleen dat de niet-levende natuur in de middenbouw vaker aan de orde komt dan in de andere leerjaren.
- De aandacht voor deelaspecten per domein is niet altijd evenwichtig verdeeld: bij niet-levende natuur gaat het vnl. over eigenschappen van materialen en nauwelijks over energievormen of toepassingen; bij omgeving wordt in de onderbouw vnl. het weer behandeld, in de bovenbouw mens en milieu. Bij levende natuur krijgen relaties met omgeving minder aandacht dan instandhouding en verscheidenheid.
- Basisvaardigheden betreffen in hoofdzaak waarnemen en verwerken ($\pm 48\%$); experimenteren blijft daar met 13% sterk bij achter. Bij de kleuters ligt dat met 21% iets gunstiger.
- De inspectie stelde vast, dat men globaal 1 uur per week aan natuuronderwijs besteedt. Dat spoort goed met de bevindingen van PPON, die gemiddelden per week vonden van 51 minuten voor biologie en 19 minuten voor natuurkunde.

Elke school is beoordeeld op het aantal domeinen, dat per bouw in een maand aan bod is gekomen. Als ondergrens heeft de inspectie gekozen voor tenminste 2 domeinen in 2 groepen. Er ontstaat dan het volgende beeld:

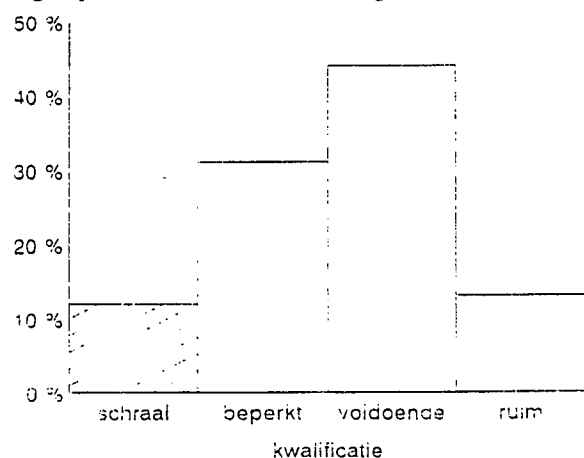


Fig.3: Beoordeling van de breedte van het leerstofaanbod

- op 12% van de scholen is het aanbod te schraal;
- op 31% van de scholen is het aanbod beperkt;
- 44% van de scholen doen een voldoende breed aanbod;
- en op 13% van de scholen is het aanbod ruim.

Op schooloverstijgend niveau is het interessant te kijken naar de relatie met de kerndoelen. Daartoe heeft de inspectie de inhoud van de *bijgewoonde* lessen geordend naar de kerndoelen en zo krijg je een beeld van de mate waarin kerndoelen aandacht krijgen.

De inspectie heeft die uitkomst vergeleken met de mate waarin elk kerndoel in het NOB-pakket aan bod komt. De uitkomsten voor de kerndoelen over de niet-levende natuur staan in de volgende tabel:

kerndoel	percentage in feite	lessen NOB
- energiebronnen	4	15
- eigenschappen	7	20
- vorm/functie	7	22
- externe invloed	7	23
- schakelingen	1	2
- gevaar	3	8

Realisering Kerndoelen niet-levende natuur

Kijken we naar alle domeinen, dan blijkt dat 16 van de 25 kerndoelen in de praktijk voldoende of zelfs teveel aandacht krijgen t.o.v. het NOB-curriculum, voor 9 is dat beduidend minder, met name die betrekking hebben op menskunde en niet-levende natuur. Voor basisvaardigheden is de situatie twijfelachtig (zie opmerking bij figuur 2).

PPON heeft ook het aanbod gepeild, door leerkrachten te laten aankruisen welke onderwerpen uit een lijst zij gedurende het schooljaar hadden behandeld. De onderwerpen waren geordend door middel van een domeinbeschrijving, die voor natuurkunde 6 onderdelen omvat. Drie daarvan (elektriciteit en magnetisme; warmte; vaste stoffen, vloeistoffen en gassen) komen in meer dan 80% van de scholen in de bovenbouw aan de orde. De overige drie (krachten, constructies en beweging; licht; geluid) scoren rond de 70%. Dat lijkt op zich nog vrij hoog, maar op het onderliggende niveau van sub-onderwerpen ligt het aanbod veel lager. Alleen 'temperatuur' en 'magnetisme' halen nog ongeveer de 80%, maar het merendeel ligt onder de 50%, met het onderwerp 'veren' als dieptepunt (10%). Bij elkaar genomen behandelt de helft van de scholen de helft of minder van alle natuurkundige aspecten, die PPON heeft onderscheiden. Een tiende van de scholen komt aan drie kwart van de stof of meer, een tiende doet er helemaal niks aan.

Het onderdeel energie heeft PPON ondergebracht bij natuurkundige aardrijkskunde. Aspecten van energiebronnen en -soorten en vooral van energieproblemen komen vaak aan de orde (70-80%). De aandacht voor omzetaarbaarheid en gebruik van energie ligt een stuk lager. Totaal bezien behandelt 75% van de scholen tenminste de helft van de 12 aspecten, die PPON bij het onderdeel energie heeft onderscheiden.

Alles bij elkaar mag je zeggen, dat de helft of meer van de leerlingen op school iets hebben gehoord over tenminste de volgende onderwerpen uit de fysica:

- drijven en zinken
- eigenschappen van lucht en -stroming
- fase-overgangen en het effect van warmte daarbij
- het begrip temperatuur, maar voornamelijk in relatie tot weersverschijnselen
- geluidstrillingen en het transport door de lucht
- het begrip elektrische stroomkring en gevaar van elektriciteit in huis
- verschillende energiebronnen (fossiele brandstoffen, wind, zon, kernenergie), en het bestaan van milieuvraagstukken daarbij als schaarste en gevaar van kernenergie.
- het bestaan van de zwaartekracht.

3.2 De didactische vormgeving

De standaard voor de beoordeling van de didactische vormgeving van de lessen is afgeleid van het lesprofiel, dat Jan van den Akker (1988) in zijn proefschrift heeft beschreven en dat ook bij het evaluatie-onderzoek van NOB is gebruikt. Het gaat om 7 leskenmerken, waarop de inspecteurs tijdens het lesbezoek hebben gescoord. Alle lessen bij elkaar genomen ontstaat het volgende beeld:

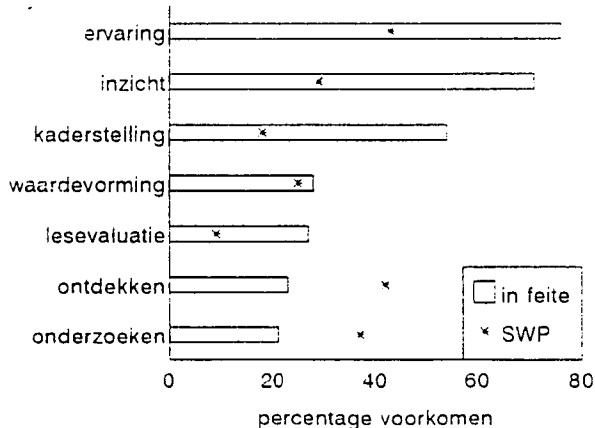


Fig.4: Voorkomen van didactische kenmerken bij lessen natuuronderwijs

Voor elk didactisch kenmerk is het percentage lessen weergegeven, waarin het voorkwam. Het sterretje (*) geeft aan in hoeveel schoolwerkplannen het betreffende kenmerk was beschreven.

We zien dat algemene principes vaak voorkomen (behalve lesevaluatie), maar dat natuuronderwijsspecifieke kenmerken ontdekken en onderzoeken achterblijven. De schoolwerkplannen zijn op dit punt vooruitstrevender. Niettemin waren in 1/3 van de lessen één of beide activiteiten herkenbaar.

PPON heeft leerkrachten vragen gesteld over werkvormen en aanpak. Uit de antwoorden blijkt, dat bij natuurkunde wat vaker dan bij andere kennisgebieden differentiatie in opdrachten plaatsvindt, maar over het algemeen overheerst de klassikale aanpak. Over het leerlingpracticum doet PPON geen directe uitspraken. Wel zeggen 12% van

de leerkrachten geregeld materiaal voor proefjes te gebruiken; 40% doet dat incidenteel. Voor demonstratiemateriaal liggen die percentages nog wat lager.

Voor de beoordeling heeft de inspectie aan elk kenmerk een gewicht toegekend. De ondergrens komt erop neer, dat in een les op minstens 2 van de 7 kenmerken gescoord moet worden. De verdeling van de behaalde scores is als volgt:

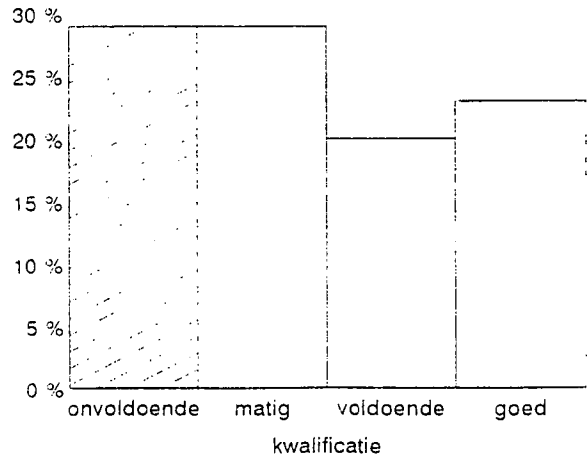


Fig.5: Beoordeling van de kwaliteit van de didactische vormgeving

- 29% van de lessen is onvoldoende;
- 29% van de lessen is matig, verbetering is gewenst;
- 20% van de lessen is voldoende, waarbij soms ook iets van ontdekken of onderzoeken voorkomt;
- 22% van de lessen is goed, waarbij altijd iets van ontdekken of onderzoeken voorkomt.

3.3 Eindconclusie

Samenvoeging van het oordeel over het leerstofaanbod en de lesuitvoering geeft het volgende plaatje:

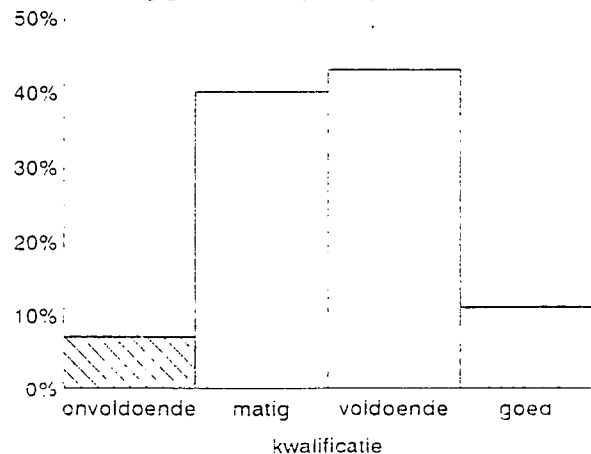


Fig.6: Totaal oordeel over de kwaliteit van natuuronderwijs

Op een ruime helft van de scholen is het natuuronderwijs naar het oordeel van de inspectie voldoende tot goed, op 1/3 van de scholen is verbetering gewenst en 1 op de 14 scholen blijft te ver onder de maat.

Enkele zwakke punten zijn

- . eenzijdig leerstofaanbod, met name te weinig niet-levende natuur
- . weinig evaluatie op les- en schoolniveau
- . overheersing papieren didactiek
- . geen continue leerlijn van 1 tot 8

Sterke punten zijn:

- . veel belangstelling voor NME
- . toename gebruik moderne methodes
- . toename concrete activiteiten
- . toename gebruik schoolomgeving

3.4 Kwaliteitsbevorderende kenmerken

Met behulp van statistische analyse is gezocht naar factoren, die de kwaliteit beïnvloeden, zoals de schoolorganisatie, het gebruik van ondersteuning, de vakbekwaamheid, de gebruikte methode, specialisatie tijdens de opleiding, recentelijke schoolevaluatie, natuuronderwijs als veranderingsonderwerp, de tijdsbesteding etc. Over de resultaten kunnen we kort zijn: er zijn nauwelijks factoren te vinden die het leerstofaanbod of de lespraktijk positief beïnvloeden! Scholen met natuur als veranderingsonderwerp of een voortrekker voor dit vakgebied doen geen breder aanbod. Lessen aan de hand van een nieuwe methode of gegeven door een specialist zijn niet per definitie beter. De enige factor die er echt toe doet is de vakbekwaamheid van de leerkracht, zoals bleek uit beheersing van de lesstof, de lesorganisatie en de leerstofplanning. Dit gebrek aan correlaties spoort met de bevindingen van PPON, dat factoren als tijd, aanbod en methode geen significante invloed hebben op de leerlingprestaties, zoals door PPON gemeten.

4. Het eindniveau van de basisschool

Uit het voorgaande mag duidelijk zijn, dat het doen van uitspraken over het eindniveau van de basisschool voor natuurkunde een hachelijke zaak is. Het aanbod is divers, er zijn grote verschillen tussen scholen, de kerndoelen zijn nog niet doorgedrongen, evenmin als nieuwe lesmaterialen.

4.1 Uitkomsten PPON

Om toch iets van het eindniveau te zeggen kijken we eerst naar de uitkomsten van PPON t.a.v. de leerlingprestaties (Weerden, 1993). In sterk vereenvoudigde vorm zijn de resultaten voor de gemiddelde leerling in onderstaande tabel weergegeven:

<i>Schaal</i>	<i>Percentage goed</i>
Krachten, constructies en beweging	58%
Elektriciteit en magnetisme	50%
Licht en geluid	57%
Warmte en aggregatie	55%
Energie	57%
Gemiddeld over alle schalen:	55%

Om de uitkomsten enigszins te kunnen plaatsen, geef ik hier enkele voorbeelden van makkelijke en moeilijk test-items uit het voorbeeldenboekje van PPON (zie pag. 58-60).

Over sommige items is nogal wat discussie mogelijk. De vraag over het transport van tuinaarde is nogal gecompliceerd. Strikt genomen kost geen van de drie horizontale verplaatsingen in het zwaartekrachtsveld energie. Als je ook de wrijving moet meebescheren, is dragen gunstiger dan de kruiwagen. Omdat men de laatste oplossing bedoelde, wordt blijkbaar het begrip energie gekoppeld aan het lichamenlijk ervaren begrip "moeite" of "krachtsinspanning".

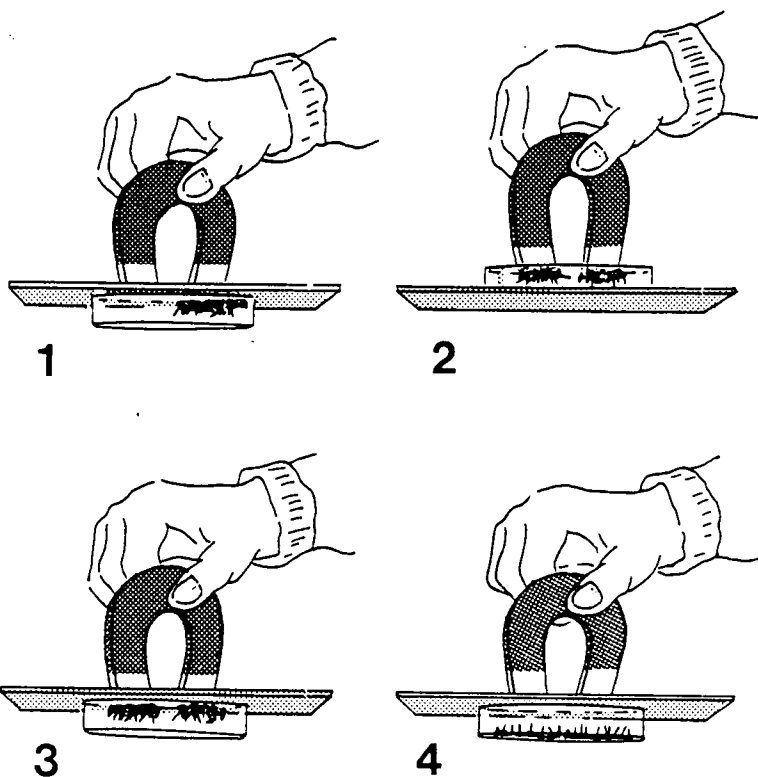
Ook het juiste antwoord op de vraag over de gebogen spiegels is discutabel: volgens mij lijkt je in spiegel 3 juist korter en dikker. Verder zijn sommige antwoordalternatieven ongelukkig gekozen; ze zijn soms erg onwaarschijnlijk of niet echt fout. Het blijft dus moeilijk kennis en inzicht te meten, maar voorlopig is het PPON onderzoek de meest betrouwbare bron op dit moment.

De verschillen tussen de prestaties van jongens en meisjes zijn bij dit vakgebied, afhankelijk van het onderdeel, matig tot groot en daarmee beduidend groter dan bij biologie. De prestatieverschillen tussen autochtonen en allochtonen zijn zo mogelijk nog groter.

Daar past wel de kanttekening bij, dat wellicht het taalgebruik en de gekozen voorbeelden in de testitems in het nadeel van bepaalde groepen kunnen werken. Uit een leerlingmeting, die bij NOB-scholen is gedaan, bleken de verschillen tussen jongens en meisjes minder groot en in elk geval af te nemen als ze aan goed gestructureerde lessen hadden deelgenomen. Meisjes leken soms meer te profiteren van het aangeboden onderwijs (Aert, 1990) PPON verbindt zelf geen oordeel aan bovenstaand resultaat. De Commissie Evaluatie Basisonderwijs doet dat wel en noemt het matig (CEB, 1994). Dat mag ook wel als de gemiddelde leerlingen maar net de helft van de (meerkeuze!) vragen goed maken; zwakke en goede leerlingen halen ongeveer 30 resp. 80%.

Maar interessant is ook de mening van anderen: ouders, BS-leerkrachten en VO-leraren. Daartoe heeft PPON aan vertegenwoordigers van deze groepen gevraagd op welk niveau men de uitkomsten van de PPON toets inschat en op welk niveau men ze zou wensen. Voor het onderdeel elektriciteit levert dat het volgende resultaat op: Bij dit en bij de andere onderdelen van natuurkunde blijken de verwachtingen van ouders en BS-leerkrachten over het algemeen rond de prestaties van de gemiddelde leerling te liggen en daarmee iets hoger dan die van VO-leraren. Ook t.a.v. de wensen zijn VO-leraren iets bescheidener. Bij 'licht en geluid' en bij 'warmte en aggregatietoestanden' zijn die verschillen nog het grootst. Bij het laatste onderwerp liggen de wensen van de VO leraren rond het niveau van de zwakke leerling. PPON heeft de verwachtingen en wensen van de leraren VO ook afgezet tegen het niveau van de feitelijke instroom per schoolsoort, zoals gemeten door de Cito Eindtoets. In figuur 8 is dat weergegeven met een stip. Dan

Patricia tilt met een magneet tegelijk een stuk karton en een plastic doosje met spelden op.
Welke getekende situatie is juist?



- A situatie 1
 - B situatie 2
 - C situatie 3
 - D situatie 4
- 10\094

cd

In een meterkast bevinden zich enkele stoppen. Tegenwoordig worden ze ook wel "smeltzekeringen" genoemd.
Waar dienen deze stoppen voor?
Ze voorkomen dat ...

- A de centrale niet genoeg elektriciteit levert.
 - B de elektriciteitsrekening te hoog wordt.
 - C de elektrische apparaten in huis kapot gaan.
 - D er brand in huis uitbreekt.
- 10\062

D

Fig.7: Voorbeelden van testitems uit PPN

Linda moet een zak tuinaarde van de schuur naar de tuin brengen. Daar is energie voor nodig.
Welke manier kost haar de minste energie?



①



②

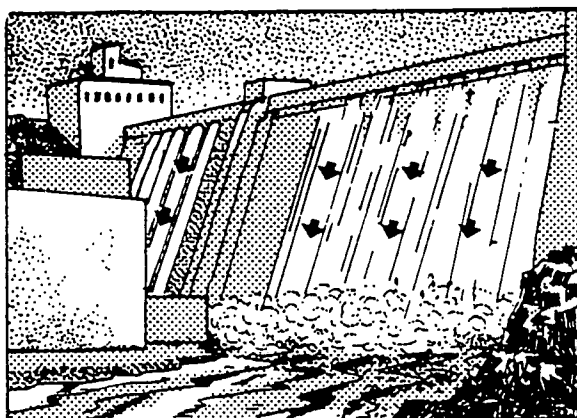


③

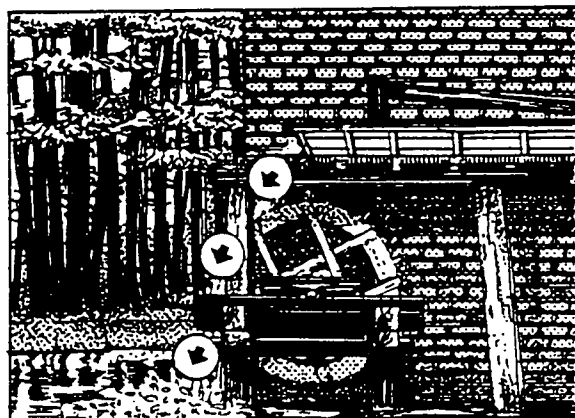
- A manier 1
- B manier 2
- C manier 3
- D alle drie evenveel

30\286

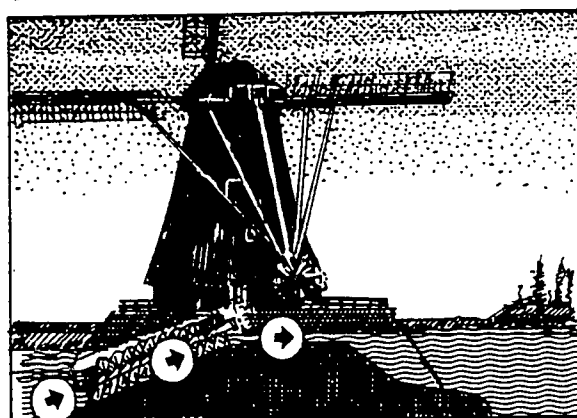
AC



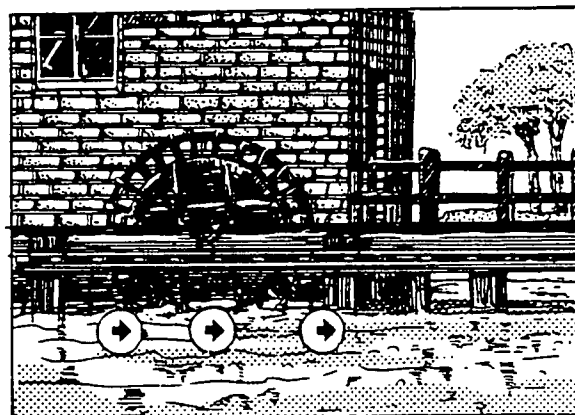
1



2



3



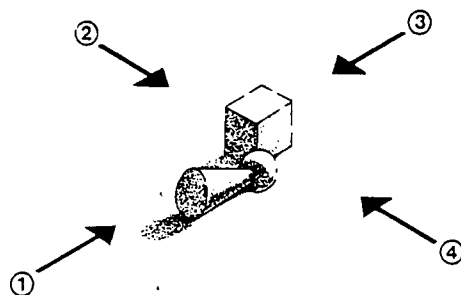
4

Uit stromend water kan energie worden gehaald.
In welke tekening is dat niet het geval?

- A tekening 1
- B tekening 2
- C tekening 3
- D tekening 4

30\312

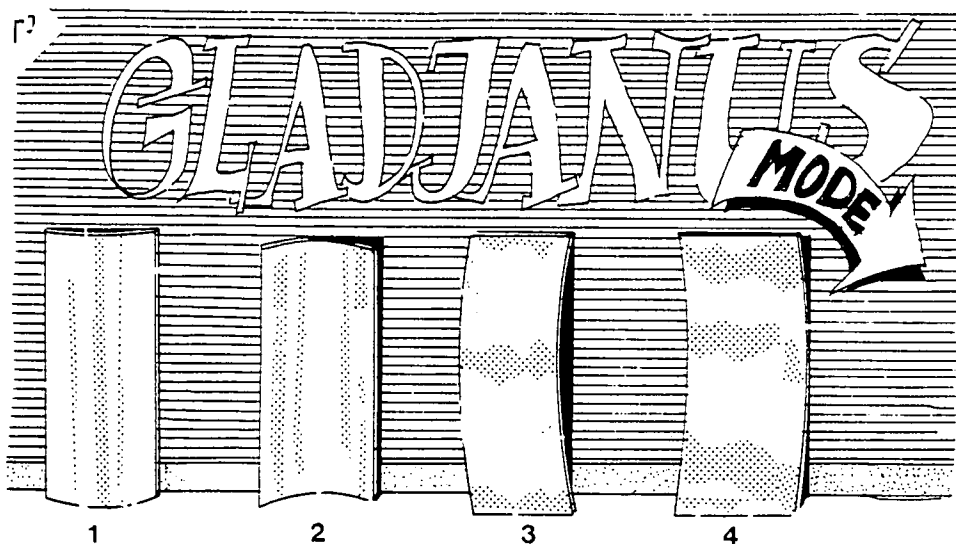
CD



Van welke kant komt het licht?

- A van kant 1
- B van kant 2
- C van kant 3
- D van kant 4

10\074



Een handige kledingverkoper wil zijn klanten er wat langer later uitzien dan ze in werkelijkheid zijn. Wat voor een soort spiegel kan hij dan het beste gebruiken?

- A spiegel 1
- B spiegel 2
- C spiegel 3
- D spiegel 4

10\146



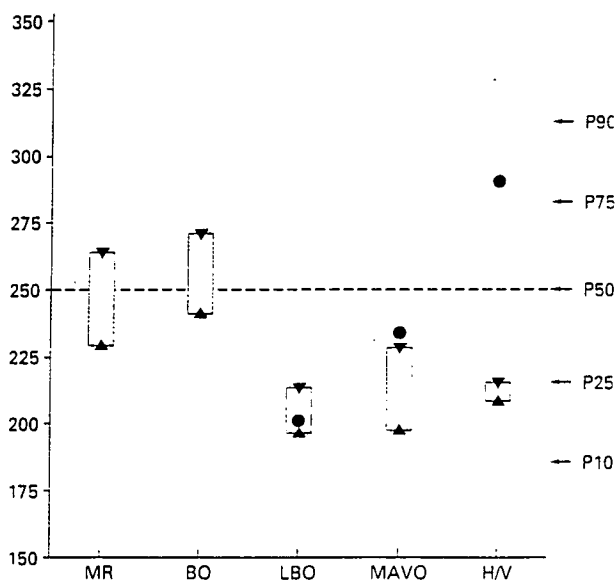


Fig. 8: Verwacht en gewenst niveau elektriciteit door diverse groepen respondenten

blijken de verwachtingen en vooral de wensen van LBO-leraren duidelijk hoger gespannen. MAVO-leraren onderschatten het feitelijke niveau en hun wensen komen daarmee grotendeels overeen. Bij Havo/VWO leraren is het beeld vergelijkbaar met dat bij biologie: hun wensen en verwachtingen liggen onder het niveau van de feitelijke instroom in dat schooltype. Kortom, de resultaten zijn mager, maar niemand vindt dat erg.

4.2 Samenvattend: het feitelijke niveau

Alle resultaten overziedend kom ik tot de volgende uitspraken over wat de gemiddelde leerling ongeveer zal beheersen:

- Een algemene en vanzelfsprekende lijn is, dat kinderen kennis hebben van verschijnselen uit het dagelijks leven. Ze zullen geen moeite hebben met aangeven, dat de druppel in een waterpas bovenin zit, waar de lichtbron is t.o.v. de schaduw of dat stelten diepere sporen in het zand nalaten dan schoenen. Veel moeilijker is de functie van smeltzekeringen, de uitslag van een weegschaal in een bewegende lift of het verdwijnen van geluid in vacuüm. Dat soort zaken moet je zijn uitgelegd en als dat op school -niet systematisch is gebeurd zullen alleen die kinderen vragen daarover goed beantwoorden, die dat op een andere manier te weten zijn gekomen.
- Drijven is een bekend verschijnsel en wordt door kinderen meestal beschouwd als een materiaaleigenschap. Kinderen begrijpen, dat de diepgang van een boot afhankelijk is van de lading. Het begrip opwaartse druk ligt moeilijker.
- Van lucht weten kinderen, dat het kan stromen, dat warme lucht opstijgt en uitzet en dat de druk een zuignapje vasthoudt. Maar dat begrip gebruiken bij de bekende proef met het omgekeerde glas water is veel moeilijker.

- Kinderen kennen enkele warmte-effecten, als stijging van temperatuur, geleiding door metalen, uitzetting, warmte door wrijving en smelten of verdampen. Maar schatten welke temperaturen in bepaalde situaties heersen (frituurvet, diepvries e.d.) kunnen veel kinderen niet.
- Kinderen weten dat geluid door trillingen ontstaat, wat de relatie is tussen toonhoogte en 'frequentie', en dat het geluid zich met een zekere snelheid transporteert.
- Over lichtverschijnselen krijgen de kinderen weinig onderwijs, op het bestaan van kleuren na. Niettemin weten ze iets over het ontstaan van schaduwen, het effect van spiegels, de vorm van een brandglas, en zelfs het begrip 'lichtjaar', al kunnen ze er niet mee rekenen. Ook brekingsverschijnselen en effecten van gebogen spiegels gaan te hoog.
- Kinderen kunnen goed overweg met enkelvoudige stroomkringen en de functie van de schakelaar daarbij. Ze kennen geleiders en isolatoren, maar dat koolstof elektriciteit geleidt gaat weer iets te ver. Ook de effecten van serie- of parallelschakelingen kunnen de meeste kinderen niet goed overzien.
- De aantrekkende en afstotende werking van magneten is bij de meeste kinderen bekend, elektromagnetische verschijnselen of inductie zijn dat zeker niet.
- Voor mechanica is in het lesaanbod weinig aandacht, behalve het bestaan van de zwaartekracht. Niettemin hebben kinderen wel kijk op het nut van schuine verbindingen als ondersteuning, het effect van druk in relatie tot de grootte van het oppervlak, de omkering van de draairichting bij tandwielen, het hefboomeffect bij kruiwagens en nijptangen en de functie van kogellagers. Merkwaardigerwijs bleken kinderen moeite te hebben met het vertragend of versnellend effect bij het overbrengen van draaibewegingen via wielen van verschillende diameter. Je zou op grond van het vele technische speelgoed daar meer bekendheid mee verwachten.
- Kinderen kennen aardolie, aardgas, zonne-, wind- en kernenergie als energiebronnen. Ze weten dat er schaarste dreigt en dat je daarom zuinige apparaten en lampen moet kiezen. Ze weten ook, dat olie kan vervuilen en kernenergie tot een afvalprobleem leidt. Meer moeite hebben ze met het aanwijzen van mogelijke omzettingen van elektriciteit of het herkennen van de zee als oorsprong van onze olie. Ook de feitelijke werking van een elektriciteitscentrale, de eventuele koppeling met stadsverwarming daarbij en het inzicht, dat drogen of afremmen ook energie kost gaat de gemiddelde basisschoolleerling te hoog.

De PPON meting geeft geen informatie over de beheersing van onderzoeksvaardigheden waarnemen, experimenteren en verwerken, zoals genoemd in de kerndoelen. Enig zicht daarop biedt het evaluatieonderzoek, dat op een aantal lesvoorstellen van het project NOB is uitgevoerd (Aert, 1990). Daarbij is ook getracht de leerwinst van de kinderen te meten op verschillende categorieën. In cijfers

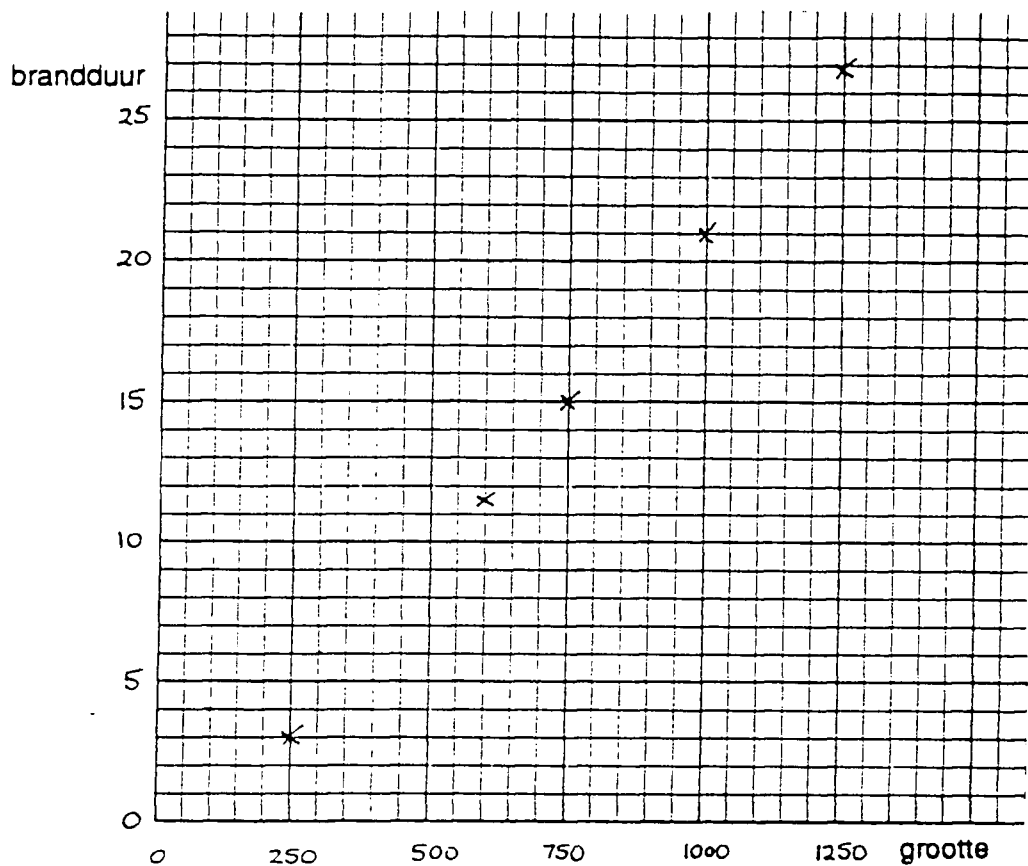
uitgedrukt kunnen de prestaties als volgt worden gewaardeerd:

- . kennis 7
- . plannen van onderzoekjes 5
- . interpretatie 7
- . grafische en symbolische representatie 9

Om een indruk te krijgen van de vaardigheid van leerlingen op deze punten, geef ik in fig.9 enige voorbeelden van testitems.

Vraag 2:

Vijf kaarsen, van dezelfde lengte, zijn aangestoken. Daarna is elke kaars onder een glas gezet. Elk glas was verschillend van grootte. De grafiek laat zien dat verschil in grootte zorgt voor verschil in brandduur.



Hoe groot was het glas waaronder de kaars stond die 21 seconden brandde?

- 250 cc
- 750 cc
- 1000 cc
- 1250 cc

Fig.9: Testitems uit het evaluatie onderzoek van NOB

Vraag 4:

Karel en Jan willen zo goed mogelijk onderzoeken of dunne kaarsen altijd eerder opbranden dan dikke kaarsen.

Voor het onderzoek nemen zij een dunne kaars en een dikke kaars van gelijke lengte. Ze steken de kaarsen tegelijk aan. Dan nemen ze de tijd op en kijken in hoeveel seconden elke kaars opbrandt.

Voeren Karel en Jan deze proef op een eerlijke manier uit?

- ja, want ze steken de kaarsen tegelijkertijd aan.
- nee, want de kaarsen zijn niet even lang.
- nee, want de kaarsen zijn niet even dik.
- nee, want zij voeren de proef maar één keer uit met één stel kaarsen.

Vraag 11:

Hieronder zie je een tabel waarin enkele stoffen staan. Verder zijn van deze stoffen enkele eigenschappen gegeven.

STOF	MET WATER	EN VERDER
gips	troebel en wit	
custard	troebel en geel	
waspoeder	troebel en schuim	groen met rode koolsap
suiker	helder	
zout	helder	
soda	helder	groen met rode koolsap, bruisen met azijn

Piet heeft een bakje gekregen met daarin twee door elkaar gemengde poeders. Als hij aan de poeders water toevoegt, wordt het geheel troebel en wit. Doet hij azijn bij het mengsel dan gaat het bruisen.

Uit welke twee poeders bestaat het mengsel?

- gips en zout
- gips en soda
- custard en soda
- custard en zout

Het bleek dat de kinderen met name in de bovenbouw op de eerste drie categorieën als gevolg van de NOB-lessen een kleine maar significante leerwinst hadden geboekt. Bij de laatste categorie niet en dat kon gezien de hoge resultaten ook nauwelijks. Deze uitkomsten sporen overigens met eerder onderzoek van APU uit Engeland, waar ook bleek, dat kinderen beter zijn in het omgaan met grafieken dan in het plannen van onderzoekjes. Hun plausibele verklaring daarvoor was, dat kinderen bij diverse vakken grafieken leren lezen en maken, maar alleen bij natuuronderwijs een bescheiden aanbod krijgen over het plannen van onderzoekjes.

4.3 Toekomstig eindniveau

Met een blik op de toekomst wil ik tenslotte proberen aan te geven welke instroom u mag verwachten als de kerndoelen gerealiseerd zouden zijn. Op grond van een voorlopige inhoudelijke analyse van de kerndoelen voor de niet-levende natuur, verwacht ik dat basisschoolleerlingen straks kunnen omgaan met de volgende begrippen:

* *Materiaal kenmerken*

- a. uiterlijke kenmerken: kenmerken van vloeistoffen, vaste stoffen en gassen (volume, kleur, geur, profiel, textuur);
- b. chemische eigenschappen: oplosbaarheid, brandbaarheid, giftigheid, zuurgraad;
- c. fysische eigenschappen: mechanische (gewicht, elasticiteit (rek), breekbaarheid, stevigheid, drijfvermogen), elektrische (geleiding, isolatie), thermische (geleiding, isolatie, temperatuur) en magnetische eigenschappen.

* *Verschijselen*

- a. warmte: faseovergangen (smelten, stollen, verdampen, condenseren, koken), temperatuur veranderen;
- b. de inwerking van andere stoffen: roesten, oplossen, verkleuren;
- c. evenwicht en beweging: bewegen (rollen, glijden, rijden, slingeren), wrijven, vertragen/versnellen, vervormen, drijven;
- d. geluid: geluid maken (trillen), toonhoogte en volume veranderen (snaren, klankstaven);
- e. licht: licht breken, licht weerkaatsen, kleuren mengen, schaduwvorming;
- f. elektriciteit: stroomkring, elektromagneet.

* *Toepassingen en risico's*

- a. de relatie tussen eigenschappen en functies bij alledaagse gebruiksvoorwerpen:
 - . kracht winnen (hefbomen, gereedschappen (schaar, tang), stevigheid bij constructies, katrollen);
 - . beweging vergemakkelijken (boten, speeltuintoestellen, tandwielen, kogellagers);
 - . licht beïnvloeden (lenzen, spiegels);
 - . temperatuur bewaren (koudgrepen, thermoskan, woningisolatie)

- b. hulpmiddelen en apparaten bij energieomzettingen:
 - . verlichting (lampen, stekkers, schakelaars, dynamo, kaarsen)
 - . temperatuurbeheersing (koelkast, kachel, fornuis, gasbrander)
 - . beweging (fiets, stofzuiger, ventilator)
- c. de gevaren van voorwerpen en materialen in de dagelijkse omgeving: verbranding, vergiftiging, verwonding, chemische aantasting, elektrische schok.

Het domein 'Basisvaardigheden' uit de kerndoelen laat zich als volgt specificeren:

* *Waarnemen en vergelijken*

- a. hulpmiddelen: het gebruik van eenvoudige determineersleutels (flora), thematische kaarten, kompas, handloep en verrekijker;
- b. gericht waarnemen: kiezen van de juiste aspecten gelet op de onderzoeksvraag.

* *Metten*

- a. meetinstrumenten: het gebruik van thermometer, liniaal, stopwatch, maatglas, weegschaal, regenmeter, veerunster, windrichtingmeter;
- b. werkwijzen: het belang van ijking, herhaling van metingen en berekening van het gemiddelde.

* *Experimenteren*

- a. een experiment ontwerpen:
 - . onderzoekbare vragen stellen;
 - . mogelijke uitkomsten als veronderstellingen formuleren;
 - . mogelijke beïnvloedende factoren onderscheiden;
- b. een eigen of aangeboden experiment systematisch uitvoeren:
 - . beurtelings factoren veranderen en de overige omstandigheden gelijk houden;
 - . systematisch waarnemen;
 - . factoren geleidelijk doen toe- of afnemen.
 - . uitkomsten met elkaar in verband brengen en de juistheid van een veronderstelling afleiden.

Of dit door de kerndoelen geïmpliceerde niveau de komende jaren ook daadwerkelijk gehaald wordt hangt voor een deel ook van u, leraren VO, af. De PPO peiling liet zien, dat met name HAVO/VWO leraren hun feitelijke instroom veel te laag inschatten. Daaruit leid ik af, dat VO-leraren niet rekenen op een bijdrager van het basisonderwijs aan de natuurwetenschappelijke vorming en van een of andere denkbeeldige nullijn beginnen. Voor basisschoolleerkrachten is dat uiterst frustrerend. Als VO-leraren de kerndoelen veel meer serieus als beginsituatie zouden hanteren, dan werpt dat zijn schaduw vooruit en worden basisschoolleerkrachten gestimuleerd en gemotiveerd om dat niveau ook na te streven. Daarmee heeft u een

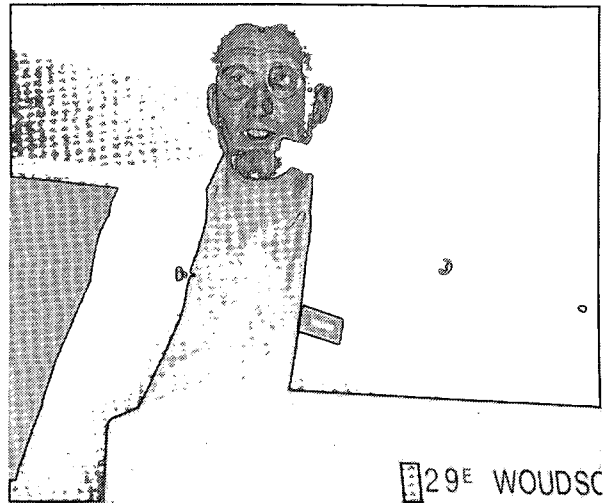
toekomstige niveauverhoging van uw eigen onderwijs deels in eigen hand. Graag wens ik u daarbij veel succes!

5. Literatuur

- Aert, L.C.M. van & J.J.H. van den Akker (1990). *Natuuronderwijs in de lespraktijk*. Enschede: Universteit Twente.
- Akker, J.J.H. van den (1988). *Ontwerp en implementatie van natuuronderwijs*. Lisse: Swets en Zeitlinger.
- Commissie Evaluatie Basisonderwijs (1994). *Zicht op kwaliteit*. Den Haag: SDU.
- Inspectie van het onderwijs (1993). *Natuuronderwijs, nader bezien*, Den Haag: SDU.
- Pilgram, P.M. (1987). De natuurwetenschappelijke vorming op de basisschool. In: *10 jaar leerplanontwikkeling, het natuurwetenschappelijk onderwijs*. Enschede: Instituut voor de leerplanontwikkeling SLO.
- Project Natuuronderwijs op de Basisschool (1991a). *Natuuronderwijs in grote lijnen*. Enschede: Instituut voor de Leerplanontwikkeling SLO.
- Project Natuuronderwijs op de Basisschool (1991b). *Bronnenboek Natuuronderwijs (4 delen)*. Enschede: Instituut voor de Leerplanontwikkeling SLO.
- Vaan, E. de & J.Marell (1994). *Praktische didactiek voor natuuronderwijs*. Bussum: Coutinho.
- Weerden, J. van e.a. (1993). *Balans van het wereldoriëntatie-onderwijs aan het eind van de basisschool*. Arnhem: Instituut voor Toetsontwikkeling Cito.

De lol van het practicum

P.J. Wippoo



Dat er tegenwoordig zoveel practicum wordt gegeven, komt omdat er zoveel leraren zijn die dat leuk vinden om te doen. Een gemotiveerde leraar is motiverend voor leerlingen, dus daarom heeft practicum logischerwijs succes.

De leraar stelt wel als eis, dat het practicum op zijn of haar manier gebeurt. Als dat niet kan, dan vaak geen practicum. Zo ontstaan enorm veel soorten practicum. De vrijheid van de leraar komt bij practicum-lessen het meest tot uiting. Er is wel overleg, maar toch is het mogelijk zelfs binnen één school met goede afspraken verschillende culturen aan te treffen. Bovendien zorgen leerlingen ook altijd voor verrassingen.

Met fototoestel en videocamera ben ik gaan kijken bij collega's met het idee om de verschillende culturen in kaart te brengen. Om dat 'goed' te doen, is een studie van jaren nodig, dus mijn bevindingen en opmerkingen zijn zeker niet representatief voor wat voor wetenschappelijke conclusie dan ook. Het lijkt een beetje op een willekeurig TV-programma. Ik praat dia- en videobeelden aan elkaar en organiseer zo mogelijk ter plaatse een practicum, waarbij ik de hulp van collega's inroep. 'Live' dus.

Practicum is niet echt iets nieuws, zeker niet voor Woudschotengangers. Maar dat betekent nog niet dat practicum voor iedereen hetzelfde voorstelt. Het bestuur van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek vroeg Hubert Biezeveld een lezing te houden over verschillende manieren van practicum. Tenslotte waren de werkgroepen die hij samen met Louis Mathot verzorgde in het verleden altijd toppers. Hubert zag een lezing niet zitten, maar vond het wel leuk als ik met de videocamera zijn lessen bijwoonde. Zelf ben ik in maart 1968 begonnen op het Rotterdams Montessorilyceum met de opdracht om een practicum op te zetten. Het eerste practicum was met de calorimeter. Toevallig is dat ook het enige natuurkundepacticum, dat ik zelf op de middelbare school heb gedaan. De discipline van het verwarmen van blokjes in kokend water was voor mij zo vanzelfsprekend, dat ik precies wist wat ik bedoelde toen ik de instructie schreef: *verwarm het blokje koper tot 100 graden*. Ik zie nog die jongen - Fred heette hij -

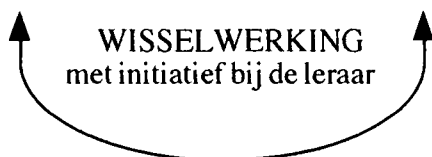
met dat blokje koper aan een koperen hengel in de vlam en hoor hem vragen: *Wanneer is het nu 100 graden meer?* Op dat moment voelde hij aan de vingers hoe heet het al was en liet de hengel los. Het blokje brandde een diepe schroeivlek in de tafel. Hij schrok weer, pakte het blokje snel op en ..au.. weer liet hij het vallen. Nog een schroeivlek. Mijn oudere collega was zo trots op die mooie tafels: geen krasje te zien en nu... Dat is dus nooit meer goed gekomen.

Op het Montessorilyceum ben ik ook wiskunde gaan geven en van die collega's heb ik veel inspiratie opgedaan. Er werd gewerkt met dunne zelfgeschreven boekjes over één onderwerp of vaardigheid met uitleg en veel oefeningen. In een trimester moesten de leerlingen verschillende boekjes doorgewerkt hebben. Was je klaar, dan nam je een ander boekje, waarbij je kon kiezen tussen verdieping of een volgend onderwerp. Van alle onderwerpen moest je in ieder geval het eerste boekje hebben gedaan. Tijd en aanbod dwongen om minstens een of twee keer te verdiepen. Proefwerken bestonden uit strookjes: elke leerling had een eigen samenstelling van vragen. Met die methode heb ik op mijn tweede school, de scholengemeenschap Snellius te Amstelveen, gewerkt. Op de Woudschotenconferentie in 1976 is hierover gerapporteerd. Graag laat ik wat dia's uit die periode zien. Aan de dia's is nauwelijks te zien, dat ze 20 jaar oud zijn. Alleen de rekenliniaal aan de muur verraadt dat. De laatste dia is een striptekening uit 1972 van Wim Stevenhagen. Die illustreert dat een leerling natuurkunde pas leuk vindt, als die dat zelf vindt.

Practicum is dus leuker dan opgaven maken of luisteren of opletten. Voor de school is practicum een klantenbinder. Op open avonden maken scholen goede sier met hun leuke proeven, waarvan de broertjes en zussen, die al op school zitten, zich afvragen wanneer dat aan de orde is geweest. In zijn lezing heeft Ed van den Berg verteld, dat practicum niet eens zo nuttig is om natuurkunde beter te begrijpen. Dat is wetenschappelijk bezien, maar veel leerlingen zijn ook niet op zoek naar de principes van de natuurkunde. Het schoolrendement is bij practicum wel groter; het wetenschappelijk rendement misschien niet.

Practicum moet wel deel uitmaken van de normale werkzaamheden, en niet bijzonder zijn. Leerlingen functioneren het best bij regelmaat en een vast systeem. Ze moeten het nut blijven zien. In de sheet zie je de wisselwerking:

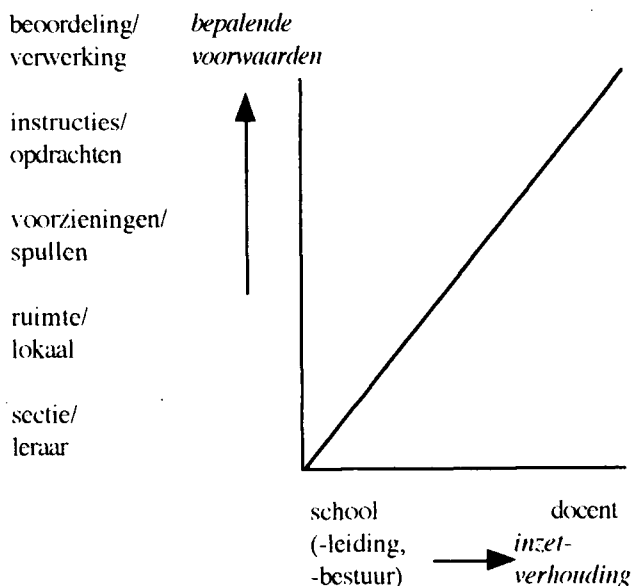
Wat wil de leraar?	Wat wil de leerling?
1. serieus werk	1. spelen
2. betere verwerking leerstof	2. betere cijfers
3. investering voor verdere studie	3. inzicht in het belang van de opdrachten



Een practicum dat leerlingen 20 jaar geleden boeiend vonden, kan nu saai zijn. Dat ligt aan een andere tempo-norm, aan een teruggelopen leesvaardigheid, aan de ZAP-cultuur van het TV-kijken. Leerlingen kijken liever naar een voorbeeld, dan dat ze een handleiding lezen. Laten we nu ook maar gaan kijken naar de videobeelden, die ik in november in de lessen van Hubert Biezeveld hebt gemaakt.

(Op de band staat eerst een stukje practicum in klas 2 gymnasium. Met een tijdtikker worden stippenstroken gemaakt van verschillende bewegingen. De uitleg van de tijdtikker gebeurt vooraf klassikaal door de leraar. Het geloop door het lokaal en het gepraat van leerlingen veroorzaakt wel rumoer, maar het weerhoudt de leerlingen niet om flink aan de gang te zijn. Door tijdgebrek wordt niet alles getoond: een oscilloscooppracticum in 4 vwo en beelden uit een practicum schoolonderzoek worden doorgespoeld).

Een practicumles vergt altijd voorbereiding. Belangrijk is ook de lange termijn-voorbereiding. Je moet een geschikt lokaal of een andere werkruimte creëren. Je moet de goede spullen hebben. Je moet instructies op papier hebben of in ieder geval weten te vertellen wat van de leerlingen verwacht wordt. Je moet het werk van de leerlingen waarderen en evalueren. Het succes hangt af van de inzet van de school(directie) en van de leraar zelf. Het verband is ongeveer zoals op de volgende sheet. Practicum is meestal een individuele activiteit. Spectaculairder is het als de hele klas aan één proef werkt. Zo combineer je de voordelen van 'iets doen' met de voordelen van een klasgesprek. Op de video staan daarvan een paar voorbeelden.



(Beelden van 'practicum op de gang' in Hoorn bij de les van Hubert Biezeveld. Eerst een snelheidsmeting. Een speelgoedauto wordt voortgetrokken door een koord, dat om een conservenblik wordt gewikkeld door het draaien van de grammofoondraaitafel waar het blik op staat. Langs de baan zitten leerlingen met tussenruimte van 1 meter met een stopwatch. Ze starten gelijk en stoppen de stopwatch als de auto hun streep voorbij komt. Daarna de proef met de schommels, zoals beschreven in het NVON-maandblad 18 (1993) nr. 10 p.434.)

Zelf in beweging zijn en daar iets van leren: de stap naar de gymnastiekles ligt dan voor de hand. Ik laat daarvan twee succesnummers zien. Mijn vrouw Joke geeft gymnastiek aan een basisschool in De Wijk en heeft een aantal oefeningen bedacht die behendigheid en natuurkundig inzicht combineren.

Een bank hangt aan één kant in de ringen en aan de andere kant staat deze op wieltes op de grond. Je krijgt zo een helling. Als een leerling op de bank springt, gaat deze rijden, en krijg je een schommelbeweging. Door over de bank heen en weer te lopen in het juiste tempo komt de slinger in resonantie en wordt de amplitude steeds groter.

U ziet ook een variant op touwtje springen. Alle kinderen staan in een kring met de juf in het midden. Die slingert een touw met een lengte van 4 m rond. Als het touw voorbij komt springen de kinderen op. Het gaat om het aantal rondjes zonder dat iemand vergeet te springen. Het is ook een variant op de 'wave' in het stadion. Het hardop tellen geeft een maat-impuls, zodat een aantal kinderen tegelijk opspringt, maar de wave is toch herkenbaar.

Met zoveel mensen in deze zaal kunnen we onderzoeken of de 'wave' wel aan natuurkundige wetten, zoals $l = vT$ voldoet. Ik heb twee stopwatches: daarmee kunnen we de tijd meten. We moeten ook de afstand weten. In plaats

van een meetlint heb ik hier een afstandsmeter zoals makelaars die gebruiken. Ik richt op de muur, druk op de knop en lees af als ik de piepjes hoor: 9 m vanaf het midden tot de pilaren aan de zijkant. We beginnen aan de rechterkant: op tijdstip nul staat de eerste op. Zodra die in beweging is, gaat de volgende staan, enzovoort. De golflengte is niet alleen de afstand afgelegd in één trillingstijd, maar ook de afstand tussen twee toppen. Maar dan moeten er wel minstens twee toppen zijn, dus moet iedereen niet één keer maar twee keer achter elkaar gaan staan en gaan zitten.

Als een dirigent loop ik nu van rechts naar links om het moment van opstaan aan te geven.

We meten de voortplantingssnelheid. De ene tijdwaarnemer meet 8,6 s, de andere 9,2 s, gemiddeld $8,9 \text{ s} \pm 0,3 \text{ s}$; dus 18 m in afgerond 9 s, is 2 m/s: de snelheid waarmee ik van rechts naar links ben gelopen.

Met een videocamera is de wave gefilmd. Doordat de camera met de kop van de golf mee is gegaan, is de golflengte helaas zo niet meer te meten. Maar de proef kan herhaald worden in elke klas!

Met muziek bewegen we beter in de maat, maar door tijdgebrek laten we deze proef achterwege. Ik bespaar U de mooiste liederen van André Hazes en het Nederlands elftal. Wel wil ik nog een poging doen om de geluidssnelheid te meten. Ik heb twee fietstoeters en geef die aan iemand links en aan iemand rechts aan het uiteinde van de zaal.

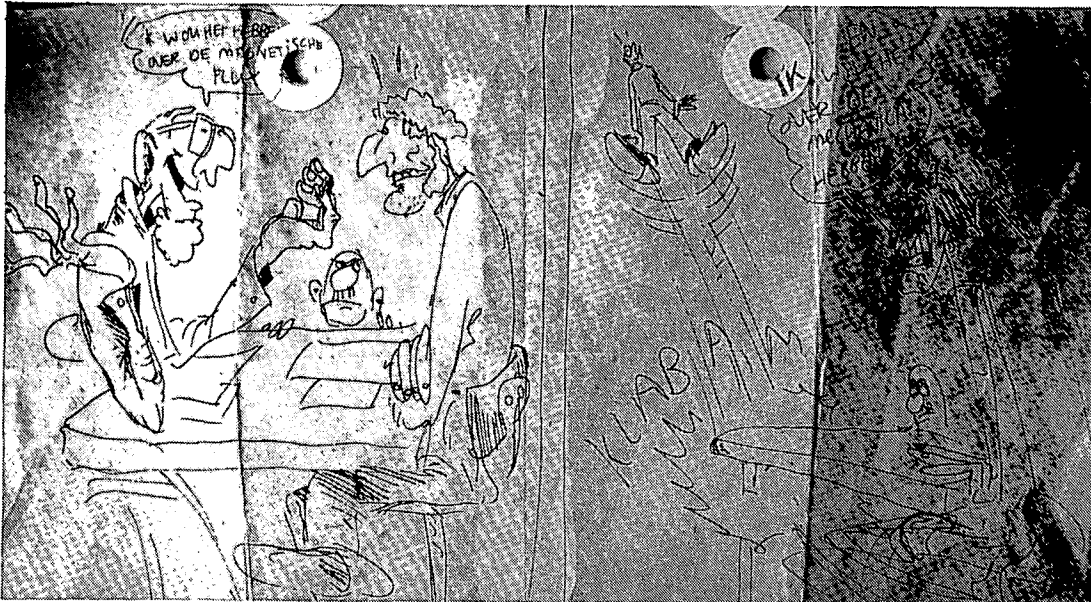
Uw medewerking zal beloofd worden met een boekje met leuke proeven. Op tijdstip nul begint de rechter toeter. Zodra de ander de andere toeter hoort, toetert die terug. We tellen dan het aantal keer dat we een toeter horen in bijvoorbeeld 10 seconden.

Het resultaat levert wel een erg langzame geluidssnelheid op. In de klas had ik een afstand van 6 m en we telden in 10 seconden 30 toeters. Met een frequentie van 3 Hz krijg je dan een signaalsnelheid van 18 m/s. De reactietijd speelt een grotere rol dan de geluidssnelheid.

Door een proef te doen, bedenkt u nieuwe proeven. Zo blijft u betrokken en actief. Leerlingen vinden het leuk om mee te doen, en zien de lol er van in. Ik hoop U ook.



Tijdens de lezing: wave, de kop van de golf (de wave) is goed te zien.



Tekening van Wim Steenhagen: Leerlingfantasie over een mondeling examen



Practicum bij Hubert Biezeveld in Hoorn

De krenten in het klokhuis

H. Blankesteyn



Het Klokhuis is een televisieprogramma voor kinderen van (sinds 1 januari 1995) de NPS (Nederlandse Programma Stichting). Het wordt dagelijks uitgezonden om 18.40 uur via Nederland 3. Het Klokhuis is een populair en hoog gewaardeerd programma. De kijkcijfers liggen rond de 700.000 en de waardering in de buurt van de 8. Een hogere waardering komt bijna niet voor.

Een deel van onze populariteit onlenen we domweg aan het feit dat we dagelijks uitzenden. Met dagelijkse uitzendingen - Rob Out wist het al - ben je bekend en weet iedereen je te vinden. Het Klokhuis is lekker kort en binnen het programma heb je ook nog eens een sandwichstructuur van informatieve en dramatische onderdelen. De affaire van een jaar of vijf geleden (zo lang alweer?), toen we van NOS-wege met opheffing werden bedreigd, heeft ons ook veel goed gedaan. Daarvoor leidden we een degelijk maar onopvallend bestaan. Erna waren we beroemd. Iedereen wilde dat bedreigde programma wel eens zien en veel mensen bleken het leuk te vinden. Tenslotte is het Klokhuis natuurlijk een leuk programma doordat het ergens over mag gaan - een bijzonderheid op de Nederlandse televisie - en doordat de makers een hoge mate van vrijheid genieten.

Waarom is deze fysicus niet gewoon iets met fysica gaan doen? Onvoldoende doorzettingsvermogen voor onderzoek en te laf om voor de klas te staan, hou het daar maar op. Vanaf de eindfase van de studie gestreefd naar loopbaan in de (wetenschaps-)journalistiek en daar door gelukkige omstandigheden (afgekeurd voor dienst, op een toevallig leegstaande stoel geploft bij de TV) in geslaagd. Ik realiseer me terdege het verschil tussen onze werkwijze bij het Klokhuis en die in het onderwijs: wij volgen min of meer lierefluitend onze eigen nieuwsgierigheid (als het programma een geïnspireerde indruk maakt komt het zeker mede daardoor), kortom we doen maar wat, terwijl jullie je aan leerplannen en zo hebben te houden. Heilig respect mijnerzijds voor degenen die deze verplichte kost

op een aansprekende en doeltreffende manier weten over te brengen.

Om het eens op de natuurkunde toe te spitsen: de natuurkundige onderwerpen die je in Het Klokhuis tegenkomt (Elektriciteit, Magnetisme, Botsen, Vloeistoffen, Schijnkrachten,...) zijn de krenten uit de pap van de fysica van de middelbare school. Het zijn de onderwerpen die zich voor een korte behandeling lenen en die rijkelijk met visuele elementen, bijvoorbeeld proefjes, zijn te larder. Dat moet ook wel, want we mikken op de hoogste klassen van de basisschool. Dat betekent: iets minder brood en wat meer jam, om het zo maar te zeggen. Een onderwerp als statica taxeer ik als te moeilijk en te arm aan visuele mogelijkheden om in Het Klokhuis te doen. (Dit leidde tijdens de lezing en na afloop tot enige discussie; ik houd het er maar op dat ik voldoende onderwerpen weet die ik *makkelijker* kan realiseren dan statica.) Overigens is televisie in mijn persoonlijke opvatting niet een geschikt medium voor het overdragen van feitelijke informatie (wat onthoudt u van het weerbericht?). Een indruk is alles wat er blijft hangen, bijvoorbeeld dat je van botsingen wel iets meer kunt zeggen dan Boem. De rest komt wel door vragen, lezen of ondervinding.

Het komt ons wel ter ore dat afleveringen van Het Klokhuis in het onderwijs worden gebruikt, meestal gaat het om op eigen initiatief door de docent opgenomen uitzendingen. We juichen dat toe, maar we maken de programma's niet met dat doel en zullen ons er ook niet door laten beïnvloeden. Zoals we ook merken dat veel volwassenen meekijken. Dat is leuk maar als we ons daarom (gedeeltelijk) op volwassenen zouden gaan richten, zouden we de oorspronkelijke doelgroep uit het oog verliezen. Bovendien, als het onderwijs onze programma's geschikt vindt zoals ze zijn, en volwassenen vinden ze leuk, wat zouden we dan moeten veranderen? Het blijkt dat als je een programma maakt, speciaal voor kinderen, waarin je de kinderen serieus neemt en ze niet benadert als debielen,

dat dan volwassenen het resultaat ook aangenaam vinden. Die worden immers in programma's voor volwassenen al vaak genoeg als debielen behandeld. Je zou dat zelfs als definitie kunnen aannemen van een goed kinderprogramma: een kinderprogramma (kinderboek, noem maar op) is pas echt goed als het naast kinderen ook volwassenen aanspreekt.

Doordat onze filmpjes op zo veel manieren worden toegepast (exposities bijvoorbeeld) wordt ons vaak om bandjes gevraagd. Niet alleen van complete uitzendingen, of van alle fysica-onderwerpen van een bepaalde periode, maar ook: 'is er geen bandje te krijgen met alle bijdragen van de kok Alberdingk Thijm?' Zulke bandjes zijn er dus in principe niet. Het is ons doel niet om zo'n handel te drijven, we moeten ook programma's maken, we mogen geen commerciële activiteiten ontplooiën en we zijn minder handig dan de jongens van Veronica, maar er zijn ook meer fundamentele bezwaren. We gebruiken nogal eens archiefmateriaal en betalen dan rechten voor één, twee of drie uitzendingen. In verkoop op band aan derden wordt niet voorzien - of we zouden gaan betalen voor iets wat misschien nooit gebeurt - en is ook veel ingewikkelder wat rechten betreft. Zoiets achteraf dan alsnog gaan regelen is ook geen pretje, vandaar dat we er niet naar streven. Als kijker kan iedereen een band bestellen van één bepaalde uitzending. Die bilaterale relatie is rechtstechnisch wat eenvoudiger - en zo'n band kost dan een gulden of vijftig. Maar ook dat vinden we maar lastig, dus neemt u alstublieft die programma's op. Dinsdag is de levende-natuur-dag en woensdag is de natuurwetenschappen-techniek-dag. Programmeer de video elke week (een waardeloze uitzending wist u gewoon weer) en het is gegarandeerd een keer raak.

Wat het onderwijs aan het Klokhuis heeft weten jullie dus beter dan ik. Omgekeerd hebben wij zeker wel iets aan het onderwijs. We hebben er zelf het nodige van gehad, hoewel ik niet zo zeker weet of zes jaar academische studie echt noodzakelijk is geweest voor het werk dat ik nu doe. Meer in het bijzonder kunnen we bijna altijd op hulp rekenen wanneer we aankloppen bij een universiteit, een school (zij het middelbaar of basis), of een leermissenhandel, voor rekwisieten, ideeën of opstellingen voor proefjes, of voor een opnamelocatie. We voelen ons dan vaak profiteurs omdat we daar hoegenaamd niets tegenover kunnen stellen. Naamsvermelding mag niet of nauwelijks, betaling is zeer *tricky*. We doen wel eens een CD met liedjes cadeau - die is trouwens ook te koop! Vraag niet waarom dat nu weer wel kan. Er zit in elk geval geen archiefmateriaal in.

Het Klokhuis gaat wel eens in zee met organisaties die een filmpje gerealiseerd zouden willen zien over een bepaalde materie; in zo'n geval is er vaak een of andere connectie met onderwijs of in elk geval met educatie over een bepaald onderwerp. Het moet dan wel een onderwerp zijn dat zonder meer in Het Klokhuis past. Extra kosten

in verband met reizen of het laten maken van animaties wordt dan soms door de derde partij geheel of gedeeltelijk betaald. Toch zijn we daar niet eens gek op en het komt bijna nooit voor dat wij initiatieven nemen in die richting. Het omgekeerde is wel eens gebeurd: dat we een dergelijk voorstel van elders afsloegen omdat niemand het onderwerp zag zitten, en dat we na verloop van tijd inzagen dat het onderwerp wel degelijk de moeite waard was. Het resultaat was een prima filmpje, gemaakt zonder financiële extra's. We maken een onderwerp pas als we er zin in hebben; dan wordt het ook het leukst. In dat opzicht zijn we net verweende kinderen.

Practicum en probleemoplossen

G. Verkerk

Waarom practicum?

Natuurkunde wordt in de praktijk theoretisch en experimenteel bedreven. Naar aanleiding hiervan heb ik in het verleden al vele malen opgemerkt dat dit impliceert dat leerlingen in het natuurkunde onderwijs ook kennis dienen te maken met het experiment. Het kan uiteraard niet de bedoeling zijn dat docenten natuurkunde zich in verband hiermee beperken tot demonstratieproeven.

Bij het vak "tekenen" beperkt de leraar of lerares zich immers ook niet tot het praten over de techniek van het tekenen, het zelf maken van tekeningen terwijl de leerlingen toekijken en het demonstreren van tekeningen van zichzelf en anderen: er zal ook door leerlingen getekend moeten worden. En bij het vak "engels" (in woord en geschrift) is het toch ook niet voldoende dat de leraar of lerares aan leerlingen engelse tekst voorleest, vertelt over literatuur en mooie monologen in het engels voert: ook leerlingen moeten praten.

OK, over de noodzaak om leerlingen bij het vak "natuurkunde" zelf proeven te laten uitvoeren (practicum te laten doen) zijn we het wel eens. Overigens wordt deze gedachte door alle officiële documenten over natuurkunde onderwijs bevestigd. Ik denk hierbij o.a. aan eindexamenprogramma's en kerndoelen basisonderwijs.

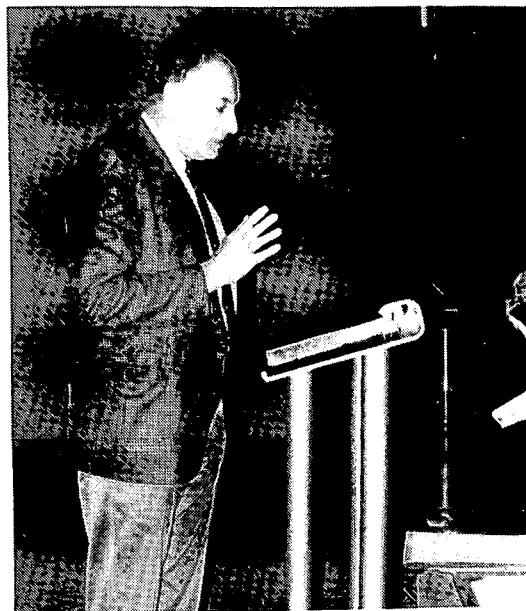
Ook aan doelen van practicum heb ik, en met mij vele anderen, in het verleden al veel woorden besteed, vele stukken geschreven. Ik ben dus eventjes in mijn practicum-archief gedoken.

Practicum in de onderbouw

In 1975 heeft Schröder, in navolging van Kerr (UK) een tiental algemene doelen van practicum geformuleerd en onder de deelnemers van de vakantie cursus over natuurkundepracticum nagegaan welke doelen zij het belangrijkste vonden voor de onderbouw en welke voor de bovenbouw.

Voor de onderbouw viel het accent op:

1. Het wekken en vasthouden van interesse in een natuurkundig onderwerp.



2. Het meer op de werkelijkheid betrekken van fysische verschijnselen door daadwerkelijke ervaring.

Deze doelen betekenen in de praktijk dat het practicum in de onderbouw op harmonieuze wijze ingepast behoort te zijn in het natuurkunde onderwijs. Leerlingen leren bijvoorbeeld uit eigen ervaring dat meetfouten inherent zijn aan het meten. Zij leren werken met apparatuur, meten en metingen verwerken. Bij demonstratieproeven kan de leraar of lerares laten zien hoe het moet en bij het practicum krijgen de leerlingen de kans om zelf te experimenteren. Tijdens het practicum is de leraar of lerares overal en nergens.

Enerzijds worden door hem of haar belemmeringen weggerukt en wordt er aangemoedigd tot eigen initiatieven. Anderzijds behoren de leerlingen ruimte te krijgen om hun eigen ideeën te toetsen ook al zitten ze "op een verkeerd spoor". Zowel de organisatie van het practicum zelf als de afronding (meetrapportje of verslag) dienen een zodanige vorm te hebben dat de leerlingen gemotiveerd en geïnteresseerd blijven. Enige variatie van practicumstructuur in de onderbouw is gewenst. Men kan daarbij denken aan practica met een vrij gedetailleerde practicumstructuur aan de ene kant en aan onderzoeksachtige activiteiten voortkomend uit een open opdracht aan de andere kant. Van kookboekinstructies of werkbladen ben ik overigens niet zo'n voorstander. Ze nemen in het algemeen te veel eigen initiatief van de leerlingen weg en leiden te gemakkelijk tot het domweg uitvoeren van de opdrachten en het invullen van werkbladen. Ook verslagen maken dient mijns inziens gedoseerd te worden. Het mag zeker niet leiden tot alleen maar werkverschaffing voor de leraar of lerares en voor de leerlingen.

Naar mijn waarneming is practicum bij natuurkunde in de onderbouw, in de basisvorming eerder regel dan uitzondering en is de werksfeer tijdens de practica goed. U, collega's in de onderwijspraktijk zult dat in het algemeen kunnen beamen. U voelt die goede werksfeer bij practicum aan. Wilt u toch eens wat meer zekerheid verkrijgen of de natuurkunde in het bijzonder het practicum de leer-

lingen boeit, dan kunt u eens een vragenlijstje hanteren. Oordelen de leerlingen matig of negatief, dan doet u het verkeerd!

Misschien is er vaktechnisch niets op uw organisatie van practicum aan te merken, maar is het saai door de correctheid van uw instructie, waardoor de leerlingen ontmoedigd raken. Of misschien laat u ze te veel verslagen maken, doet u aan werkverschaffing. Vraagt u het ze zelf maar!

Practicum in de bovenbouw

Voor de bovenbouw (vwo) waren de belangrijkste doelen voor practicum volgens de deelnemers aan de vakantie-cursus in 1975:

1. Kennismaken met en leren van de natuurwetenschappelijke wijze van probleemoplossen.
2. Een integraal deel zijn van het proces van het vinden van feiten door onderzoek en het daardoor komen tot principes.

Deze doelen vinden we enigszins omgewerkt terug in de eindexamenprogramma's, eerst van de CMLN en daarna van de WEN. Evaluatie van practicum in de bovenbouw is een verplichting in het schoolonderzoek geworden en in de toelichting bij het WEN-programma is door de WEN zelfs gepleit voor een experimentele onderzoeksopdracht ook wel experimenteel open onderzoek genoemd. Gesteld kan worden dat hiermee een formele realisatie heeft plaatsgevonden van de ideeën van Steller, die in zijn proefschrift en in veel publikaties na het verschijnen van zijn proefschrift gepleit heeft voor een serieuze invulling van experimenteel werk in het voortgezet onderwijs. In de praktijk werkt slechts een beperkt aantal collega's zoals bedoeld. Zij hebben het experimentele werk nadrukkelijk opgenomen in hun bovenbouwcurriculum en zij evalueren dit met interessante onderzoeksopdrachten die door leerlingen individueel of in groepjes uitgevoerd worden. Helaas komt het praktisch werk bij te veel collega's er nog steeds bekaaid van af. Zij voelen zich teveel belemmerd door het, naar hun mening, inhoudelijk te omvangrijke examenprogramma, door de grote inspanningen die het opzetten en organiseren van een goed practicumprogramma van hen vereist en door praktische zaken zoals onvoldoende technische ondersteuning of gebrek aan materiaal. Men stelt zichzelf en ook anderen dan, ter verdediging van hun eigen nalatigheid, de vraag "Practicum: leren ze er wat?"

Wat is leren?

Om deze vraag te beantwoorden maak ik een uitstapje naar de cognitieve psychologie. Volgens de huidige inzichten is leren een actief proces. Er heeft in de opvattingen over onderwijs een verschuiving plaatsgevonden van overdracht van kennis (door de leraar of lerares) naar verwerving van kennis (door de leerlingen), van instructie-variabelen (een goed verloop van de les) naar leervariabelen (onthouden, leren, denken, probleemoplossen) en naar studievaardigheden (vergelijk met de ideeën van de stuurgroep Profiel).

In het Constructivisme wordt leren zelfs een actief constructief proces genoemd of, nog verdergaand, een actief, doelgericht, cumulatief, constructief en diagnostisch proces. Constructief leren betekent concreet dat nieuwe informatie gekoppeld wordt aan bestaande voorkennis. Beide werken op elkaar in en beïnvloeden elkaar. Omdat de voorkennis van leerling tot leerling verschilt, zeker als het gaat om kennis uit de dagelijkse leefwereld voor leerlingen die beginnen met een nieuw vak of een nieuw onderwerp, zal het eindresultaat m.b.t. de opgedane vakkennis verschillend zijn. Een uniforme onderwijsaanpak is dus eigenlijk niet mogelijk. Bovendien zal de voorkennis ook minitheorieën en zgn. misconcepties bevatten. Hieronder verstaan we opvattingen over de werkelijkheid die wetenschappelijk onjuist zijn en die in het algemeen het leren beïnvloeden of zelfs zullen belemmeren. Leren wordt, modelmatig, ook wel gezien als een proces waarin geheugen-schemata of kennisvelden ontwikkeld en geïntegreerd worden (zie o.a. in Boekaerts en Simons, Leren en Instructie).

Hoe ziet zo'n geheuenschema eruit? Men kan een geheuenschema zien als een entiteit van kennis in het (lange termijn) geheugen dat min of meer samenhangend netwerk van gegevens en relaties omvat. Gebruikelijk onderscheidt men drie niveaus, drie gebieden van kennis (fig.1).

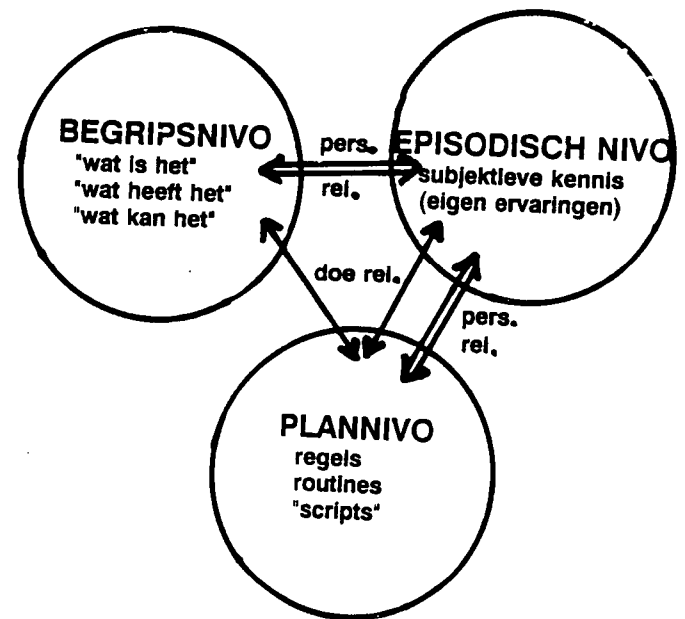


Fig.1: Het geheuenschema

Op begripsniveau ligt informatie die betrekking heeft op de betekenis van begrippen. Deze kennis geeft het eenvoudigste antwoord op vragen als "wat is het" en "wat heeft het" of "kan het".

Op episodisch niveau is de persoonlijke of subjectieve kennis opgeslagen die het resultaat is van eigen ervaringen. Deze kennis sluit dus in eerste instantie aan bij de eigen leefwereld en is sterk persoonsgebonden.

Op planniveau liggen regels, routines en opeenvolging van handelingen opgeslagen. Men spreekt ook wel over procedurele kennis tegenover declaratieve kennis op begrips- en episodisch niveau.

Vanuit het episodisch niveau zijn er verbindingen (koppelingen) met het begripsniveau en planniveau in de vorm van persoonlijke relaties. Bijvoorbeeld gekoppeld aan het begrip lens: mijn oma heeft een bril met hele sterke glazen. Verder zijn er verbindingen tussen het planniveau enerzijds en begripsniveau en episodisch niveau anderzijds. Men spreekt hier over doe-relaties. Om opdrachten en handelingen of een reeks handelingen (scenario's of scripts) met succes te kunnen uitvoeren moeten er verbindingen bestaan met relevante deklaratieve kennis. Om bijvoorbeeld een experimentele opstelling te kunnen maken moet je de werktekening kunnen lezen en weten hoe de componenten er uitzien.

Een belangrijke factor voor de kwaliteit van het leerproces is de wijze waarop het geheugen is georganiseerd en functioneert, de samenhang binnen de geheugenschemata en de wijze waarop deze onderling weer samenhangen. Het sturend mechanisme hierbij wordt wel metacognitie genoemd. Dit omvat kennis van het leerproces van de lerende zelf en bewustzijn van eigen leeractiviteiten. Ontwikkeling van metacognitie is zoiets als: leren.

Leren bij practicum

Terug naar het natuurkundepracticum in de onderbouw, gerelateerd aan het voorafgaande. We bekijken eerst het begripsniveau en het episodisch niveau. Bij practicum worden niet alleen nieuwe begrippen verankerd, gekoppeld aan eigen persoonlijke ervaringen. Hiertoe moeten leerlingen zelf initiatieven kunnen nemen. Ook kunnen reeds verworven begrippen (waaronder misconcepties) worden verhelderd en zonodig worden bijgesteld als gevolg van nieuwe eigen ervaringen. Omdat misconcepties vaak gerelateerd zijn aan eigen ervaringen uit het dagelijks leven is het van belang dat practicum zich niet beperkt tot laboratoriumproeven. Bovendien vereisen de verschillen m.b.t. eigen ervaringen tussen leerlingen onderling ruimte voor eigen onderzoek, om zelf te "ontdekken".

Vervolgens bekijk ik het planniveau, het begripsniveau en het episodisch niveau. De relaties onderling, doe-relaties en persoonlijke relaties worden alle geactiveerd en verder ontwikkeld bij practicum. Op het planniveau worden bij practicum experimentele procedures en strategieën ontwikkeld. Het gaat om handelen volgens plan. Om het plan uit te voeren is deklaratieve kennis nodig. De samenhangende kennis om een plan uit te voeren wordt ook wel een scenario of script genoemd zoals "het maken van een elektrische schakeling" naar aanleiding van een voorgescreven schema of naar aanleiding van een eigen ontwerp. Hoofd en handen werken samen. Leerlingen leren bij practicum ook de natuurwetenschappelijke werkwijze kennen, een veelomvattend en complex scenario waarin "het maken van een elektrische schakeling" een onderdeel kan vormen.

Wat de organisatie van het practicum betreft verdient het aanbeveling dat de instructie in de loop van een practicumcurriculum meer open wordt. Aanvankelijk wordt aangegeven hoe leerlingen een schakeling moeten maken bijvoorbeeld d.m.v. demonstratie door de leerkracht. Vervolgens is de opdracht "maak de schakeling" voldoende. Van belang hierbij is dat alle leerlingen, jongens en meisjes, individueel de kans krijgen schakelingen te maken. Men moet erop bedacht zijn dat bij het begin van het practicum over elektrische stromen de persoonlijke ervaringen, opgedaan in de dagelijkse leefwereld, tussen leerlingen onderling sterk kunnen verschillen. Om te zorgen dat de aanvankelijke verschillen in persoonlijke ervaringen m.b.t. "schakeling maken" niet vergroot maar teniet gedaan worden moet men goed gebruik maken van de mogelijkheden die practicum biedt. Dit kan gebeuren door leerlingen volgens eigen tempo te laten werken en door leerlingen individueel hulp te verlenen bij hun leerproces.

Practicum als krachtige leeromgeving

Practicum biedt dus uitstekende mogelijkheden om het vak natuurkunde over de volle breedte te leren. Bij een goed georganiseerd practicum verloopt de kennisconstructie natuurlijkerwijs en functioneel. Practicum kan gezien worden als een krachtige leeromgeving. Lodewijks spreekt over een krachtige leeromgeving als een onderwijsarrangement. Zo'n leeromgeving, stelt hij, zet de lerende aan om op een doelgerichte wijze de relevante denk- en leeractiviteiten te ontplooiën die tot leren moeten leiden. Hij bespreekt puntsgewijs waar we aan moeten denken als we krachtige leeromgevingen willen maken:

1. ze moeten compleet en rijk zijn

Compleet betekent: gericht op het begrijpen en het gebruiken van de kennis en vaardigheden die moeten worden geleerd.

Onder rijk wordt verstaan: met afwisselende leerervaringen; toegesneden op de individuele behoeften, mogelijkheden en stijlen van de lerenden; met ruimte voor variaties in leerstrategieën. Voor practicum heb ik hier niets aan toe te voegen.

2. ze moeten uitnodigen tot activiteiten

Het gaat hierbij om leer- en denkactiviteiten waarbij doorgaans gebruik gemaakt wordt van probleemgerichte context. Bij practicum- of onderzoeks- opdrachten geldt dat vanzelfsprekend.

3. ze moeten realistisch zijn

Realistisch betekent dat leerlingen geplaatst worden in situaties waarbij zij zich iets kunnen voorstellen of die zij herkennen. Bij practicum betekent dit: ook verschijnselen, ervaringen uit het dagelijks leven erbij betrekken.

4. ze moeten modellen bevatten en voorzien in coaching

Het gaat hierbij om de rol van de leraar of lerares. De functie van model (vakdeskundigheid) dient ertoe om het leren te richten op relevante leer- en denkactiviteiten binnen het vakgebied. Wat het experimentele werk bij natuurkunde betreft kan men denken aan de demon-

stratieproef als voorbereiding op of ter afwisseling van de practicumproef. De coach is nodig voor ondersteuning en voor stimulering.

5. *ze moeten de navigatie langzamerhand overlaten aan de lerende*

Een wezenlijk kenmerk van een krachtige leeromgeving is dat deze de leerlingen leert te leren. De verantwoordelijkheid voor het leren behoort zich geleidelijk te verplaatsen van de omgeving naar de leerlingen. Dit geldt bij practicum niet alleen voor de instructie maar ook voor de keuze van onderwerp.

6 *zij moeten systematisch het besef van eigen bekwaamheid bij leerlingen ontwikkelen*

Volwaardig leren leidt tot beter begrijpen en een cumulatieve beheersing van kennis en vaardigheden. In de leeromgeving moeten voor leerlingen mogelijkheden zijn om hun vorderingen te toetsen. Bij practicum gebeurt dat continu. Zij kunnen ineens zelf schakelingen maken, terwijl ze vooraf de indruk hadden dat ze dat nooit zouden kunnen. Het geeft een kick als de leraar of lerares bij controle constateert dat de schakeling goed is. Hetzelfde geldt voor het verkrijgen van meetgegevens, het verwerken, conclusies trekken en het maken van een meetrapport of verslag.

Ondanks krachtige leeromgevingen waarin alle leerlingen optimaal de kans krijgen natuurkunde te leren zullen er in de loop van de onderbouw verschillen tussen leerlingen onderling ontstaan m.b.t de "kennisbasis" (d.i. samenhang binnen geheugenschemata en samenhang tussen relevante geheugenschemata onderling) voor natuurkunde. De kwaliteit van deze kennisbasis bepaalt in eerste instantie of leerlingen maar beter natuurkunde kunnen laten vallen of dat ze natuurkunde met succes kunnen kiezen. Voor practicum betekent dit b.v. dat leerlingen zinnige initiatieven kunnen nemen en experimentele data verwerken en dat ze kunnen werken volgens de natuurwetenschappelijke methode in niet al te complexe situaties. Voorts moeten ze een meetrapport of een verslag volgens een bekend model kunnen maken.

Practicum en probleemoplossen

In de bovenbouw, de tweede fase van het voortgezet onderwijs is het van belang dat leerlingen hun kennisbasis versterken en leren probleemoplossen. Probleemoplossen speelt een belangrijke rol in technische en natuurwetenschappelijke opleidingen in het hoger onderwijs. Volgens Taconis e.a. wordt aan de ontwikkeling van probleemoplossingsvaardigheden, gekoppeld aan studievaardigheden, in het voortgezet onderwijs te weinig aandacht besteed wat er aan bijdraagt dat velen in het hoger onderwijs afhaken. Om succesvol problemen te kunnen oplossen, moet de probleemoplosser beschikken over een zgn. doelmatige kennisbasis. Bij een doelmatige kennisbasis gaat het om de hoeveelheid kennis, de inhoud van de kennis en de kwaliteit van de kennis. Volgens Taconis en ook Ferguson-Hessler bevat een doelmatige kennisbasis

(ik geef nu een variant op mijn eerder gepresenteerde geheugenmodel) kennis uit een leerstoffijst (deklaratieve kennis), kennis over bijpassende toepassingsituaties (situationele kennis), kennis over de manier om verschillende wetten toe te passen (procedurele kennis) en een kennistype dat gericht is om te komen tot een doordachte aanpak van *nieuwe* problemen (strategische kennis). Goed leren probleemoplossen heeft alles te maken met goed studeren en oefenen. Want alleen de leerlingen zelf kunnen ervoor zorgen dat ze een doelmatige kennisbasis opbouwen. Om leerlingen in de bovenbouw beter dan traditioneel het geval is, voor te bereiden op technische en natuurwetenschappelijke studies in het hoger onderwijs heeft Taconis een serie leertaken voor natuurkunde van uiteenlopend type en moeilijkheidsgraad ontworpen, zgn. UBP-taken (UBP= Understanding Based Problem Solving). Deze leertaken zijn theoretisch van aard. In plaats van- of beter naast- theoretische taken (opgaven) kan men ook denken aan practicumtaken, onderzoeksoopdrachten die zowel een experimentele als een theoretische kant hebben. Bovendien biedt practicum, het zij al eerder opgemerkt krachtige leeromgevingen.

Om te leren probleemoplossen bij practicum moet men echter wel voorwaarden stellen aan de organisatie van het practicum en het type practicumopdrachten. Traditioneel werkt men bij practicum volgens de natuurwetenschappelijke methode. Gebruikelijk onderscheidt men hierin: A. Voorbereiding van het experiment, B. Uitvoering van het experiment, C. Bewerking van de waarnemingen, D. Verantwoording van verrichtingen en resultater (CITO). De natuurwetenschappelijke methode is eigenlijk een methode om kennis en inzicht te verkrijgen, om iets te "ontdekken". Daarbij worden "en passant" ook problemen opgelost. Om probleemoplossen bij practicum te leren, zoals Taconis e.a. dat bedoelen moet men kiezen voor kwantitatieve experimenten.

Het probleemoplossen kan men dan vooral vinden in de voorbereiding van het experiment en/of in de bewerking van de waarnemingen om een resultaat of conclusie te verkrijgen. Wat de voorbereiding van het experiment betreft gaat het om het formuleren van een zinnige hypothese (probleemstelling). Zinnig betekent hier dat het probleem zodanig geformuleerd wordt dat het experimenteel opgelost kan worden. Een doelmatige kennisbasis is hiervoor vereist. Leerlingen moeten zich dus zodanig in een onderwerp, een stuk theorie, verdiepen. Zij moeten echter ook kennis hebben of krijgen van de experimentele mogelijkheden, meetmethoden (scripts). Experts, goede probleemoplossers in een vak zijn niet alleen in staat om problemen op te lossen maar ook om zinnige problemen te maken!

Bij bewerking van de waarnemingen gaat het om daadwerkelijk oplossen van een reëel probleem, om interpreteren en concluderen. Ik hoef dat hier niet verder toe te lichten.

Natuurlijk kunnen zich ook tijdens de uitvoering van het experiment en de verantwoording problemen voordoen. Daarbij gaat het vaak om praktische- of taal-problemen waarbij in relatie met de geheugenschemata die betrekking hebben op het onderwerp van het experiment, andere (sub)schemata geactiveerd worden.

Ideeën voor geschikte practicumopdrachten voor de bovenbouw zijn bijvoorbeeld te vinden in mijn proefschrift. Daar staat een aantal practicumtoetsen die uiteraard geherformuleerd moeten worden. Ook in NVOX zijn regelmatig ideeën te vinden voor practicumopdrachten.

Wat de organisatie van het practicum betreft moet men zorgen voor een toenemende complexiteit van de proeven en een groei naar zelfstandigheid van de leerlingen ook m.b.t. het kiezen van de onderzoeksopdrachten.

Dit is te bereiken door een natuurkunde-practicumcurriculum parallel te laten lopen aan het natuurkunde-theoriecurriculum. In zo'n practicumcurriculum zijn experimenten opgenomen die direct aansluiten bij de theorie, experimenten die verder gaan dan de theorie en ook experimenten die los staan van de theorie. Vooral in het tweede geval (maar ook in het derde) kan het (leren) probleemoplossen voor leerlingen een uitdaging zijn. Daar waar het examenprogramma niet voldoende diepgang biedt voor geschikte oefenopgaven om probleemoplossen te leren, biedt het practicum wel mogelijkheden. Het idee om meer practicum in het bovenbouwcurriculum op te nemen dan nu gebruikelijk is past uitstekend in de nieuwe plannen voor de bovenbouw, de tweede fase voortgezet onderwijs. Het is daarom van belang dat ruime practicumaccommodatie beschikbaar is voor het vak natuurkunde in de tweede fase, zowel lokalen als apparatuur inclusief computers. Immers, voor natuurkundepacticum en natuurkundedemonstraties zeker in de bovenbouw (tweede fase) is de computer inmiddels onmisbaar geworden. Het gaat dan om het meten met de computer en ook om de verwerking van waarnemingen en presentatie van de resultaten. Het alsmaar grafieken tekenen op millimeterpapier werkt evenmin inspirerend als het alsmaar maken van verslagen. Door de snelle verwerking van ingevoerde data in de computer krijgt men de kans nog wat extra bewerking uit te voeren. Het maken van een meetrapport wordt ook versneld omdat men kant en klare tabellen en grafieken kan opnemen.

Tussen haakjes, ik ga hier niet in op "leren met de computer", mogelijkheden voor simulaties bij natuurkunde enz.

Practicum in de profielen

De ideeën over practicum in de bovenbouw zoals ik hiervoor gegeven heb, betreffen in eerste instantie het vak natuurkunde in de profielen "natuur en techniek" in vwo en havo. Voor de profielen "natuurkunde en gezondheid" havo en vwo zou ik mijn ideeën op twee punten willen afzwakken: de eis kwantitatief en de diepgang in de fysica. Het gaat immers niet over de overgang van het voortgezet onderwijs naar technische en natuurwetenschappelijke studies. Het leren probleemoplossen gekoppeld aan

studievaardigheden domeinspecifiek, dus specifiek voor het vak natuurkunde, zoals Taconis e.a. dat aangeven, kan daar dus minder accent krijgen.

Het practicum natuurkunde biedt ook leerlingen in het profiel "natuur en gezondheid" krachtige leeromgevingen waarin zij leren zelfstandig studeren en ... probleemoplossen maar nu in een betekenis die veel gebruikt wordt in Engelse en ook Amerikaanse literatuur: niet alleen maar domeinspecifiek, dus alleen gekoppeld aan het vak natuurkunde maar vakoverschrijdend, realistisch, gerelateerd aan de praktijk in de samenleving.

Probleemoplossen, volgens deze benadering, vindt in de regel plaats in het kader van projectwerk (Probleem Gestuurd Onderwijs). Er is dan samenwerking nodig om te komen tot de oplossing van een min of meer complexe probleemstelling. Afhankelijk van de probleemstelling verdiept men zich in een relevant stuk natuurkunde, doelgericht maar eventueel ook in andere relevante vakgebieden terwijl de maatschappelijke context meegenomen wordt.

Evenals in het profiel "natuur en techniek" kan men in het profiel "natuur en gezondheid" denken aan een practicumcurriculum parallel aan het natuurkunde-theoriecurriculum. Het accentverschil heb ik hiervoor aangegeven: méér natuurkunde in de breedte (context) dan in de diepte (fysisch abstract) en (daar toch enigszins mee samenhangend) een andere benadering van probleemoplossen. (maar niet van een lager niveau!). Ook in het profiel "natuur en gezondheid" dient het computergebruik nadrukkelijk geïntegreerd in het practicumcurriculum mee-genomen te worden. En ook in dit profiel moet men zorgen voor een toenemende complexiteit van de practicumopdrachten en een groei naar zelfstandigheid van de leerlingen. Uiteraard is voor realisatie van deze ideeën, voor de twee practicumlijnen ruimte (in een ruime betekenis) in het "leerhuis" zoals dat gepland is in de tweede fase van het voortgezet onderwijs nodig. Ook zijn gekwalificeerde docenten natuurkunde (in een goed samenwerkend team) nodig die ruimte krijgen om de practicumcurricula op te zetten en te organiseren en om leerlingen adequate begeleiding te geven.

Ik ben me ervan bewust dat al veel van de nu zittende collega's, door de creatieve wijze waarop ze practicum, practicum-schoolonderzoek en de zelfstandige onderzoeksopdracht organiseren, hebben aangetoond dat zij uitstekend kunnen functioneren in het natuurkundeprogramma, in het bijzonder in het natuurkunde-practicum van de tweede fase voortgezet onderwijs, (het leerhuis voor natuurkunde hetgeen klassiek ook wel het natuurkundelaboratorium genoemd wordt).

Afsluiting

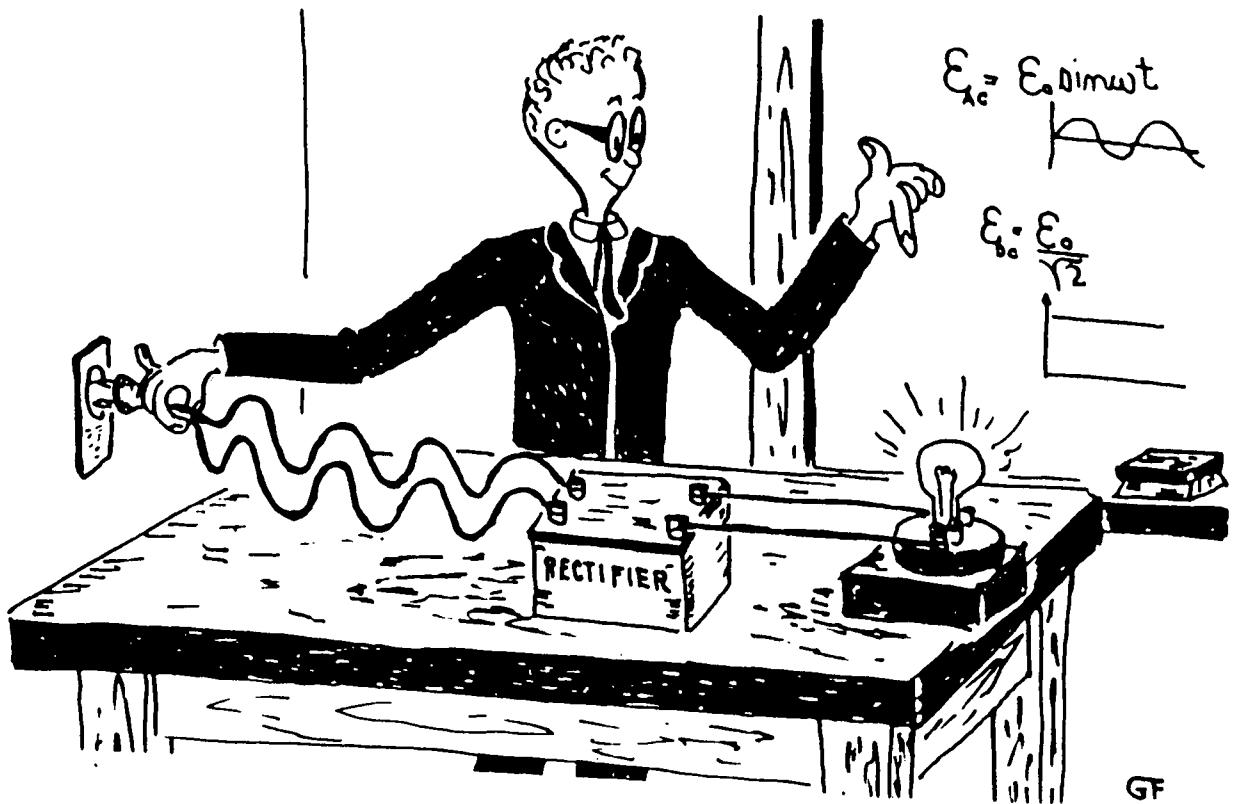
Terug naar af. Ik ben het met de collega's uit 1975 eens dat de belangrijkste doelen van practicum in de onderbouw zijn:

- het wekken en vasthouden van interesse in een natuurkundig onderwerp,

- het meer op de werkelijkheid betrekken van fysieke verschijnselen door daadwerkelijke ervaring.
 En ik ben kort ingegaan op realisatie van deze doelen in het natuurkunde-programma van de basisvorming.
 Wat de belangrijkste practicumdoelen voor de bovenbouw (vwo) betreft volgens de collega's uit 1975 heb ik de eerste doelstelling - kennismaken met en leren van de natuurwetenschappelijke wijze van probleemoplossen - toch wat aangescherpt. Het beperkt zich niet tot "kennismaken met een leren van". Zij moeten "leren probleemoplossen" volgens de twee versies die ik hiervoor gepresenteerd heb en dat "leren probleemoplossen" gebeurt o.a. bij praktisch werk waar de natuurwetenschappelijke methode gevolgd wordt, die ze overigens in de onderbouw hebben leren kennen. Aan het "leren probleemoplossen" heb ik gekoppeld het leren leren van natuurkunde, de verwerving van een doelmatige kennisbasis.
 De tweede doelstelling volgens de collega's uit 1975 - een integraal deel zijn van het proces van het vinden van feiten door onderzoek en het daardoor komen tot principes - kan ik onderschrijven (gegeven dat ik de formulering begrijp). Het gaat hierbij (mijns inziens) over de wisselwerking theorie en experiment bij natuurkunde in het natuurkundig onderzoeksproces en zo ben ik begonnen.

Geraadpleegde literatuur

- Boekaerts en Simons, *Leren en Instructie, Psychologie van de leerling en het leerproces*, Dekker & van de Vegt, Assen, 1993.
- Lodewijks, *De kick van het kunnen, over errangement en engagement bij het leren*, intreedere KUB/KUN, Tilburg, 1993.
- Roth, Experimenting in a Constructivist High School Physics Laboratory, *Journal of Research in Science Teaching* 31, 197-223, 1994.
- Schröder, *De functie van het praktikum in de leerstofopbouw*, verslag vakantiekursus, Groningen, 1975.
- Steller, *Handigheid of Inzicht?*, proefschrift RUU, 1965.
- Taconis, van Beckhoven en Verkerk, Probleemoplossen: nuttige fysica-bagage voor de leerlingen, *NVON-maandblad* 16, 398-402, 1991.
- Taconis en Ferguson-Hessler, Het belang van probleemoplossen voor het onderwijs in technische en exacte vakken, *Tijdschrift voor Didaktiek der β -Wetenschappen* 12, 172-194, 1994.
- Verkerk, *Het practicum in het schoolonderzoek natuurkunde*, proefschrift TUE, 1983.



Techniek een aantrekkelijk aanbod voor alle kinderen?

M. Knottenbelt

"Als techniek zo gegeven wordt op de L.T.S., dan is een technische school best wel leuk". Dit is een uitspraak van een 11 jarig meisje bij Technika 10, een technische club voor meisjes.

Dit meisje had een weinig positief beeld van techniek en zag een technische school niet als een toekomst perspectief. Waar komt de negatieve houding ten opzichte van techniek vandaan?

Door middel van voorbeelden worden verschillende invloeden aangegeven.

Het beeld van techniek

In een onderzoek van Technika 10 werd aan alle meisjes, Technika 10 meisjes en aan de controlegroep, de vraag gesteld "als er bij jou in de buurt een technische club was, zou je daar lid van willen zijn". Enkele Technika 10 meisjes antwoordden hierop met nee.

Onze nieuwsgierigheid was gewekt: wij vroegen dus waarom.

Het antwoord van deze meisjes was: "Technika 10 is leuk, gezellig en je doet samen dingen; techniek is voor jongens, niet leuk en eng, dus kan Technika 10 geen techniek zijn".

Leerlingen verbinden in het algemeen techniek aan apparaten. Meisjes denken dan ook nog aan moeilijk, vies of eng. Veel leerlingen vinden ook dat techniek niets is voor meisjes/vrouwen.

Invloed van de ouders

Als leerkracht techniek geeft u aan, dat in deze maatschappij van technologische ontwikkelingen veel technische beroepen erg aantrekkelijk zijn. Waarom Peter met zijn goede motoriek en goed inzicht niet een beter werkstuk maakt begrijpt u niet.

De ouders van deze slimme leerling in uw klas zijn blij dat hun zoon een V.W.O. advies had en moedigen hem erg aan, hij kan zeker hogerop komen en zal dan niet met

zijn handen hoeven te werken, zoals zijn vader. Bij deze leerling ging uw opmerking over technische beroepen waarschijnlijk het ene oor in en het ander oor uit.

Invloed van de docent

Als leerkracht natuurkunde vertoont u een video over beroepen, waarbij natuurkunde een belangrijk onderdeel is. De informatie over het werk wordt goed, helder en aantrekkelijk gegeven, helaas worden alleen mannen getoond. U geeft daarom aan dat deze beroepen ook voor meisjes openstaan. Uw collega, die deze klas het jaar ervoor had heeft in de klas de opmerking gemaakt "Laten we eerlijk zijn, natuurkunde is eigenlijk niets voor meisjes".

Een meisje dat vorig jaar natuurkunde leuk vond, vroeg zich naar aanleiding van de opmerking van uw collega af of zij wel een "echt" meisje was. Naar aanleiding van uw opmerking bij de video bedenkt zij dat zij toch natuurkunde in de vierde kiest!

De meeste jongens zullen de informatie van de vertoonde video opnemen en bedenken of een van deze beroepen een optie voor hen is. Een enkele jongen zal denken, dat u wel zegt dat dit ook een beroep is voor meisjes, maar dat de leerkracht van vorig jaar het daarmee niet eens is en de video toch niet voor niets alleen maar mannen toont. Mogelijk wordt hij alleen maar bevestigd dat natuurkunde niets voor meisjes is.

In een klas zijn leerlingen bezig een stekker uit elkaar te halen en weer in elkaar te zetten. Over het algemeen zijn de meisjes wat accurater en langzamer dan de jongens. Zowel de meisjes als de jongens zien dat de jongens sneller zijn. En dus geschikter voor deze taak (?). De leerkracht treft echter bij de stekkers van de jongens slordigheden aan, waardoor er kortsluiting kan ontstaan. Als hij/zij de correctie hierop alleen individueel aan de jongens geeft, blijft het beeld van de snelle, handige jongens bestaan. Zegt de leerkracht hardop in de klas, een aantal

jongens onzorgvuldig te werk is gegaan, dan wordt het beeld handige jongens genuanceerd.

Invloed van de medeleerling

De eerder genoemde leerling, die bedacht toch natuurkunde te kiezen maakt hierover een opmerking tegen haar vriendin, die reageert met "ach de leerkracht kan het niet meer maken om te zeggen dat die beroepen niet ook voor meisjes zijn, maar ken jij een vrouw met een dergelijk beroep? En als je er een kent dan is het meestal zo'n manwijf. Zo een ben jij toch niet!"

Uit een onderzoek naar jongens en meisjes in informaticalessen bleek dat bij gelijke kennis jongens en meisjes zich verschillend gedragen in de klas: jongens roepen leerkrachten om hun kennis te demonstreren: "meester/juf, kijk eens wat ik gevonden heb.....", meisjes vragen aandacht als iets niet goed gaat: "meester/juf, ik snap er nu helemaal niets van.....".

Jongens kunnen indrukwekkende verhalen vertellen, als je dan doorvraagt blijkt dat zij minder weten dan je op het eerste gezicht zou denken. Bij meisjes is dat vaak omgekeerd. Door dit gedrag in de klas geven zij de leerkracht en elkaar de indruk, dat computers meer iets is voor jongens, dan voor meisjes (M. Volman, 1994).

Zolang collega's, ouders, vrienden verschillende ideeën en wensen hebben ten aanzien van jongens en meisjes, van allochtone en autochtone jongeren zal uw gelijke behandeling geen gelijk effect hebben en is zeer waarschijnlijk ook uw aantrekkelijk aanbod niet aantrekkelijk voor alle leerlingen.

Invloed van het materiaal

Taal

"Hoe heet de man, die huizen ontwerpt". Zo'n vraag sluit vrouwelijke architecten uit en geeft hen de indruk, dat vrouwen en techniek niets met elkaar te maken hebben. Deze teksten komen gelukkig steeds minder in boeken voor.

"Als je deze opdracht helemaal alleen doet is dat knap". Dit geldt voor veel kinderen, maar misschien is goed samenwerken voor veel kinderen net zo moeilijk of moeilijker. Door opdrachten en vragen op een bepaalde manier te formuleren kun je leerlingen stimuleren of afremmen.

Beeld

Boeken tonen vaak alleen apparaten en gereedschap. Voor veel jongens en nog meer meisjes geeft dat een beeld, dat techniek niets met hen te maken heeft. En als het niets met jou te maken heeft, hoe kun je dan enthousiast worden?

Sommige leerlingen vinden een vak als techniek of natuurkunde juist veilig omdat het de indruk geeft iets buiten hen te zijn. Of die houding aangemoedigd moet worden en dit het beeld van het vak ten goede komt is de vraag.

Het stimuleren van de belangstelling van degenen, die zich hierin niet herkennen is moeilijk met dit materiaal en kost de leerkracht extra inspanning.

Het is onze gezamenlijke taak stereotiepe beeldvorming te doorbreken en een tegenwicht te geven zodat onze boodschap door kan dringen: techniek (natuurkunde etc) is een boeiend vak, waar toekomst in zit voor jongens en meisjes, autochtoon en allochtoon.

Wat kunt u als leerkracht doen

Het onderwijs kan profijt trekken van de ervaringen en inzichten van Technika 10, de organisatie die wekelijks 6000 meisjes naar haar technische clubs trekt.

Technika 10

Het allereerste voorbeeld is van het meisje bij Technika 10. Een technische school kwam weer in het gezichtsveld. Wat gebeurt er bij Technika 10 dat dit mogelijk is? Technika 10 is een organisatie die bij meisjes van 10 tot en met 12 jaar de belangstelling voor techniek stimuleert door middel van technische clubs en cursussen. Deze clubs worden geleid door vrouwen vanwege hun voorbeeldfunctie en vinden plaats in de vrije tijd in buurthuizen en op scholen na schooltijd. Daarnaast worden cursussen aangeboden binnen het Verlengde Schooldag Experiment en op school tijdens schooltijd. Er zijn proefprojecten gestart met oudere meisjes.

Aanbod

Technika 10 moet een aantrekkelijk aanbod doen. De meisjes blijven gewoon weg als ze het niet leuk vinden. Er zijn genoeg andere activiteiten. Het al of niet blijven, maakt op een eenvoudige wijze duidelijk of het aanbod voldoet. Technika 10 besteedt daarom veel aandacht aan het uiterlijk van haar lesmateriaal, de keuze van werkstukken, de werkvormen en aan de mening van de deelnemers. Er zijn ruim 600 clubs verspreid over het hele land. Hieruit blijkt in ieder geval, dat het aanbod van Technika 10 succesvol is.

Meisjes maken bijvoorbeeld een doos met een geheime la, een deurmatalarm, zodat zij gewaarschuwd worden als iemand hun kamer binnen gaat of dagboek pakt en zij repareren hun fietslamp. Zij gebruiken een zelf gemaakte vocht detector voor hun plant en ontwerpen een uitnodiging op een computer. Zij kwartetten en vragen van het schema "de condensator" of "de schakelaar".

Het is belangrijk, dat zij trots met een werkstuk naar huis gaan en hierover uitleg kunnen geven.

Vanuit de ervaring met Technika 10 geven we een aantal voorbeelden om het aanbod zo aantrekkelijk mogelijk te maken voor een zo breed mogelijke groep leerlingen.

Taal

De woordkeus kan leerlingen nieuwsgierig maken of juist af laten haken.

Leerlingen met weinig zelfvertrouwen kunnen afhaken bij teksten: "als je de aanwijzingen niet goed opvolgt, dan is de kans groot dat de schakeling niet werkt". Het klinkt veel aardiger als er staat "als je de aanwijzingen goed volgt, zal de bel zeker werken".

Hoe voelt het als er staat: "de computer doet dit en de

computer doet". Hebben leerlingen dan het gevoel dat zij een rol spelen? Beter is: "als je dit doet, dan zie je op de computer.....". Deze wijze van benaderen geeft de rol van de leerling beter aan. Sommige kinderen - gelukkig steeds minder - zijn best bang of heel erg voorzichtig met een computer: straks gaat ie stuk, straks is opeens alles weg etc., alsof de computer uit zich zelf werkt.

Als je nog niet ingewijd bent in de materie kunnen vaktermen verwarring veroorzaken. De woorden spanning, sleutel, veer, macht, veld etc. hebben meerdere betekenissen en de binnen het vak gebruikte betekenis is lang niet altijd aan iedereen bekend. Voor kinderen met een taalachterstand werkt dit extra verwarrend en dat kan de kloof helaas vergroten, als deze termen niet duidelijk uitgelegd worden.

Wil je leerlingen enthousiasmeren, dan moet je boeken ook op taalgebruik beoordelen.

Beeld

Meer nog dan taal geven de gebruikte foto's, illustraties, kleuren, lay-out, veel of weinig tekst de eerste indruk van het materiaal.

Weet u hoe uw leerlingen over het materiaal denken? En houdt u hiermee ook rekening bij de keuze van het boek? Technika 10 meisjes gaven aan, dat zij op een plaatje liever twee meisjes zien, dan een of drie. Zij hadden veel kritiek op gezichten, haren en handen, die onzorgvuldig getekend waren.

Meisjes, die een technische activiteit verrichten, moeten "echte" meisjes zijn, anders denken zij dat het een jongen is.

In illustraties gaf Technika 10 door middel van arcering een donkere huidskleur aan. Dit gaf de indruk, dat deze meisjes "door een mes gesneden" waren. Als allochtone meisjes nu afgebeeld worden, wordt geen arcering meer gebruikt.

Toon dus dat techniek mensenwerk is door veel mensen af te beelden. Niet alleen volwassenen, niet alleen mannen, niet alleen witte mannen. Toon actieve allochtone en autochtone vrouwen, werkzaam in de techniek, naast allochtone en autochtone mannen, jonge en oudere mensen, zodat kinderen een beeld krijgen, dat techniek er is voor iedereen en van iedereen en dat het dus ook iets voor hen kan zijn.

Dit kan gebeuren door de keuze van de boeken, het ophangen van posters, de keuze van video's, het geven van voorbeelden uit het dagelijks leven.

Werkvormen

Wisseling van werkvormen doet vaak recht aan andere leerlingen. Het maken van bijvoorbeeld een kwartet: "mag ik van jou van het schema de schakelaar" of een elektrospel, waarbij het woord "striptang" gekoppeld moet worden aan het plaatje van de striptang leert leerlingen de juiste termen op een speelse manier te herhalen; het accuraat tekenen van een stuk gereedschap geeft inzicht hoe het stuk gereedschap in elkaar zit en werkt.

Ieder kent het spel denk ik van twee mensen, die ieder een omschrijving geven van hetzelfde woord, maar met twee betekenissen. De toeschouwer moet dan raden dat het bijvoorbeeld gaat over een viool als muziekinstrument en als bloem. Dit is een leuke manier om te oefenen met nieuwe woorden met verschillende betekenissen. Gebruikelijke werkvormen kunnen ook een ander effect hebben door een duidelijke rolverdeling eraan toe te voegen.

Vaak worden opdrachten in tweetallen uitgevoerd. De keuze hiervoor wordt vaak gemaakt om praktische redenen. Bij tweetallen kunnen gauw rolpatronen ontstaan: de ene neemt de leiding en voert uit, de andere schrijft het verslag en draagt aan. Dit kan een reden zijn:

- om tweetallen steeds uit een andere combinatie samen te stellen
- een duidelijke opdracht te geven wie bij deze opdracht de leiding heeft en wat daarvan verwacht wordt
- de opdracht te geven echt samen te werken en verslag te doen over de wijze waarop dit gebeurd is.

Door de verschillende toevoegingen leert men verschillende vaardigheden, die naast de opgedane kennis een noodzakelijk onderdeel is bij het uitoefenen van een beroep. Ook excursies kunnen een positief beeld oproepen, eventueel voorbereid door interviews met vakmensen. Het is belangrijk, dat de opdracht niet alleen over het beroep zelf gaat, maar dat de leerling een beeld van de hele persoon krijgt, een beeld van het werk van deze persoon binnen de organisatie, de organisatie in zijn geheel en de bezigheden van deze persoon naast het werk.

Feedback

De houding van de leerkracht in de klas, de gebruikte voorbeelden en de feedback aan de leerlingen dragen bij tot een breed en genuanceerd beeld van techniek.

"Logisch dat jouw lampje niet brandt, je leest ook niet wat er staat" moedigt de nieuwsgierigheid van leerlingen met weinig zelfvertrouwen minder aan dan bij "lees alles nog eens door, dan zal je er vast achter komen wat je moet doen om jouw lampje te laten branden".

Het maken van een verslag, een presentatie, waarvan verwacht wordt dat naast de beschrijving van het technisch proces aangegeven wordt waar de plaats is van de mens of de leerling zelf, stimuleert het leggen van een emotionele binding. Zo'n verslag geeft de leerkracht inzicht, waaraan extra aandacht besteed moet worden om de belangstelling voor het vak te vergroten.

Want techniek is mensenwerk en ieder mens vult dat op een eigen manier in. Met een gevarieerd en breed aanbod biedt het vak techniek zoveel mogelijk aan kennis, vaardigheden en enthousiasme aan zoveel mogelijk leerlingen.

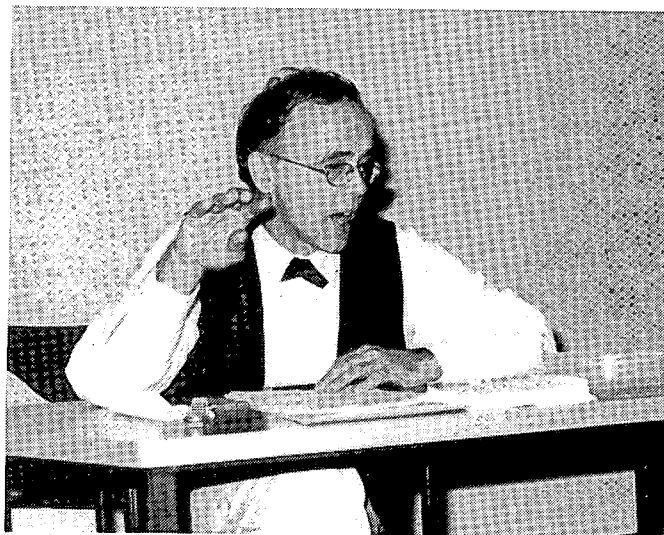
Werkgroepen



De wereld in een druppel

Werkgroep 1

C.A. Bleijerveld



Bedoeling van de werkgroep: Aan de hand van een practicum inzicht geven in het programmavoorstel Natuuronderwijs, opgesteld door de projectgroep NOB van de SLO.

Onderdelen van de workshop

1. Enkele karakteristieken van Natuuronderwijs in de Basisschool.

Het accent bij Natuuronderwijs in de Basisschool ligt op:

- . Ontdekkend leren: leerlingen geven door eigen onderzoek antwoord op (door henzelf geformuleerde) vragen.
- . Operationele vragen: leerlingen leren hun vragen zo te stellen dat ze door eigen onderzoek zijn te beantwoorden.
- . Concreet materiaal: het gaat om ervaringen "uit de eerste hand".

Binnen het NOB-project werd gewerkt aan een "speciale" didactiek:

- . Kinderen doen spontaan ervaringen op met materialen en verschijnselen, zonder dat de leerkracht al gerichte opdrachten geeft. Deze fase wordt in de NOB-didactiek "aanrommelen" genoemd.
- . Veel materialen en voorwerpen worden bestudeerd in zgn. observatiekringen.
- . Ontdekdozen en ontdektafels bevatten kant en klare opdrachten en proeven.
- . Het gebruik van de schoolomgeving neemt een belangrijke plaats in.

De inhoud van Natuuronderwijs wordt verdeeld over zeven "Aandachtsgebieden" (zie fig.1)

2. Problematiek

De basisschool kent nauwelijks traditie op het terrein van praktisch onderzoek en de leraren hebben geen natuurwetenschappelijke achtergrond.

Systematische nascholing ontbreekt. De NOB-projectgroep moest ontwikkelwerk en nascholing combineren. In de

ontwikkelscholen werden practica ontwikkeld die zowel voor de leraren als voor de leerlingen aantrekkelijk waren. Deze practica moesten allereerst motiveren, over alledaagse onderwerpen gaan en rijk aan inhoud zijn. Een van die practica is het "Druppel-Practicum".

3. Druppel-practicum

Het practicum begint met de vraag hoeveel waterdruppels op elk van onze nederlandse munten kunnen.

De deelnemers krijgen een werkblad: horizontaal staat het aantal druppels vermeld en verticaal (op schaal) de verschillende munten met hun oppervlakte.

De deelnemers moeten eerst schatten en daarna meten.

Materiaal: . werkblad

- . druppelaar, met bakje
- . munten (deelnemers "betalen" hun eigen practicum)(zie fig.2)

Tijdens het practicum worden door de deelnemers allerlei opmerkingen gemaakt die met het rijke karakter van het practicum te maken hebben:

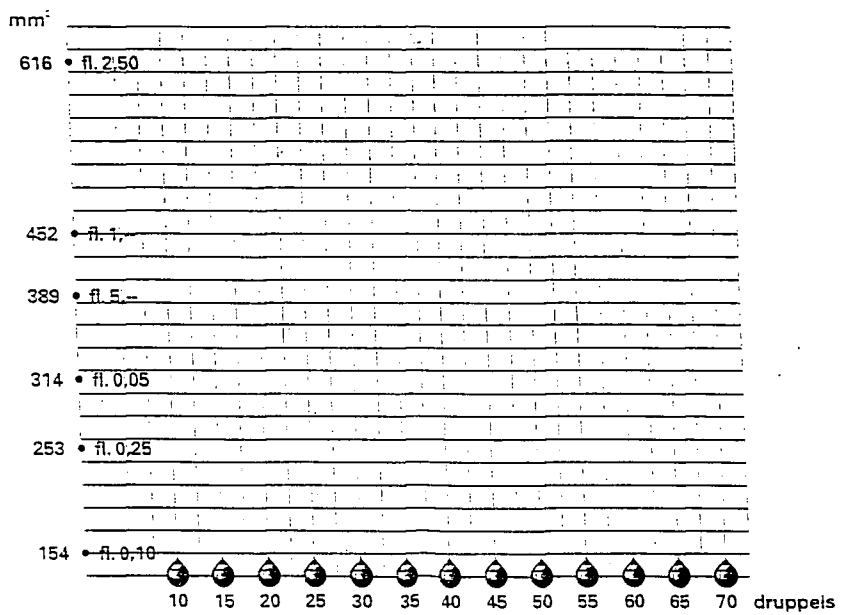
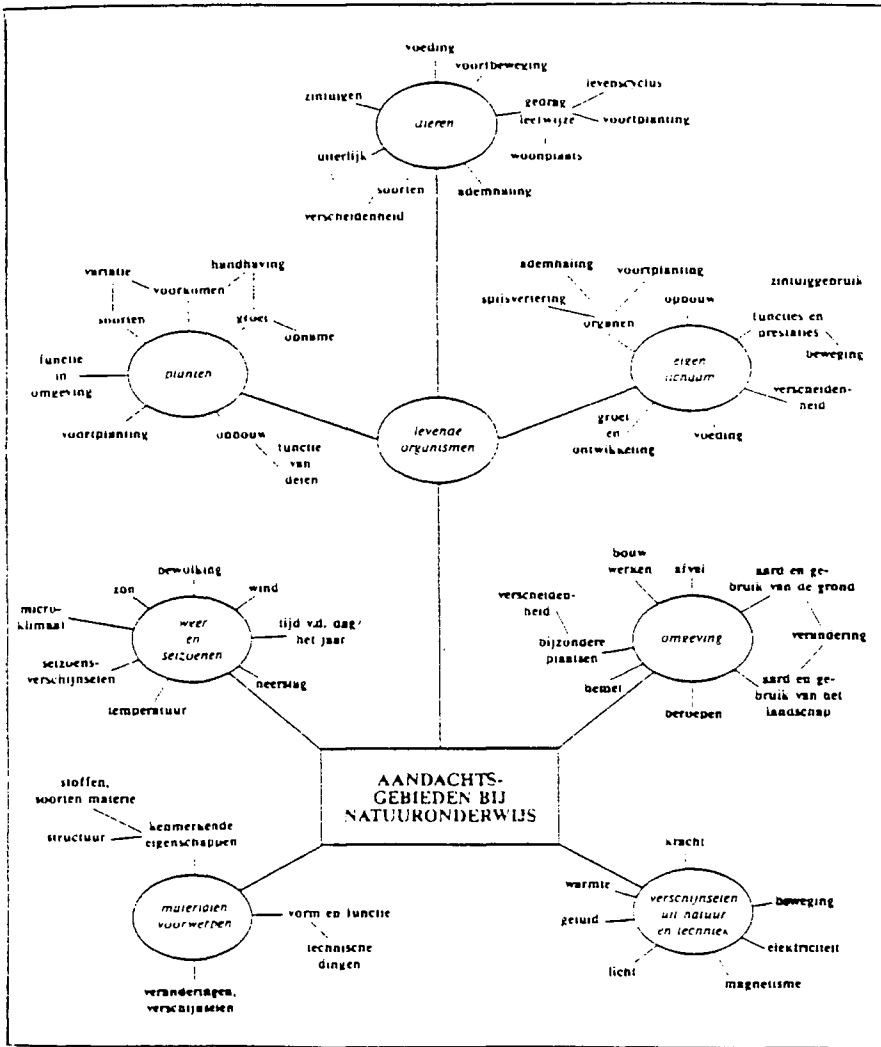
- . Wat is eigenlijk een druppel?
- . Zijn alle druppels wel even groot?
- . De valhoogte is van belang
- . Begrippen als oppervlaktetenspanning, adhesie en cohesie
- . De lenswerking van de druppels
- . De opstaande randen van de munten hebben invloed
- . Er is een verschil tussen bijvoorbeeld een oude en een nieuwe gulden.

Interessant is ook de aanpak:

- . Sommige deelnemers blijven steeds schatten en meten, anderen ontdekken het lineaire verband.
- . De werkzaamheden worden bijvoorbeeld in tweetallen verdeeld en onderling ontstaan discussies.

Reflectie

Het praktisch gedeelte wordt afgesloten met een gesprek, waarin de incidentele opmerkingen, gemaakt tijdens het



practicum, terugkomen. De deelnemers ervaren het practicum als erg motiverend.

4. Van concrete les naar programmavoorstel

Het practicum staat niet op zichzelf; het is een onderdeel van een leerlijn. Het gaat om het ontwikkelen van inzichten en vaardigheden. Het practicum draagt bij aan de ontwikkeling van het volgende inzicht:

Materialen en stoffen zijn herkenbaar aan een combinatie van (niet alleen uiterlijke) eigenschappen.

De volgende vaardigheden worden geoefend:

- Toevalligheden bij metingen uitsluiten door metingen te herhalen en te middelen.
- De omstandigheden bij een experiment systematisch controleren.
- Bij waarnemingen bewust die aspecten kiezen die voor de situatie van belang zijn.

Het practicum maakt deel uit van een leerlijn, die begint in de kleutergroep en eindigt in de bovenbouw.

De lessenserie ziet er als volgt uit: (de les met een pijl geeft de plaats van het practicum aan)

5. Extra informatie

De deelnemers aan het practicum kregen nog een werkblad, waarmee een "waterdruppelmicroscoop" te maken is en een achtergrondartikel over Antoni van Leeuwenhoek, die ruim 300 jaar geleden al experimenteerde met waterdruppels.

1/2.M/V.2a	Gietsen en schenken. Aan watertafel bakjes vullen/overgietsen.
1/3.M/V.2b	Stromend water. Aan watertafel water "geleiden". Slangen/trechters.
1/2.M/V.2c	Drijven en zinken. Aan watertafel drijven/zinken, bootjes maken van plasticine.
3/4.M/V.2a	Stoffen die vloeien. Vloeistoffen verkennen: olie en water gietsen, druppelen, vloeistof-spiegel bekijken. Vorm in diverse potten en bakjes. Verschil met vaste dingen en poeders. Spel doen over een "diner" met "soep en friet" (vast/vloeibaar eten).
3/4.M/V.2b	Van drijven naar zinken. Potjes/kurken drijvend/zinkend maken.
3/4.M/V.2c	Bellen blazen. Allerlei ballen blazen met diverse blazers.
3/4.M/V.2d	Zeepbellen verkennen. Zeepbellen op tafel: tegen elkaar, over iets heen, iets erdoor prikken.
5/6.M/V.2d	Zeepvliezen bekijken. Zeepvliezen maken in raampje en grote ring; kleuren kijken en levensduur meten (eventueel buiten).
7/8.M/V.2b	Hoe lichter, hoe dieper. Drijven/zinken in verschillende vloeistoffen vergelijken.
→ 7/8.M/V.2c	Stromen en stropen. Stroperigheid van vloeistoffen (water, olie, honing, enz.) vergelijken door te rollen met een gevulde jampot; laagjes maken.

Onderzoek doen

Werkgroep 4

M. Roes



In deze werkgroep stond onderzoek door leerlingen in de onderbouw centraal. Eén van de kerndoelen in de basisvorming voor Natuur- en Scheikunde betreft het opzetten en uitvoeren van eenvoudig onderzoek. Wij (een projectgroep van SLO, HvA, UvA en UT) hebben kenmerken van onderzoekend bezig zijn vertaald naar stappen voor een onderwijsleerproces. Daarbij hebben we bewust geprobeerd aan te sluiten bij modellen zoals die ontwikkeld zijn voor leerlingen in het basisonderwijs, en niet gekozen voor een afgeleide van de natuurwetenschappelijke methode. Dit stappenplan hebben we vervolgens uitgewerkt in de lessenserie 'Geluid horen en maken'. In deze lessenserie stellen leerlingen vragen over het maken van geluid met eenvoudige voorwerpen (bijvoorbeeld muziekinstrumenten, glazen, flessen, snaren, walkmans) en voeren een onderzoekje uit om deze vragen te beantwoorden.

Hieronder wordt eerst ingegaan op het stappenplan voor het onderwijsleerproces en wordt kort weergegeven hoe deze stappen zijn verwerkt in de lessenserie 'Geluid horen en maken'. Een cruciale fase in dit geheel is het stellen van onderzoeksvragen. Bij dit aspect zal wat langer worden stilgestaan. Tijdens de werkgroep is hierover een video-opname vertoond.

Stappenplan

Wij onderscheiden de volgende stappen in een serie lessen waarin leerlingen onderzoek doen:

1. Gemeenschappelijke start
2. Verkennen
3. Onderzoeksvragen
4. Apparatuurverkenning
5. Plan van aanpak
6. Uitvoering onderzoek
7. Verwerken van de waarnemingen
8. Rapportage

In de *gemeenschappelijke start* wordt het gebied van onderzoek geïntroduceerd met behulp van verschijnselen,

voorbeelden uit de omgeving (bijvoorbeeld door middel van video, verhaal, demonstratie). Leerlingen moeten duidelijk zien dat er variabelen in het spel zijn en dat er verbanden zijn tussen verschillende gebeurtenissen. Bij het *verkennen* gaan leerlingen 'aanrommelen' met materialen die een nauwe relatie hebben met de startfase. Op basis van handelen kunnen leerlingen zich een concreet beeld vormen van de begrippen die aan de orde zijn. De docent kan een paar voorzichtige opdrachten meegeven: nabootsen wat je in de startfase hebt gezien/gehoord, de spullen ordenen in groepen. Verwoorden speelt hierbij een belangrijke rol. Het verkennen zal tevens nieuwe vragen bij de leerlingen oproepen. Van deze vragen wordt vervolgens nagegaan of ze kunnen worden beantwoord door middel van een onderzoekje. *Onderzoeksvragen* en *opzoekvragen* worden van elkaar onderscheiden. In de *apparatuurverkenning* verkennen leerlingen (meet)apparatuur die bruikbaar kan zijn voor hun eigen onderzoek. Zij leren de variabelen uit stap 1 te koppelen aan de apparatuur. Apparatuurverkenning kan leiden tot nieuwe en/of bijgestelde onderzoeksvragen. Vervolgens kiezen leerlingen als groepje een onderzoeksvraag en maken een *plan van aanpak* voor het eigen onderzoek. Elementen in dit werkplan zijn: onderzoeksvraag, benodigde spullen, tekening van de opstelling, welke waarnemingen gedaan zullen worden, hoe deze genoteerd worden en de taakverdeling binnen de groep. Daarna kan op basis van dit plan de *uitvoering van het onderzoek* beginnen, waarbij leerlingen samenwerken. Vervolgens *verwerken* de leerlingen hun *waarnemingen* en beantwoorden hun onderzoeksvraag. In de vorm van een schriftelijke en mondelinge *rapportage* op basis van een voorgestructureerd rapportageformulier informeren de leerlingen elkaar en hun docent over de uitvoering en conclusies van hun onderzoek.

Lessenserie 'Geluid horen en maken'

Bovenstaand stappenplan is uitgewerkt in een serie van zes lessen waarin leerlingen onderzoek doen aan geluid. Deze lessenserie bestaat uit een docentenhandleiding, een

leerlingentekst en werkbladen. De acht stappen zijn terug te vinden in de vorm van experimentjes en opdrachten. Voor de uitvoering van deze experimentjes en opdrachten zijn werkbladen ontwikkeld. De serie start met het gezamenlijk luisteren naar een cassettebandje waarop geluiden zijn opgenomen die leerlingen moeten proberen te herkennen. In de tweede les verkennen leerlingen diverse voorwerpen waarmee ze geluid kunnen maken (bijvoorbeeld muziekinstrumenten, glazen, flessen, snaren, liniaal) en bedenken onderzoeksvragen bij deze voorwerpen (zie hieronder). In les 3 komt geluid als trilling aan de orde en worden de begrippen frequentie en geluidssterkte geïntroduceerd. Ook maken leerlingen kennis met de toongenerator, decibelmeter en evt. de computer en/of oscilloscoop. In les 4 maken ze in groepjes een werkplan voor het eigen onderzoek op basis van een werkblad. Les 5 en 6 tenslotte zijn voor de uitvoering van het onderzoek, het verwerken van de waarnemingen en de rapportage.

Onderzoeksvragen stellen

Het valt niet mee voor leerlingen om onderzoeksvragen te bedenken. Alleen 'aanrommelend' met materialen is vaak niet toereikend om op ideeën te komen. Het stellen van onderzoeksvragen moet volgens ons meer gestructureerd worden. Dit zou kunnen worden opgedeeld in drie stappen. Uitgangspunt is het voorwerp waaraan je onderzoek zou willen doen, bijvoorbeeld twee blikjes die aan elkaar verbonden zijn door middel van een touwtje. De eerste stap is dan om eens precies op te schrijven wat er gebeurt als je geluid maakt met dit voorwerp. In dit geval: je praat aan de ene kant in het blikje en aan de andere kant kan een ander je horen. De tweede stap is op te schrijven wat je allemaal zou kunnen veranderen. In dit voorbeeld: dikte, lengte of materiaal van het touw, grootte of materiaal van het blikje, etc. Bij stap 3 wordt er één uit dit lijstje gekozen en daarmee wordt een onderzoeksvraag geformuleerd. Bijvoorbeeld: Als ik een dikker touw neem, kan ik zachtere geluiden dan beter horen? Op basis van deze werkwijze zijn op een proefschool de volgende vragen gegenereerd:

- Als het gewicht zwaarder is, hoor je het dan ook luider? (*liniaal*)
- Wat gebeurt er als de lengte die buiten de tafel uitsteekt langer wordt? (*liniaal*)
- Wat gebeurt er als je de plankjes verwisselt? (*xylafoon*)
- Wat gebeurt er als je er water in doet? (*flessen*)

Om hier goede onderzoeksvragen van te maken, is een vertaalslag nodig waarbij de afhankelijke variabele ook expliciet benoemd wordt. In les 3 komen de begrippen toonhoogte en geluidssterkte aan de orde, evenals de apparatuur waarmee toonhoogte en geluidssterkte kunnen worden gemeten.

De moeite waard?

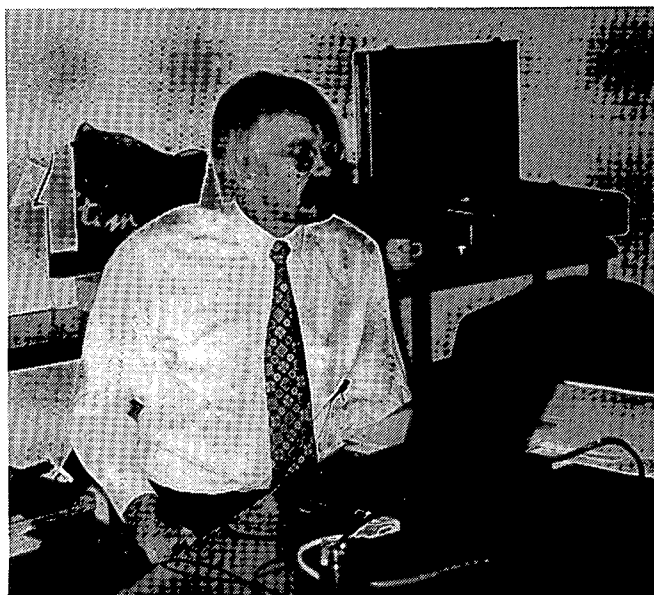
De lessenserie is inmiddels uitgeprobeerd op verschillende schooltypen: vbo, havo/vwo en gymnasium. In het alge-

meen zijn de reacties van docenten en leerlingen positief. Leerlingen vinden het leuk om zelf proefjes en een eigen onderzoek te mogen doen. Ondanks de energie die moest worden gestoken in de voorbereiding (het verzamelen van materialen) en de uitvoering, vonden de docenten deze investering de moeite waard.

Practicumtoetsen-in-varianten

Werkgroep 5

H. Joosten



Onlangs verscheen het rapport van de Stuurgroep Tweede Fase, getiteld "De Tweede Fase vernieuwt. Scharnier tussen basisvorming en hoger onderwijs. Deel 2". Hierin kan men lezen dat de Stuurgroep de bovenbouw ingrijpend wil herstructureren. Zo komt er een gemeenschappelijk deel, een profieldeel en een vrij deel. Ons vak komt voor in twee van de vier profielen: in Natuur en Techniek en in Natuur en Gezondheid. De vakontwikkelgroep natuurkunde gaat nu de inhoud van het programma vaststellen. Maar de verandering van het onderwijs zit 'm vooral in de nadruk die er gelegd gaat worden op *vaardigheden*. De aansluitingsproblematiek met het Hoger Onderwijs heeft aangetoond dat het niet de kennis is die de aankomende studenten ontbeert, maar een heel scala van studievaardigheden zijn zwak ontwikkeld. Daar worden met name de onderzoeks- en practicumvaardigheden genoemd; bijvoorbeeld het formuleren van probleem- en onderzoeksvragen. Het Cito komt de leraren tegemoet met de ontwikkeling van practicumtoetsen.

We maken al 15 jaar practicumtoetsen op het Cito, maar vier jaar geleden is er een nieuwe weg ingeslagen. Voorheen bestond een practicumtoets uit een docentenhandleiding met aanwijzingen voor de toa en correctievoorschrift voor de leraar en een practicumboekje voor de leerling waarmee deze de opstelling te lijf gaat, waarden noteert in tabellen en meetpunten uitzet in voorgedrukte diagrammen.

Er waren lange en korte toetsen, maar altijd was er van een proef maar één versie die het Cito aanbood. Wat is er veranderd?

De nieuwe toetsen, die we toetsen-in-varianten hebben gedoopt, bestaan uit vier basisvarianten op papier. Een werkplangedeelte, een variant A voor leraren die kiezen voor een verwerking in de vorm van een verslag, een variant B waarbij de leerling geen theorie aangeboden krijgt en tijdens het practicum aan de hand genomen wordt en gestructureerde vragen beantwoordt. Variant C

is gelijk aan variant B, alleen is daar de theorie gegeven. Maar het leuke zit in het volgende.

Bij elke practicumtoets behoort een diskette waarmee u, zittend achter uw pc, een toets op maat kunt samenstellen die past bij uw onderwijs en bij het niveau van uw leerlingen. U werkt binnen een paar minuten een keuzeprogramma door en kunt dan meteen uw toets-op-maat printen en kopiëren. Ook het antwoordmodel is automatisch aangepast aan uw keuzes.

De toetsen hebben niet alleen betrekking op de daadwerkelijke uitvoering van een experiment, maar ook op de voorbereiding ervan, de verwerking van de resultaten en de evaluatie van het experiment. Omdat er twee proefafnames zijn geweest, komt u bij de afname niet voor verrassingen te staan. In de handleiding krijgt u ook een indicatie voor de moeilijkheidsgraad van elk onderdeel. Deze toetsen zijn primair bestemd voor gebruik als practicum schoolonderzoek, maar de ingebouwde flexibiliteit maakt het mogelijk om de toets met behulp van de diskette zodanig te bewerken dat deze ook geschikt is als oefenmateriaal voor het PSO in de (voor)examenklas of als praktisch proefwerk.

Tijdens de werkgroep heb ik laten zien welke toetsen-in-varianten we tot nu toe hebben gemaakt en hoe het keuzeproces met de diskette werkt. De deelnemers werden daarna in staat gesteld zelf een eigen toetsvariant samen te stellen en te printen.

Overzicht van de verschenen practicumtoetsen-in-varianten.

1. Een aluminium ring

Een spoel met lange weekijzeren kern die er 5 à 8 cm uitsteekt, staat met de as horizontaal op tafel. Op deze kern is mm-papier geplakt. Een aluminium ring is verticaal opgehangen aan twee lange draden en hangt om de kern.

De spoel is via een schakelaar aangesloten op een gelijkspanning. Leerlingen bestuderen de beweging van de ring bij inschakelen en uitschakelen van de stroom. Ook worden + en - verwisseld en wordt de spoel op wisselspanning aangesloten.

2. Een stuitende bal

Een naadloos tafeltennisballetje laten we van valhoogte h_0 langs een lange lat met cm-verdeling op een harde ondergrond vallen en we meten de stuihoogte h_1 . We definiëren de stuitfactor f als h_1/h_0 .

De onderzoeksvraag luidt of de stuitfactor afhangt van de valhoogte.

3. Een thermokoppel

De leerlingen hebben de beschikking over een schakeling bestaande uit een ijzer/constantan-thermokoppel en een mA-meter waarbij de koude las in een bakje smeltend ijs hangt en de warme las wordt achtereenvolgens in een kaarsvlam, een gele vlam en licht ruisende vlam van een teclubrander gehouden. De doorsnede van de draden zijn gegeven, maar de leerlingen moeten bij deze proef in Binas de soortelijke weerstanden opzoeken, de weerstand van de schakeling berekenen en m.b.v. de wet van Ohm de thermospanning berekenen. Daarna tekenen ze m.b.v. tabel 27 uit Binas een ijkgrafiek van de thermospanning als functie van het temperatuurverschil tussen de lussen en lezen ten slotte de vlamtemperaturen af.

4. De warmte van een brandende lucifer

10 gram water in een reageerbuis wordt verwarmd door de verbranding van één lucifer. Men berekent de opgenomen hoeveelheid warmte door het water en de ontwikkelde verbrandingswarmte m.b.v. Binas. Met deze waarden berekent men dan het rendement en gaat na welke factoren van invloed zijn op het rendement.

5. Samengestelde lenzen

Men bepaalt de sterkte van twee lenzen en onderzoekt de regel: "De sterkte van een stelsel van tegen elkaar geplaatste dunne lenzen is gelijk aan de som van de sterktes van de afzonderlijke lenzen".

De leerlingen werken in een $(1/b, 1/v)$ -diagram. Ten slotte onderzoekt men of het iets uit elkaar zetten van de lenzen het stelsel zwakker of sterker maakt.

De gloeidraad van het buislampje doet dienst als voorwerp, dus aan de verduistering behoeven geen hoge eisen gesteld te worden.

6. Weerstandsdraad

In een black box zijn tussen 7 stekkerbusjes A t/m G cyclisch weerstandsdraden van elk 15Ω gesoldeerd.

De leerlingen zien alleen de 7 stekkerbusjes en moeten door metingen achterhalen welke van 5 mogelijke schakelingen in het doosje zit. Men moet inzien dat men bij een meting tussen twee punten aan een parallelschakeling meet. Door eliminatie van schakelingen moet de leerling

ten slotte bij de juiste schakeling 1 uitkomen.

7. Een bierweger

Een dobber laten we achtereenvolgens rechtstandig drijven in spiritus en water.

We meten de lengte l van de steel boven de vloeistofspiegel en omdat de dichtheden bekend zijn, kunnen we daarmee de rechte ijkgrafiek van ρ tegen l tekenen.

Dan laten we de dobber in bier drijven en meten l en lezen in de grafiek de dichtheid van bier af.

Ten slotte wordt nog de dichtheid van alcoholvrij bier 'gemeten'.

8. De kwaliteit van een voltmeter

Een gegeven condensator wordt geladen met een batterij. Daarna sluit men deze condensator aan op een analoge voltmeter en constateert dat de wijzer na ongeveer 1 minuut weer op nul staat.

Dan wordt gegeven dat na één RC-tijd de spanning nog maar $0,37 \cdot V(0)$ is. De leerling meet in dit specifieke geval de RC-tijd en berekent dan met de op de condensator vermelde capaciteit de inwendige weerstand van de voltmeter.

Ten slotte ontladen de leerlingen de condensator over een digitale voltmeter. Ze nemen dan waar, dat de spanning zo langzaam terugloopt, dat het wachten op $0,37 \cdot V(0)$ ondoenlijk is. Ze maken dan een schatting van de RC-tijd en berekenen daarmee de inwendige weerstand van de digitale voltmeter.

Ze moeten dan nog uitleggen welke meter de beste is en met welke van een serie genoemde capaciteiten de RC-tijd wel snel meetbaar is.

9. De regenboog

Leerlingen gaan het ontstaan van een regenboog proberen te begrijpen door een modelproef. Ze laten een 3 mm brede evenwijdige lichtbundel op een perspex schijf van 6 cm middellijn vallen.

Deze schijf stelt de waterdruppel voor. Door de schijf loodrecht op de richting van de lichtbundel te verplaatsen, ontstaat op een scherm een witte lichtvlek die zich verplaatst en overgaat in een kleurspectrum (de hoofdboog). Als we de schijf in tegengestelde richting bewegen, ontstaat op zeker moment de lichtzwakke bijboog. Door hun meetresultaten te vergelijken met een grote kleurenfoto waarop de beide regenbogen staan, koppelen we model en werkelijkheid.

Stoffen en materialen

Werkgroep 6

I. Bergsma



Stoffen en materialen, een lessenserie

Stoffen en materialen is een lessenserie, die naast of in plaats van de gebruikte methode toepasbaar is. Stoffen en materialen is geschreven door Maria Cornelisse, docente scheikunde en tevens werkzaam bij het APS. De serie is opgebouwd uit vier paragrafen en te verwerken in 7 tot 10 lesuren.

De eerste drie paragrafen hebben aan het einde van de paragraaf een zelftoets. In de docentenhandleiding bij dit lessenpakket staat een toets over het gehele pakket. Naast practicum, is er veel aandacht voor nieuwe werkvormen zoals: samenwerken, presenteren en rollenspelen. De vaardigheden uit het domein A van natuur- en scheikunde worden bijna allemaal getraind. Het lesspakket sluit naadloos aan bij de leef- en belevingswereld van leerlingen uit de eerste twee leerjaren van de basisvorming.

De werkgroepeliders hebben deze lessenserie op hun scholen uitgebreid getest met een aantal klassen. De proefversie kan, na enkele aanpassingen, definitief worden. Naast het leerlingenmateriaal is een uitgebreide docentenhandleiding aanwezig. Informatie over deze lessenserie is te verkrijgen bij het APS.

"Boodschappen of stoffen" §1

Alle dingen om je heen bestaan uit stoffen. Stoffen hebben eigenschappen. Glas is breekbaar en cola is bruin. Thuis moet je de eigenschappen van de stoffen kennen.

Een gezin heeft boodschappen gedaan, de kinderen zullen helpen met het opruimen van de boodschappen in de kasten.

Waar moet nu welke boodschap opgeborgen worden en waarom. Vragen die leiden tot het ontdekken en verwoorden van stoffeigenschappen. Sommige stoffen zijn gevaarlijk (pictogrammen), anderen zijn beperkt houdbaar.

Door de rol van koper en verkoper in een verfwinkel te oefenen, ontdekken de leerlingen verschillende verfeigenschappen en tegelijk leren ze met argumenten elkaar te beïnvloeden.

De werkgroepdeelnemers hebben deze werkvorm ook geoefend.

"Afval. Je bent er niet vanaf!" §2

De boodschappen die je in huis haalt kunnen stoffen bevatten die voor het milieu gevaar op kunnen leveren. Hoe ga je met deze stoffen om.

Wat is GFT afval en welke stoffen horen bij het KCA? Een milieuinspecteur weet hier wel antwoord op. Een lijst met stoffen van wat wel of niet tot het KCA behoort is zijn of haar leidraad. Verschillende werkvormen worden geoefend.

"Wat ben ik?" §3

Hoe kun je nu verschillende stoffen herkennen. Welke eigenschappen hebben ze, waarin zijn ze verschillend of wat hebben ze gemeenschappelijk?

In deze paragraaf veel aandacht voor leerlingenpracticum. Aan zes verschillende stoffen doen de leerlingen onderzoek. Aan het einde van het practicum weten ze welke stoffen welke eigenschappen hebben.

Naast onderzoeksvaardigheden is in deze paragraaf veel aandacht voor practicumvaardigheidsoefeningen, zoals schoonmaken en opruimen van het practicummateriaal en het werken met de brander.

In groepjes van vier, met voor ieder groepslid een eigen taak, doen ze nog een onderzoek aan een witte stof, die op het strand is aangespoeld.

Tot slot wordt het spel "Wat ben ik?" gespeeld. Met kaartjes en hints leren de leerlingen van veel bekende stoffen de stoffeigenschappen kennen.

" Luiers". §4

Er zijn verschillende soorten luiers. Je kiest voor een bepaalde luier, omdat die luier voor jou belangrijke eigenschappen heeft.

Voor het maken van luiers kan de fabrikant verschillende stoffen kiezen. De leerlingen zijn fabrikanten en ontwerpen dus zelf een luier.

In een eigen onderzoek gaan ze verschillende luiers vergelijken.

Daar wordt een verslag van gemaakt.

De paragraaf kan op verschillende manieren worden afgesloten. Bijvoorbeeld door het maken van een wervende poster, of het presenteren van de zelf ontworpen luier voor de klas.

Van dit laatste onderdeel is op één van de proefscholen een klassepresentatie op video opgenomen.

We zien dat sommige leerlingen in hun " verkooppraatje" zich op schitterende wijze in hun rol inleven, andere blijven steken in een iewat verward verhaal of begeleiden zichzelf te nadrukkelijk op de gitaar.

Deze werkvorm geeft leerlingen kans om hun uitdringsvaardigheid te oefenen.

Een aantal werkgroepdeelnemers zullen in het komende schooljaar gebruik gaan maken van deze lessenserie.



Fourieranalyse van de stem en andere geluidsbronnen

Werkgroep 7

P.P.M. Molenaar & C. de Boer



Inleiding: Signaalanalyse Een nieuw onderdeel in het Coach-programma

Analyse van periodieke signalen is een lastig fysisch concept. Heel snel heeft men dan te maken met Fourieranalyse en Fouriersynthese. Jammer want bijvoorbeeld veel geluids-experimenten vormen een fantastische kontekst maar blijven in de natuurkundeles een beetje in een kwalitatieve fase hangen. Uit een signaal/tijd-diagram frequenties halen is eigenlijk zonder Fourieranalyse niet goed te doen.

Recent is ontwikkeld een nieuw onderdeel in het Coach-programma waarmee signaal-analyse uitgevoerd kan worden met behulp van F.F.T. (Fast Fourier Transformation) of Linear Prediction. Met behulp van deze signaal-analyse is het mogelijk leerlingen een goed idee te geven over interpretatie van periodieke signalen zonder dat uitputtend de gehele Fourieranalyse aan de orde komt.

Fast Fourier Transformation (F.F.T.)

Met FFT wordt op een snelle manier vanuit een signaal/tijd-diagram een energie/frequentie-diagram gemaakt.

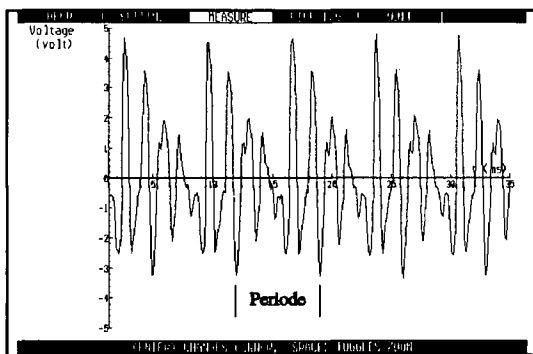


Fig.1 A uit 'aap' met een grondtoon van 140 Hz.

Neem bijvoorbeeld een registratie van de klinker A (zie figuur 1).

De grondtoon is nog wel te bepalen uit dit plaatje maar de boventonen niet goed. Na frequentieanalyse met behulp van FFT ziet het energie/frequentie-diagram er uit als figuur 2. Hierbij is gebruik gemaakt van een extra mogelijkheid van het programma om het signaal logaritmisch uit te zetten.

Van groot belang bij geluid omdat bijvoorbeeld bij het gehoor veel processen een logaritmisch karakter hebben.

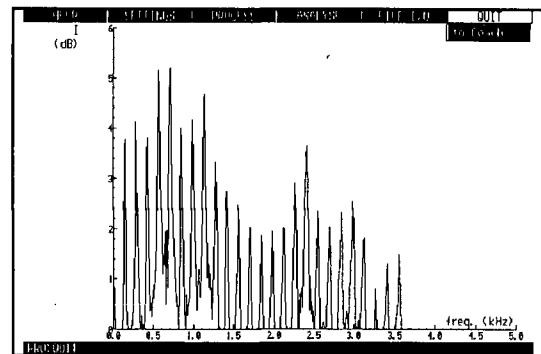


Fig. 2 Spectrum van A. Grondtoon: 140 Hz.

Een signaal van een gitaarsnaar kan ook heel mooi geanalyseerd worden. De verschillen tussen grondtoon en boventonen zijn aan te geven en evenzo de invloed op grond- en boventonen van de plaats van de aanslag of de methode van aanslaan van de snaar.

Verrassend vinden de leerlingen het ook om te zien hoe kleine faseverschillen in het signaal een grote invloed hebben op het signaal/tijd-diagram maar het energie/frequentie-diagram nauwelijks beïnvloeden.

Lineaire Predictie

Lineaire Predictie is een tweede methode van signaalanalyse toe te passen. Dit is een signaalanalyse methode die gebruikt wordt bij de analyse van de menselijke stem. De grondtonen en de boventonen in het stemgeluid zijn afkomstig van de stembanden. De mond-, neus- en keelholten versterken en verzwakken vervolgens niet alle tonen even sterk. Bepaalde frequenties resoneren en zo moduleert het signaal. De resonantiepieken heten formanten en deze zorgen voor de informatie in een gesproken klank. Bij de analysemethode van lineaire predictie is speciaal rekening gehouden met het optreden van deze formantfrequenties. Een soort omhullende van het spectrum wordt gemaakt zodat de toppen van de formanten goed zijn af te lezen. Zie in figuur 3 de analyse van de formanten van de klinker A met behulp van lineaire predictie.

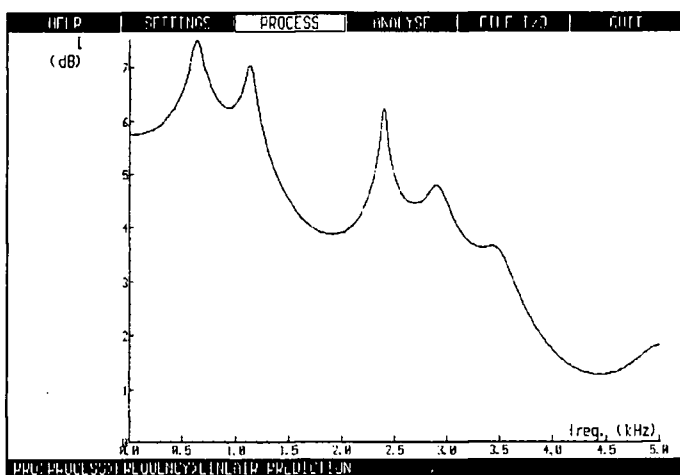


Fig. 3 De resonantiefrequenties van het klankkanaal bij het uitspreken van A

Zelfstandig onderzoek

Juist bij het zelfstandig onderzoek biedt deze signaalanalyse vele mogelijkheden om allerlei periodieke signalen te verwerken. Met name geluid is een kontekst waar leerlingen graag mee werken omdat ze er veel affiniteit mee hebben en het programma signaalanalyse biedt hen op eenvoudige wijze een verwerkingsmogelijkheid. Door leerlingen zijn al verschillende onderzoeken gedaan. Enkele voorbeelden zijn: een onderzoek aan de kwaliteit van verschillende soorten cassettebandjes of een onderzoek aan de begrenzingen van een soundblaster of de eigenschappen van een distortionapparatuur van een gitaar bekijken of het bestuderen van het zingen van wijnglazen.

Verrijgingslessen met muziek

In het kader van haar stage op de Scholengemeenschap Nieuwer Amstel is door Cathy de Boer een pakket lessen ontwikkeld waarmee met behulp van het programma Signaal-analyse de klankkleur van muziekinstrumenten bepaald wordt. Deze verrijgingslessen voor 4 Havo en 4 en 5 VWO bevatten duidelijk gescheiden onderdelen met stukjes theorie of 'doe'opdrachten en extra-opdrachten. Via het programma Proefmaker zijn de instellingen voor de leerlingen vastgelegd en kunnen ze een signaal opnemen en later via het programma Modelomgeving ongeveer hetzelfde signaal ook weer samenstellen uit een aantal sinussen. Daarmee kunnen op eenvoudige wijze belangrijke concepten uit de Fourieranalyse getoond worden.

Grafische Modelomgeving in IP-Coach 4.0

Werkgroep 8

C. Mulder & A. Mooldijk



1. De opzet van de werkgroep

De werkgroep had de navolgende opzet:

1. Fysische modellen doorrekenen met de computer in het curriculum van het vwo.
2. Modellen maken in Modelomgeving en Grafische Modelomgeving
3. Zelf aan de slag

2. Modellen in het vernieuwde vwo-examenprogramma

Werken met fysische modellen komt in het vernieuwde examenprogramma van het vwo voor bij de vaardigheden en bij de leerstoflijst fysische informatica.

Van vwo-leerlingen wordt verwacht:

- a. ten aanzien modelleervaardigheden:
Leerlingen moeten eenvoudige rekenmodellen, opgesteld voor verwerking door een computer, kunnen interpreteren.
- b. bij onderzoeksopdrachten:
Leerlingen moeten gebruik kunnen maken van de computer met bestaande programmatuur voor het doorrekenen van eenvoudige rekenkundige modellen, ten behoeve van modelvoorspellingen en hypothesetoetsing.
- c. ten aanzien van kennisaspecten van modelleren:
Leerlingen kunnen bestaande eenvoudige fysische modellen uitbreiden en wijzigen.
Kennis hebben van: een numeriek model, numerieke benadering en stapgrootte.

Enkele voorbeelden van fysische modellen zijn:

- Krachtenmodellen, x-t, v-t grafieken maken
- eenparig versnelde bewegingen
 - valbeweging
 - horizontale worp
 - problemen met gecombineerde bewegingen
 - afbuiging electron in homogeen electrisch veld
 - Harmonische oscillator (veren, e.d.)
 - Slinger, trillende lat

Warmtemodellen

- afkoelingscurven
- warmtevat
- Op- en ontladen van een condensator
- Model van een leeglopend vat
- Model van electromagnetische inductie
- Model van radioactief verval
- Model van sateliet lanceren
- Model van een planetenbaan

3. Leren modelleren

Bij het leren modelleren kunnen we gebruik maken van het programma Modelomgeving binnen IP-Coach. Dit programma leent zich goed om een model te maken in de vorm van een algoritme, dat vervolgens door de computer wordt doorgerekend.

Interessant van dit pakket is dat modelvoorspellingen gecombineerd kunnen worden met grafieken van (bewerkte) meetgegevens. Validatie van modelvoorspellingen via proeven is hierdoor goed mogelijk. Uit diverse praktijkbeproevingen op scholen blijkt dat vwo-leerlingen deze werkwijze graag gebruiken in de onderzoeksopdracht.

Toch ervaren leerlingen het begrijpen en veranderen van modellen in Modelomgeving als moeilijk. Zowel de wiskundige vorm van het model, de programmeeraanpak, als het aanschouwelijk maken van de manier waarop de computer een model doorrekent, zijn knelpunten. Om hier wat aan te doen hebben we gezocht naar mogelijkheden om modellen inzichtelijker te maken door voorrang te geven aan structuur boven formulekennis, structuur te geven aan de programmeeraanpak en inzicht te bieden hoe een tekstmodel is af te leiden uit een structuur.

Bij het onderzoek ligt de nadruk bij modelleren nogal sterk op het formuleren van een hypothese en deze te toetsen via het experiment. Willen we in al in klas 4 vwo

met modelleren beginnen, dan lijkt een benadering om modellen gebruiken bij het beschrijven van processen een eenvoudiger instap. Bij processen ligt ook meer de nadruk op de structuur, de beschrijving, dan op het voorspellende karakter.

Kort gezegd we hebben gezocht naar een aanpak om:

- hypothesetoetsing voor te bereiden
- fysische processen inzichtelijk te maken

Hiertoe hebben we het programma Grafische Modelomgeving ontwikkeld dat:

- aandacht heeft voor de structuur van de processen,
- modellen in Modelomgeving voorbereid, inzichtelijk maakt en van structuur voorziet.

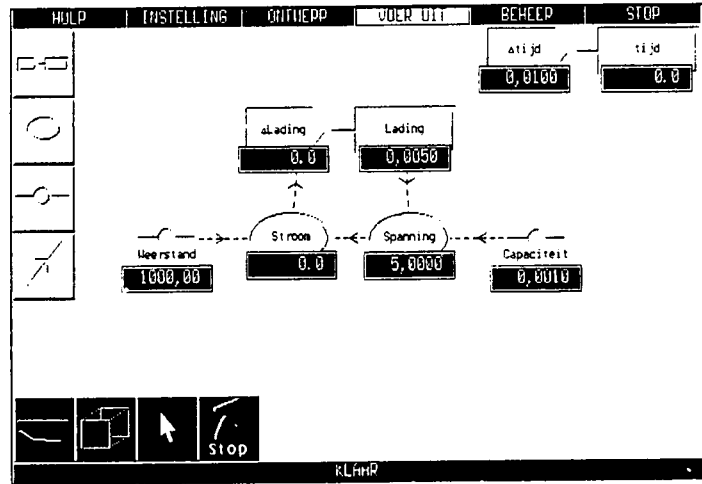
4. Wat is Grafische Modelomgeving

Bij Grafische Modelomgeving ligt de nadruk op het ontwerpen van een *structuur* van een proces. Met blokjes en rondjes, die grootheden (variabelen) en constanten voorstellen, en getekende lijnen wordt een structuur van een tijdsafhankelijk proces gemaakt. Het ontwerpen van zo'n structuur gebeurt met een muis. Als een structuur getekend is en voorzien van de benodigde startwaarden en relaties (formules) dan berekent de computer stap voor stap (de tijd wordt opgehoogd) de gewenste waarden van de verschillende grootheden. Het resultaat wordt met getallen in de structuur aangegeven of het laat zich zien als een grafiek in een ingesteld diagram. De structuur die men maakt in Grafische Modelomgeving wordt door het programma omgezet in modelregels zoals die gebruikelijk zijn in het programma Modelomgeving. Deze regels zijn te bekijken onder de optie Tekst en met dat model kan men zondig verder gaan in Modelomgeving. Omgekeerd leveren de modelregels uit Modelomgeving in Grafische Modelomgeving geen structuur op.

5. Een voorbeeld: Ontladen van een condensator

Een condensator wordt ontladen via een weerstand. Als beginwaarde voor de weerstand nemen we $R = 1000$ Ohm. Als Capaciteit nemen we 1 mFarad. De condensator is opgeladen met een spanning van 5 Volt. Op de condensator bevindt zich een lading van ($Q=C*V$) $5*10^{-3}$ Coulomb

Allereerst ontwerpen we een structuur door het proces stap voor stap te analyseren. Nadat we een structuur hebben gemaakt kunnen we inzoomen op de grootheden en aldaar hun afhankelijk bestuderen. We vullen dan formules en startwaarden in. Daarna kunnen we via *Voer uit* > *Structuur* het proces langzaam volgen:



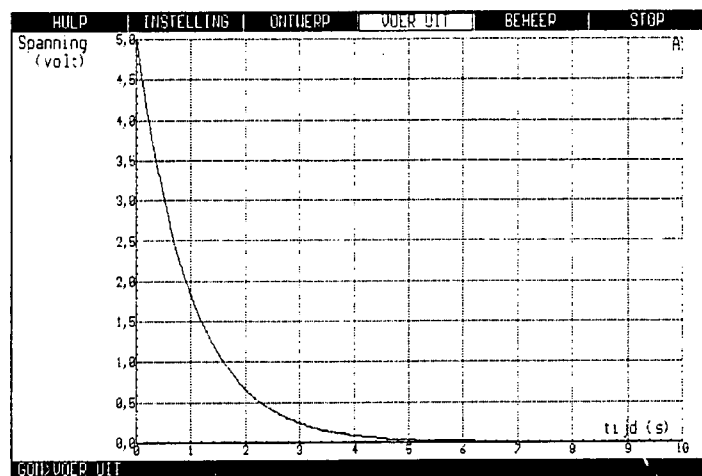
Structuur van het ontladen van een condensator

In *Ontwerp* > *Tekst* kunnen we model en startwaarden bekijken. Dit model is te exporteren naar het programma *Modelomgeving*.

HULP	INSTELLING	ONTWERP	VOER UIT	BEHEER	STOP
Weerstand = 1000		Spanning := Lading/Capaciteit			
Capaciteit = 1e-3		Stroom := Spanning/Weerstand			
tijd := 0		dLading := (-Stroom)*dtijd			
dtijd := 0.01		tijd := tijd+dtijd			
Lading := 5e-3		Lading := Lading+dLading			

Tekstregels van het model van het opladen van een condensator

In *Voer uit* > *Grafiek* wordt de grafiek getekend als bij *Instelling* > *Diagram* en *Instelling* > *Diagram* de juiste instellingen zijn gemaakt.

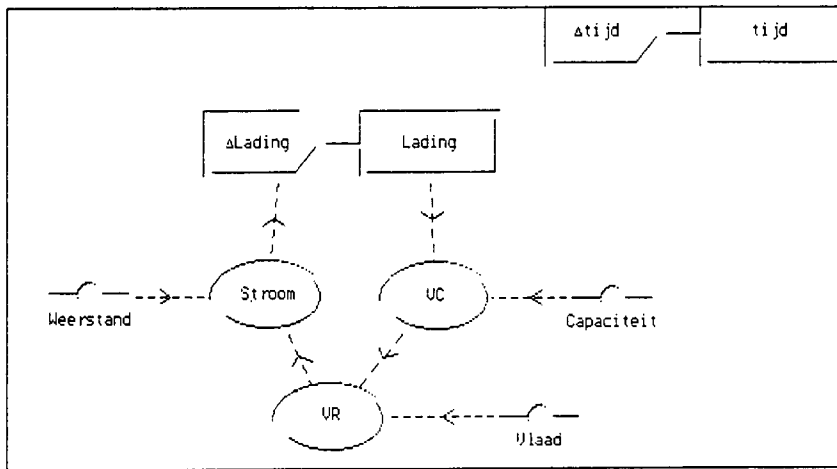


Grafiek van het model ontladen van een condensator

6. Werkgroep opdracht: het opladen van een condensator.

In de werkgroep probeerden de deelnemers vervolgens een structuur te maken van het opladen van een condensator.

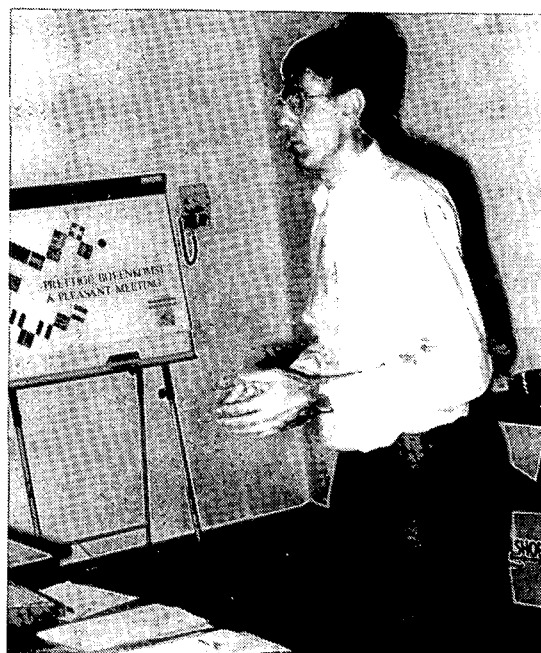
Structuur opladen van een condensator



P!T-tige Computerproeven Basisvorming voor Na/Sk + Bi

Werkgroep 9

K. Dolsma & P. Geerke



Informatietechnologie nu overal.

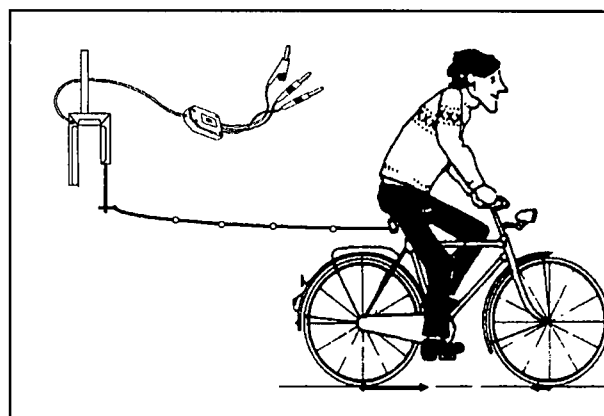
In enkele examenprogramma's (bijv. natuurkunde) wordt het gebruik van de computer al expliciet omschreven bij verzamelen van gegevens, bij meten, bij analyseren en gebruik van eenvoudige numerieke modellen bij hypothesetoetsing. Met de invoering van de Basisvorming moeten alle leerlingen (en docenten!) gebruik maken van IT/computers.

In het cursusjaar 1993-1994 hebben 125 scholen deelgenomen aan het P!T-project nsk/bi/tk; in 1994/95 volgden nog eens 40 scholen.

Doelstelling van P!T is een effectief gebruik van de computer als leermiddel in de basisvorming. De opzet van PIT-projecten is docenten zelf toepassingen en lesmateriaal laten ontwikkelen. Dat garandeert het beste praktisch lesmateriaal, passend bij de eigen lessituatie. De ontwikkeling en invoering van IT wordt binnen PIT ondersteund: met begeleiding en met (niet niks!) geld. Secties beschikken nu over enkele computers voor demonstraties of leerlingpractica. Een knelpunt is nog 't aantal computers, of de tijd; niet 't enthousiasme!

PIT-projecten natuurwetenschappen en techniek.

Tijdens het afgelopen cursusjaar hebben docenten natuurwetenschappen vele lesteksten, practica en demonstraties uitgewerkt. Zij ervaren zo hoe de computer de mogelijkheden in de les vergroot: Een andere werkvorm, nieuwe onderzoekjes en projecten. Bij computer-ondersteunde instructies (bijv. Lens), bij nabootsing van de werkelijkheid (LAKE), voor het raadplegen van informatiebronnen (Weet wat je eet, Energiewijzer) en bij meten en analyseren van practicumproeven (IP-Coach). Naast enkele simulaties, hebben docenten vooral meet-/verwerkingsopdrachten voor demonstratie of leerlingpracticum ontwikkeld.

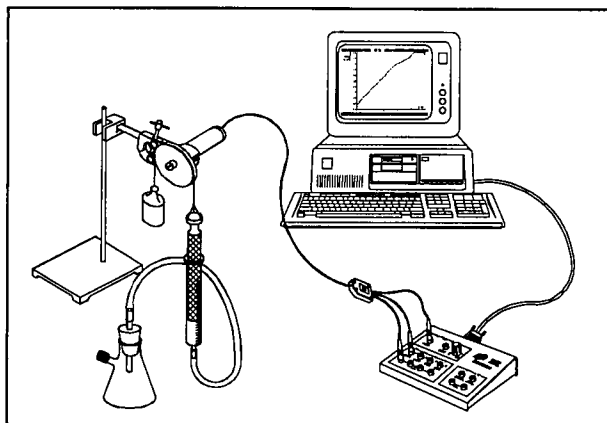


Het gaat er om computertoepassingen te vinden die iets nieuws toevoegen of waarmee een lastig experiment nu eenvoudig mogelijk is. Bijvoorbeeld de bepaling van de geluidssnelheid of meting van een chemische reactiesnelheid. Er is allerlei meetapparatuur: bijv. voor pH-, zuurstof-, lichtabsorptie-, temperatuur-, druk-, kracht-, positie-metingen; plotter, verkeersplein, robotarm. Maar daarmee is de proefopstelling nog niet gereed. Docenten en toa's zagen zich voor nieuwe meetproblemen geplaatst en kwamen met aansprekende oplossingen:

Bijvoorbeeld werd een fietser met een broekenelastiek aan een krachtsensor gebonden waardoor de beweging van de fietser kon worden gemeten.

Hoewel P!T niet is opgezet als nascholing, kunnen docenten en toa's met weinig computerervaring wel meedoen. Bij ontwikkeling en testen van lesbrieven/practicumopdrachten werkt een aantal scholen samen (P!T-netwerk). Deze samenwerking stimuleert! Nu blijkt dat de wil en de ideeën om IT te gebruiken er zeker zijn: tot nog toe ontbrak echter de tijd. Via dit netwerk ontstaat er een bundel

lesbrieven die direct bruikbaar zijn. Vanuit PRINT/VO wordt een selectie in 1995/96 beschikbaar gesteld.



Reactiesnelheid (magnesium/zwavelzuur)

Gebruik in de klas

De PIT-lessen halen computer uit de kast, ook al beschikt u nog niet over 10 opstellingen.

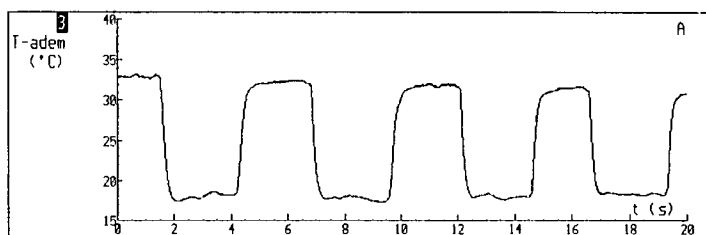
De ervaring leert dat er een open programmastructuur nodig is voor een gedifferentieerd en verrijkend computergebruik. Zowel bij COO, bij simulaties als bij meten en sturen. Daarmee wordt de computer een gereedschap voor leerlingen die ontdekkend leren in wisselende werkvormen. Met het programmapakket IP-COACH kan de computer ook in een open leeromgeving worden gebruikt. In een open leeromgeving wordt de computer gebruikt als een flexibel apparaat waarmee het proefje naar eigen inzicht wordt uitgevoerd/herhaald. De gegevens worden vastgelegd en vertoond in 'n tabel of grafiek. Bovendien wordt de computer gebruikt als kladblok: Metingen, berekeningen en weergave van grafieken kunnen snel worden herhaald om zo conclusies te vergemakkelijken. Voorwaarde is dat 'de computer' niet lastig is in het gebruik. De instellingen moeten overzichtelijk en voor zichzelf sprekend zijn, het programma moet wendbaar zijn en zoveel mogelijk verwerkingsvormen toestaan. Aanvankelijk zal het prettig zijn vanuit een gesloten opdracht te werken, maar na gewenning moet een open werkvorm mogelijk zijn, dan komen leerlingen tot 'ontdekkend leren'. In de eerste practica kiezen leerlingen uit een menu de gewenste proef.



Er bestaat een samenhang tussen het computergebruik in de les bij natuur/scheikunde en biologie. Het is daarom verstandig van dezelfde apparatuur/hardware/software gebruik te maken, bij demonstraties zowel als bij leerlingpractica. Leerlingen komen met een zelfde programmastructuur met zo mogelijk gelijk geformuleerde opdrachten snel(ler) tot onderzoekend leren.

Aan de slag

Onderwerpen die bij P!T-projecten veel werden gekozen zijn metingen rond de thema's: aquarium/waterleven, snelheid en beweging, kracht en botsing, conditie, fiets, geluid, geluidssnelheid, kaars, warmte, waterkwaliteit. Experimenten die in deze werkgroep aan de orde komen: volgen van een beweging (heen- en teruglopende of fietssende leerling) door de uitrekking van een elastiek op te nemen via een krachtsensor; plaats- en snelheidsbepalingen van een karretje met behulp van een USA- of USP-sensor; geluid (hard/zacht, hoog/laag, zuiver, zweeping); verbrandingssnelheid van kaarsen (invloed dikte, lont, soort) door de brandende kaars op een elektronische balans met computeraansluiting te plaatsen; reactiesnelheden meten door de gasontwikkeling te meten (gasmeetspuit + draaihoeksensor); extreme (vlam)temperaturen meten met behulp van een thermokoppel; ademhaling meten met een thermokoppel via temperatuurverschillen van in-/uitgeademde lucht en idem in relatie tot de hartslag met een thermokoppel + ecg-sensor.



Het resultaat van een (andere) meting

Voor docenten die niet aan een P!T-project hebben deelgenomen worden o.a. informatiebijeenkomsten en cursussen georganiseerd, bij voldoende belangstelling kan dit ook op de eigen school (natuurkunde/scheikunde/biologie en techniek).

Informatie: mw.L.Molenaar telefoon 020 - 5255886 (ma-di-do-vr.ochtend),

Didaktiek Natuurkunde, UvA, Nieuwe Achtergracht 170, 1018 WV Amsterdam.

IP-Coach Junior

Werkgroep 10

C. de Beurs, L.L. Leermakers & H. Zandbelt



Een window-versie van IP-Coach voor de onderbouw? Vanuit ervaringen met P!T-scholen is de behoefte ontstaan aan een visueel aantrekkelijker pakket (t.o.v. IP-Coach 4) met meer mogelijkheden tot sturing (instellen, uitleg tekst..) door de docent. Naar aanleiding hiervan wordt op dit moment gewerkt aan een nieuwe Coachversie: *IP-Coach Junior*. Deze versie wordt ontwikkeld in het kader van een PRINT/P!T-project.

IP-Coach Junior zal, in tegenstelling tot de huidige Coach-versie, onder *Windows* draaien. Dit biedt ruimte voor nieuwe mogelijkheden, zoals het afspelen van films of animaties en het laten zien van foto's of tekeningen en uitleg op het scherm. Hoewel het programma nog in een ontwikkelstadium is lichten we u nu al in over de vele nieuwe mogelijkheden die de nieuwe versie gaat bieden.

Doelstellingen

IP-Coach Junior wordt met name ontwikkeld om:

- een speelse en visueel aantrekkelijke IP-Coach voor jongere leerlingen beschikbaar te hebben;
- betere mogelijkheden te bieden voor onderzoekend leren met de computer;
- meer mogelijkheden te hebben om leerlingen tijdens de onderzoeksactiviteiten informatie te bieden.
- docenten de mogelijkheid te geven actief op te treden als ontwerper van het leerproces.

IP-Coach junior bestaat uit twee delen: IP-Coach *Demometer* en IP-Coach *Projectmaker*. De beide delen zijn geheel muisgestuurd, waardoor het gebruik eenvoudig is.

Demometer

Demometer is de leeromgeving voor de leerling. In *Demometer* kunnen leerlingen projecten uitvoeren, bestaande uit een verzameling proeven en een eigen lab.

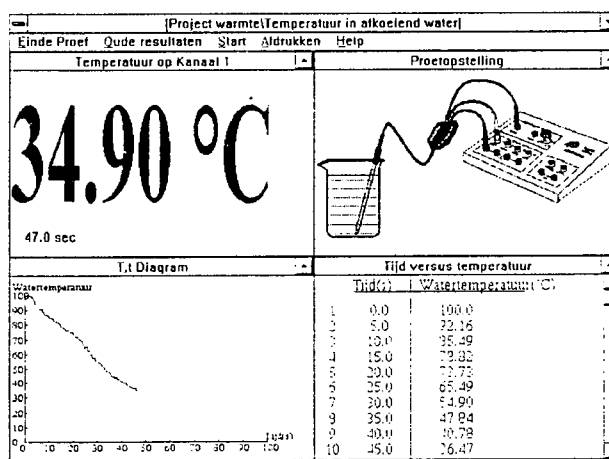


Fig.1: Demometer tijdens het uitvoeren van een afkoudingsproef

Demometer in Coach junior lijkt qua schermopbouw enigszins op de 'oude' *Demometer* in IP-Coach 4. Het scherm is standaard verdeeld in vier kwadranten. In tegenstelling tot de oude *Demometer* kan elk van de vier kwadranten een aparte functie krijgen. Zo kan in het ene kwadrant een meetwaarde groot in beeld komen, terwijl in een ander kwadrant een plaatje, animatie, diagram, meebewegende meter of uitleg-tekst verschijnt. De leerling kan in *Demometer* zelf kiezen wat in een bepaald kwadrant wordt weergegeven. De docent stelt vooraf de keuzemogelijkheden in (zie '*Projectmaker*').

Door gevorderde leerlingen kan gewerkt worden met het *Eigen Lab*. Dit is een toepassing waarin de leerling meer vrijheid krijgt voor het ontwerpen en uitvoeren van onderzoekjes. De leerling wordt een verzameling meters, plaatjes, animaties etc. geboden voor het bedenken en uitvoeren van eigen proeven. Ook toepassingen als het vooraf tekenen van een voorspelling in een diagram en het afdrucken van de gegevens in een kant-en-klaar rapport zullen tot de mogelijkheden behoren.

Projectmaker

Demometer in Coach Junior is een open leeromgeving. Dit houdt in dat de leerling veel vrijheid kan worden geboden. Bij jonge leerlingen kan het echter nuttig zijn om die vrijheid te beperken. De projecten, die de leerling in *Demometer* uitvoert, worden door de docent gedefinieerd met het deelprogramma *Projectmaker*. Dit houdt in dat de docent uitmaakt uit welke figuren, meters, animaties, teksten, etc. de leerling kan kiezen (en welke niet). Behalve een tekening of foto van de experiment-opstelling en een verzameling meters kan de docent ook diagrammen en tabellen instellen. Daarnaast kunnen er teksten geschreven worden die de leerling (bijvoorbeeld als inleiding op een experiment) op het scherm krijgt. Met *Projectmaker* kan de docent dus zelf leerling-projecten definiëren (zoals in *Proefmaker* van IP-Coach 4.0, maar dan met veel meer mogelijkheden). Ook de grenzen van het Eigen lab kunnen vastgelegd worden met *Projectmaker*.

Voor IP-Coach Junior zullen standaard-projecten ontwikkeld worden.

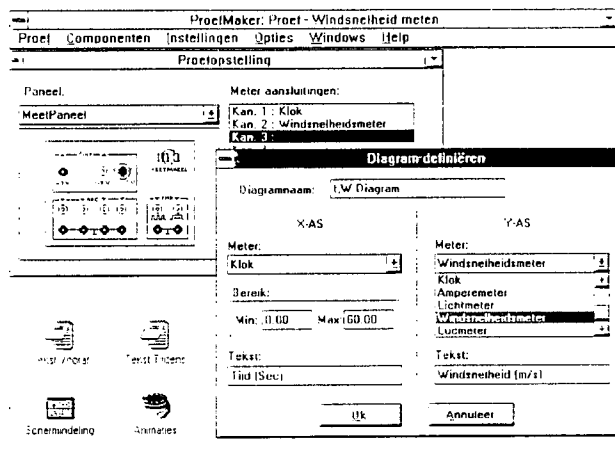
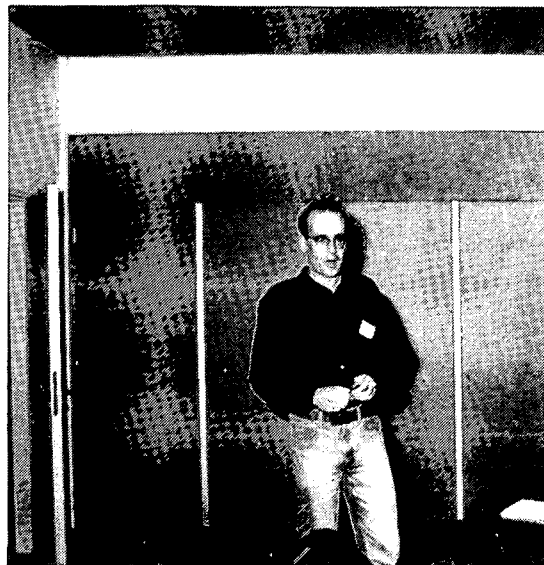


Fig.2: Projectmaker tijdens een diagram-definitie. Op de achtergrond is de proefopstelling zichtbaar, onderin de overige componenten van de proef.

Lesmateriaal met computerproeven voor Verkeer en veiligheid

Werkgroep 12

G. de Goede



Inleiding

Dat in de basisvorming *Verkeer* als context voor de kennisgeving met begrippen uit de kinematica en dynamica werd gekozen, lag voor de hand. Dat dit onderdeel van het programma zich óók goed leent om het volgende kerndoel te realiseren:

De leerlingen kunnen in directe relatie met kerndoelen uit andere domeinen de computer gebruiken bij het verzamelen of verwerken van gegevens of het inzichtelijk maken van processen.

zal worden geïllustreerd aan de hand van voorbeeld-lesmateriaal. Dit materiaal wordt op initiatief van PRINT/VO ontwikkeld als onderdeel van een reeks getiteld *Onderzoekend leren met de computer*. Het wordt momenteel op 4 scholen die deelnemen aan het PIT-project uitgetoetst.

Kerndoelen

Om het voorbeeldlesmateriaal op zijn waarde te kunnen schatten is het van belang om de relevante kerndoelen duidelijk voor ogen te hebben:

De leerlingen kunnen

- van een rijdend voertuig met constante snelheid de snelheid berekenen als afgelegde weg en tijd gegeven zijn.
- aangeven dat bij een rijdend voertuig de wrijvingskracht wordt veroorzaakt door rolwrijving en luchtweerstand;
- uitleggen dat er bij snelheidstoename een netto kracht in de rijrichting is en bij een snelheidsafname een netto kracht tegen de rijrichting in;
- het verband tussen beginsnelheid en remweg bij constante remkracht meten en weergeven in een grafiek;

- aangeven hoe bij een botsing de effecten van de botsing kunnen worden verminderd;
- het verband aangeven tussen rijnsnelheid, reactietijd en de omstandigheden waaronder gereden wordt, met het oog op de veiligheid.

Opmerkelijk is dat er slechts op één punt expliciet verwezen wordt naar weergave in een grafiek.

Context

De context *Verkeer en veiligheid* heeft al een lange geschiedenis in het Nederlandse natuurkunde-onderwijs. In 1981 verscheen de PLON-bundel *Verkeer en veiligheid*. Na het vaststellen van de kerndoelen voor de basisvorming is er meer materiaal op de markt gekomen. Bijvoorbeeld *Verkeer en natuurkunde* (1991) van DBK en *Veilig rijden* (1992) van de SLO in samenwerking met Veilig Verkeer Nederland.

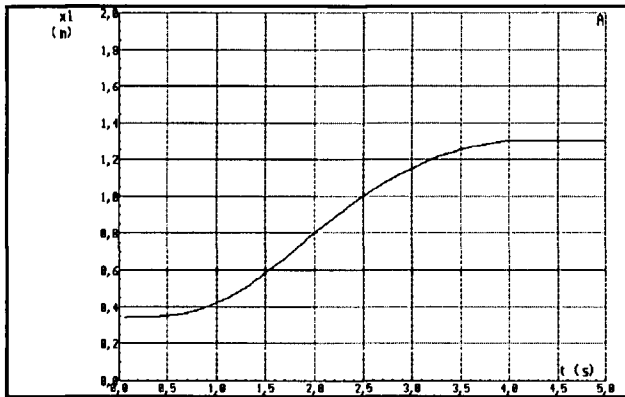
Meetmethoden

Er zijn twee belangrijke redenen om naast dit bestaande aanbod van lesmateriaal ook nog computer-ondersteund materiaal te ontwikkelen.

De eerste reden heeft te maken met de beschikbare methoden om snelheden, snelheidsveranderingen en krachten te meten. Traditioneel hebben we het dan over: meetlint en stopwatch, de tijdtikker, de stroboscopische foto en de veerunster. Prima technieken, maar soms tijdrovend, omslachtig of slecht in staat veranderingen nauwkeurig te registreren.

Sinds enkele jaren zijn er twee sensoren op de markt die, in combinatie met een PC en het programma IP-Coach, de mogelijkheden flink hebben vergroot: de *UltraSone Afstandssensor (USA)* en de *Krachtmeter*. Als voorbeeld een toepassing van de USA-sensor.

De sensor staat op een vlakke tafel. Over die tafel laten we een speelgoedauto met frictie-aandrijving wegrijden. Resultaat:



Grafieken

De snelheid waarmee de grafiek verschijnt demonstreert de tweede goede rede om de computer in te schakelen. De tijdwinst geeft de leerlingen de gelegenheid om uitgebreid te experimenteren met verschillende bewegingen en te oefenen in het interpreteren van de s-t-grafiek.

Het werken met grafieken (s-t, v-t, recht en krom) in de basisvorming roept nog al eens de vraag op: *kunnen alle leerlingen dat wel?*

De vraag moet natuurlijk zijn: *kunnen we ze dat leren en is dat de moeite waard?* Bij het vak wiskunde worden beide vragen nadrukkelijk met *Ja* beantwoord. In het nieuwe wiskunde leerplan *Wiskunde 12-16* neemt het werken met grafieken (en dan niet alleen als weergaven van een functie) een belangrijke plaats in. De leerlingen worden bij de collega's wiskunde goed voorbereid om bij natuurkunde hun zelf gemeten grafiek te onderzoeken.

Praktische uitvoering

Dat het zinnig is om de computer als practicumhulpmiddel in te schakelen is duidelijk, maar hoe moet dat worden gerealiseerd? Bij het ontwikkelde voorbeeld-lesmateriaal is uitgegaan van een klas van 24 leerlingen met 4 PC's met UIA-kaart. Ook in minder ideale situaties biedt het materiaal echter voldoende mogelijkheden.

Om er voor te zorgen dat met 4 computers toch elke leerling de computer gebruikt, is gekozen voor een *roulatiepracticum*. Dit is op zijn beurt weer ingebed in een *project*. Deze werkvorm biedt de ruimte om ook aan didactische accentverschuivingen van de basisvorming aandacht te besteden.

Project-opzet

Eén mogelijkheid is om het project *Verkeer en veiligheid* in 9 lessen uit te voeren:

- oriëntatie (1);
- verdieping (2): voorbeelden bekijken, begrippen introduceren, onderzoeksvragen formuleren;
- deelprojecten (3): een roulatiepracticum;
- rapportage (1);
- toepassing (1): verworven inzichten moeten in een andere situatie worden toegepast;
- afsluiting (1).

Voor de oriëntatie en de verdieping zijn geen leerlingteksten geschreven: de docent gebruikt hierbij het eigen boek, eventueel aangevuld met andere informatiebronnen. Ook de rapportage en de afsluiting moeten zelf worden ingevuld.

Het roulatiepracticum

Voor de deelprojecten zijn drie onderwerpen gekozen en bij elk onderwerp zijn 4 proeven ontwikkeld (2 met en 2 zonder computer):

gemiddelde snelheid meten

- (a) met de stopwatch;
- (b) met de tijdtikker;
- (c) met de computer als stopwatch;
- (d) met de computer en de USA-sensor.

snelheidsverandering meten

- (a) bij het uitrijden van een fiets;
- (b) bij een constante kracht;
- (c) van een uitdraaiend fietswiel;
- (d) die het gevolg is van luchtweerstand.

krachten bij remmen en botsen

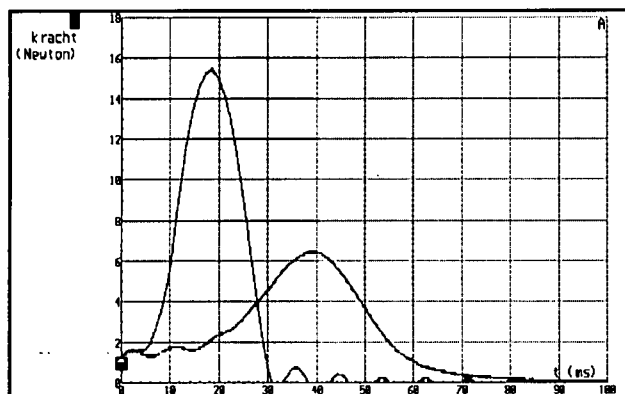
- (a) remweg en remkracht;
- (b) krachten bij botsen;
- (c) remmen en snelheid;
- (d) bumpers en kreukelzones.

De uitvoering is op verschillende manieren te organiseren. Bijvoorbeeld: per les worden er twee onderwerpen aangepakt. In teams van 3 leerlingen worden er dan 8 proeven uitgevoerd. Zo is het mogelijk om er voor te zorgen dat leerlingen altijd eerst het onderwerp *gemiddelde snelheid meten* doen, voor dat zij aan de slag gaan met *snelheidsveranderingen meten*.

Naast de traditionele meetmethoden en de computermethoden, wordt ook gebruik gemaakt van een z.g. *fietscomputer*: een digitale snelheidsmeter.

Bij de proef *bumpers en kreukelzones* rijdt een speelgoedauto van een kleine helling en botst tegen de krachtensor. De meetgegevens worden in een kracht-tijd-diagram gezet. In het diagram is de veerwerking van de krachtsen-

sor te herkennen, maar voor de leerlingen gaat het om de maximale kracht die er optreedt. Zij onderzoeken het verband tussen F_{max} en de snelheid en ze kijken naar het effect van verschillende bumpers en kreukelzones:



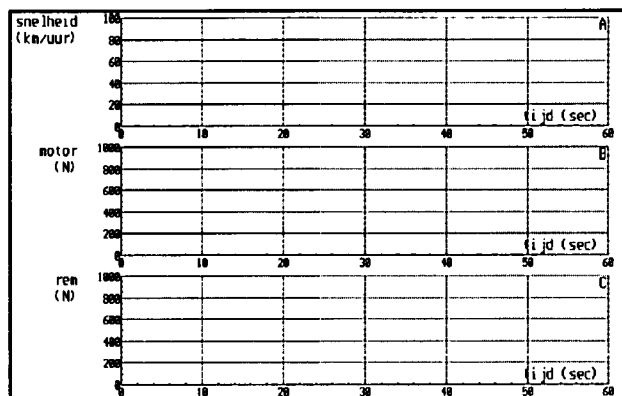
botsing met dunne en dikke bumper

De leerlingteksten

De leerlingteksten bij de proeven (zowel die met als zonder computer) hebben een uniforme structuur. In de inleiding wordt een onderzoeksvraag geformuleerd, daarna wordt de meetopstelling beschreven en wordt een testmeting uitgevoerd. Dan volgen de eigenlijke metingen en verwerkingsopdrachten. Alles is in duidelijk onderscheidbare delen opgesplitst zodat het mogelijk is een selectie van de opdrachten uit te voeren. Zo is het mogelijk om naar niveau te differentiëren.

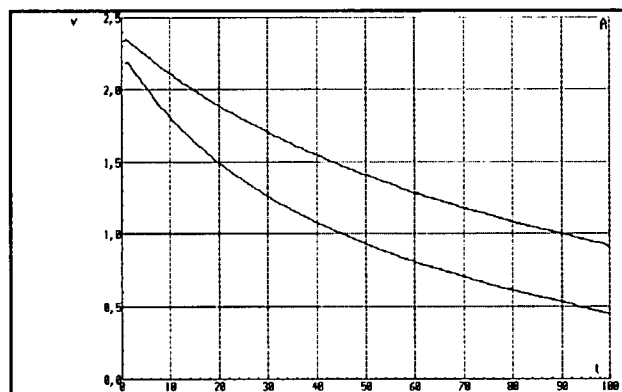
Voor elk van de drie onderwerpen zijn er **rapporten** samengesteld. Een rapport is een lijst met enkele korte vragen met invulruimte. De vragen kunnen echter alleen worden beantwoord als alle teams die met dat onderwerp zijn bezig geweest 'de koppen bij elkaar steken'. Zij moeten namelijk hun resultaten of hun methoden met elkaar vergelijken, voordat zij de vragen kunnen beantwoorden.

Voor de projectfase **toepassingen** zijn nog twee afzonderlijke computerpractica ontwikkeld. Hierbij wordt de computer niet gebruikt om te meten, maar om te **verwerken** en te **simuleren**. Het verwerken wordt uitgevoerd met het IP-Coach programma **Verwerking**: meetgegevens van een meting met de USA-sensor worden nader bekeken. Voor het eerst worden de s-t- en v-t-grafiek van dezelfde beweging met elkaar in verband gebracht. Voor dit practicum is geen UIA-kaart nodig en kan dus in een standaard computerlokaal worden uitgevoerd. De simulatie maakt wel gebruik van de UIA-kaart: de regelbare spanningsbron van het meetpaneel werkt als gaspedaal en rempedaal van een denkbeeldige auto. Op het scherm verschijnen drie grafieken onder elkaar: de snelheid, de motorcracht en de remcracht worden allen tegen de tijd uitgezet (zie grafiek bovenaan volgende kolom).



Aan de slag

De deelnemers van de werkgroep kregen de gelegenheid om aan de hand van de leerlingteksten deze beide computerpractica uit te voeren. Ondertussen werd de proef met het uitdraaiend fietswiel uitgevoerd. Hierbij wordt een fietswiel, dat met zijn as in een statief is vastgeklemd, in beweging gebracht. De snelheid van het wiel wordt gemeten met behulp van een lichtsluis. Elk omwenteling zorgt voor een puls en een klein programma in IP-Coach **Modelomgeving** rekent de tijd tussen de pulsen om tot een draaisnelheid. De draaisnelheid wordt uitgezet tegen de tijd. Met behulp van deze opstelling kan het effect van het **dichtmaken** van wielen worden onderzocht. Ook kan worden vastgesteld dat het effect het grootst is bij grote draaisnelheid: luchtweerstand is afhankelijk van de snelheid.



open (onder) en gesloten (boven) wiel

Conclusies

- De computer als meetinstrument, met name in combinatie met de UltraSone Afstandssensor en de Krachtsensor, heeft bij het onderwerp Verkeer en veiligheid een duidelijke meerwaarde.
- Het is niet altijd eenvoudig om bij de computerproeven de context duidelijk naar voren te laten komen. Het gebruik van speelgoedauto's brengt hier uitkomst.

- De snelheid waarmee meetresultaten in beeld verschijnen, geeft veel meer tijd voor het interpreteren van meetresultaten en voor het naar eigen inzicht variëren van de proef.
- De weergave van meetresultaten in grafieken sluit goed aan bij de aandacht die het werken met grafieken krijgt in het nieuwe wiskunde leerplan.
- De organisatie van computerpractica blijft, ook al wordt voor een rolatiepracticum gekozen, een hele opgave.

Beter begrip door practica: dat gaat niet zomaar!

Werkgroep 14

P. Dekkers

We vinden dat echt natuurkundig begrip pas blijkt, als leerlingen het verband inzien tussen de theorie en de praktijk. Het is teleurstellend als je merkt dat het practicum, waar het nu net om dat verband gaat, vaak weinig effect heeft op de begrips-vorming. Ed van den Berg sprak hierover in zijn lezing, en maakte duidelijk dat de inhoud en vorm van het practicum aan welbepaalde doelen dienen te worden aangepast. Een practicum gericht op begrips-vorming zal er anders uit zien dan een practicum waarin een bepaalde vaardigheid wordt geoefend. Onderzoek heeft aanbevelingen opgeleverd, die het practicum een grotere kans geven bij te dragen aan begripsvorming. De literatuur behandelt de aanbevelingen vaak in algemene zin, terwijl in deze werkgroep voor een echt begripsprobleem een concreet practicum ontworpen werd, rekening houdend met die aanbevelingen.

Deelnemers werkten individueel of in kleine groepjes aan antwoorden, en vergeleken ze later met die van de presentator. Het ging er niet om, de "juiste" antwoorden te vinden, maar de juiste vragen te beantwoorden. Vele even goede antwoorden bleken mogelijk, afhankelijk van eigen voorkeuren, doelstellingen en inzichten.

Het gekozen begripsprobleem: *Leerlingen zijn niet in staat, de massa en het gewicht van een voorwerp van elkaar te onderscheiden.*

Een discussie over de noodzaak dat II. dit onderscheid kunnen maken was hier niet bedoeld, maar bleek onvermijdelijk en noodzakelijk. Los daarvan is dit begripsprobleem echter zeker bruikbaar als voorbeeld, hoe practica in het algemeen aan begripsvorming kunnen bijdragen.

Massa en gewicht lijken zo sterk op elkaar, dat leerlingen de zin van het onderscheid niet inzien. Dus het doel is het



ontwerp van een practicum, dat het onderscheid *zinnig* maakt in de visie van de II. Er zijn 3 groepen vragen die hiertoe moeten worden beantwoord:

I. Analyse van de situatie vooraf:

Welke fysische begrippen en relaties spelen een rol? Wat weten en denken II vóór de les(sen)? En wat hebben we nodig bij het "zinnig maken"? (Wat moeten de II. eerst weten?)

II. Inrichten practicum:

Welke gebeurtenissen illustreren optimaal het onderscheid? Hoe ziet de structuur van het practicum eruit?

III. Wat doe je met de verworven kennis?

Hoe kan de verworven kennis ingepast worden in al bestaande kennis? Welke generalisaties / contexten zijn nodig om het "nieuwe" onderscheid voldoende inhoud te geven?

Een kleine greep uit enkele van de besproken antwoorden volgt.

Vraag 1: Welke fysische begrippen spelen een rol?

Antwoord: massa, zwaartekracht, gewicht. Het belangrijkste verschil tussen massa en gewicht is dat de massa van een voorwerp constant is, terwijl het gewicht eenvoudig veranderd kan worden. Juist daar kunnen we het onderscheid tussen de begrippen zinnig maken.

Vraag 2: Wat weten en denken leerlingen al?

Enkele te verwachten uitspraken van II. over "gewicht" die aangeven wat ze ermee bedoelen:

- Gewicht geeft aan hoe groot / zwaar / dik iets of iemand is.
- Je kunt je gewicht verminderen door minder te eten.
- Een weegschaal meet het gewicht van een voorwerp in kilogrammen.

- d. Als een dikke man op een bed gaat liggen buigt het verder door dan bij een dunne man. Dat komt door het grotere gewicht van de dikke man.

Vraag 3: Wat is nu precies het probleem?

Het begrip "gewicht" is extra moeilijk voor II omdat het al een betekenis heeft in het normale spraakgebruik, die we willen veranderen. Het probleem zit hem dus niet alleen in het begrip, maar ook in de taal:

- Als de II. "gewicht" zegt, zou de fysicus vaak "massa" of "zwaartekracht" zeggen.
- Invoeren van de termen "massa" en "zwaartekracht" is niet problematisch, wel het onderscheid tussen de twee.
- Kracht/interactie-begrip: een kracht wordt gezien als eigenschap van 1 voorwerp, niet als relatie tussen twee voorwerpen. Gevolg:
 - Als de fysicus "gewicht" zegt, zou de II. het hebben over "de kracht omlaag" maar die niet onderscheiden in "zwaartekracht" en ook nog "gewicht".
 - Zwaartekracht is "gewoon" 10 keer massa.
 - Zwaartekracht en gewicht zijn hetzelfde "ding".

Vraag 4: Wat moeten II. weten vóór het practicum?

Letten op wat binnen een practicum (voor de tweede klas) mogelijk is, werden de volgende "randvoorwaarden" gevonden. Wat II. moeten weten en/of kunnen:

- "massa" betekent: de hoeveelheid materie in een voorwerp
- "de zwaartekracht" is de kracht uitgeoefend door de aarde op een voorwerp.
- het vinden en benoemen van de krachten (uitgeoefend door ... op ...) voor eenvoudige interacties (botsende karretjes, magneten, veren die worden uitgetrokken of ingedruwd).
- meten van krachten met veerbalansen.

Vraag 5: Welke gebeurtenis / waarneming kiezen we?

Voorgestelde keuze: De Schommel.

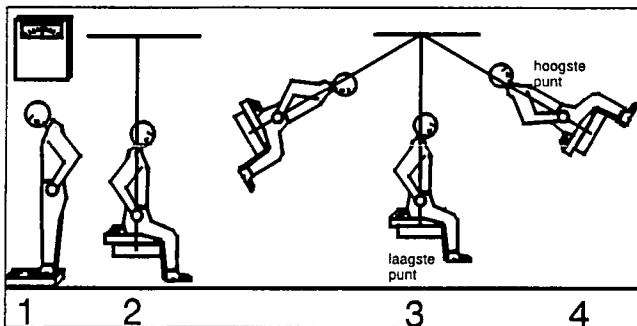


Fig.1: De proef met de schommel

Doel van het practicum is het inzicht:

"Op een schommel krijg je nabij het hoogste punt een

zweverig gevoel, alsof je bijna vliegt. Op het laagste punt voel je je juist zwaarder dan gewoonlijk. Je zou haast zeggen, dat je gewicht eerst afneemt en dan weer toeneemt! Volgens de natuurkunde is dat echt waar. Je massa blijft gelijk, maar je gewicht neemt af bij het hoogste, toe bij het laagste punt. Maar het gewicht is niet de kracht die je voelt. Het is de kracht die je op de schommel uitoefent."

Experimenten:

- LI. staat op een weegschaal en meet haar massa.
- LI. zit op de schommel en meet massa.
- LI. leest zittend de weegschaal af terwijl de schommel (flink) beweegt.

Argumenten in de analyse (alleen kwalitatieve analyse is bedoeld):

- Afspraak (die aansluit bij de intuïtie van II): Een weegschaal meet het gewicht G van een voorwerp A.
- Al bekend: De massa van A verandert alleen als je er "iets" bij doet of af haalt.
- Resultaat van het practicum (waarneming, nog zonder analyse): Wat de weegschaal in bepaalde situaties aanwijst, kan niet de massa van A zijn.

Vraag 6: Hoe structureren we het practicum? (Welke vragen zou je de II. voor de proef stellen? Welke zou je erna willen bespreken?)

Vanuit de bestaande onderzoeks-literatuur werden de volgende adviezen meegegeven:

- Sluit aan bij de dagelijkse ervaring.
- Maak gebruik van wat II. al denken en weten.
- Zorg voor een uitdaging, stimuleer motivatie.
- Maak II. bewust van hun eigen denkbeelden en manieren van uitdrukken.

LI. kan bijvoorbeeld gevraagd worden: Als de weegschaal in situatie 1 (fig.1) 60 kg aanwijst, voorspel dan voor 2, 3, 4 of hij 60, meer of minder dan 60 kg aanwijst (en leg uit waarom).

Voor vragen in de discussie na de proef is het de bedoeling te werken naar de inzichten:

Op de schommel verandert je massa niet. De weegschaal meet volgens afspraak je gewicht, en dat verandert wel. Massa en gewicht moeten dus verschillen. De weegschaal reageert op de duwkracht die erop wordt uitgeoefend, dus gewicht moet de duwkracht van een lichaam op de weegschaal zijn.

Deze inzichten moeten vertaald worden naar situaties zonder mensen en weegschalen, waarin het onderscheid nog steeds bestaat. Ook is nodig dat het "nieuwe" expliciet vergeleken wordt met eerdere opvattingen.

Vraag 7. Wat is nodig om van het practicum-resultaat tot het begrip "gewicht" te komen?

Punten van aandacht:

- de relatie gewicht - bewegingstoestand,
- contexten anders dan "de schommel",

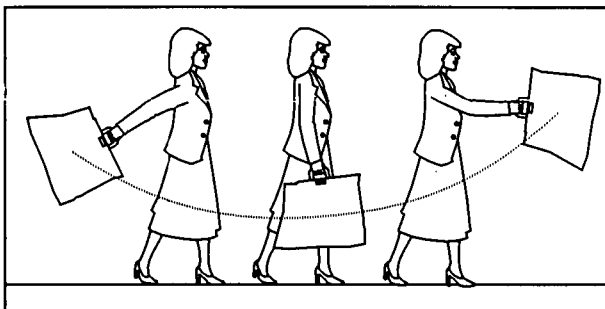
- beperkingen aan het begrip "gewicht",
- de weegschaal,
- relatie tussen gewicht, zwaartekracht en massa (analyse van interacties).

Hier slechts een aanzet tot een antwoord.

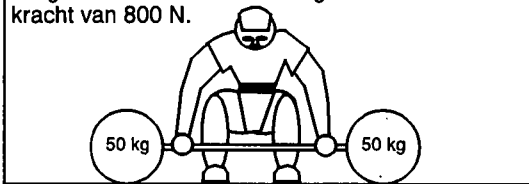
a. De schommel vervangen door een mens.

De dame in de figuur laat de tas zwieren (zie figuur).

Trekt de tas aan haar hand? Is dat een kracht? Verandert die kracht? etc.



De gewichtheffer trekt omhoog met een totale kracht van 800 N.



b. Beperkingen van het begrip "gewicht".

Kies het beste antwoord en verklaar je keuze: het gewicht van de halter is

- 800 N op de gewichtheffer.
- 400 N op iedere hand.
- 200 N op de grond.
- 100 N op ieder steunpunt op de grond.

Begripsontwikkeling met practica gaat niet zomaar. Deze werkgroep heeft nagedacht over de vraag "Hoe dan wel?".

Vrije veld experimenten op school?

Werkgroep 15

K. Vergouwen

Dr. Minnaert schreef al in 1937 in het voorwoord van "De natuurkunde van 't vrije veld" eerste deel, eerste druk:

"De betekenis van de open lucht-waarnemingen voor het onderwijs in de natuurkunde is nog niet voldoende erkend. Zij helpen ons in 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 ervoor, dat hetgeen op school geleerd is later nog telkens en telkens ook buiten de schoolmuren wordt teruggevonden. Aldus wordt de alomtegenwoordigheid der natuurwetten als een steeds weer verrassende en indrukwekkende werkelijkheid ondervonden."

"Streven om ons onderwijs te doen aansluiten bij het leven"

De hierboven geciteerde uitspraak van Minnaert is nog steeds actueel. In het natuurkundeonderwijs worden we immers geconfronteerd met een toenemende vraag naar toepassingen uit het dagelijks leven en naar het gebruik van contexten. Dit geldt zowel voor examenopgaven als in het vernieuwde programma.

Naar mijn mening en ook gezien de ervaringen op de lerarenopleiding natuurkunde en op een aantal scholen voor voortgezet onderwijs bieden de vrije veld experimenten op school, de open lucht-waarnemingen buiten de schoolmuren, goede mogelijkheden voor het natuurkunde onderwijs. Wij moeten de specifieke moeilijkheden daarbij wel goed in de gaten houden.

Dit werd recentelijk bevestigd in gesprekken met mensen die in de veertiger jaren als HBS-leerling de boeken van Minnaert hebben gekocht, gekregen, gelezen en gebruikt in verband met hun middelbare school natuurkunde.

"Verrassende indrukwekkende werkelijkheid"

Door behalve in het klaslokaal ook eens buiten de schoolmuren, temidden van de verrassende indrukwekkende



werkelijkheid, bezig te zijn, worden leerlingen en studenten gemotiveerd en enthousiast. Ze krijgen lol in de natuurkunde. Regelmatig verklaren zij op grond van overtuigende argumenten dat Minnaert "het" fout had vergeleken met hun eigen metingen en meetomstandigheden.

Door temidden van de werkelijkheid bezig te zijn ontwikkelt de natuurkundeleerling, anders dan in de klas, een gevoel voor grootheden, verschijnselen en processen, en een gevoel erin thuis te horen. Door de geluidssnelheid te meten, met bijvoorbeeld als resultaat 300 ± 50 m/s of door het elektrische aardveld te meten met als resultaat 100 à 200 V/m, ontwikkelen de leerlingen dat gevoel voor de verrassende indrukwekkende werkelijkheid: de geluidssnelheid is eindig en er bestaat echt een elektrisch aardveld.

Het enthousiasme van die oud HBS-er, het enthousiasme van HBO-student tot en met de MAVO-leerling voor de verrassende vrije veld experimenten moeten we als docent koesteren en gebruiken.

"Alomtegenwoordigheid der natuurwetten"

De natuur in de beschutte omgeving van het klaslokaal (zoals beschreven in het schoolboek en binnengehaald in de vorm van schoolse experimenten, onder instelbare controleerbare omstandigheden), is en voelt anders dan *de natuur op het schoolplein, in het stadspark, op het strand, in de duinen, of rond de parkeerplaats/garage van het congrescentrum.*

Schatten en meten geeft zicht op de orde van grootte en al doende leren docent en student om te gaan met *realistische maten, verhoudingen en processen*: de temperatuurverdeling in de parkeergarage om pakweg half twaalf is een gevolg van warmte-overdraagprocessen. Nagaan welk proces overheerst en wat globaal daarvan het gevolg is eist *geen hoge precisie* in waarneming en meting van weerkundige omstandigheden. Het geeft wel zicht op de alomtegenwoordigheid der warmtetransportwetten die zich

in een parkeergarage elke dag weer anders manifesteren en andere temperatuurverdelingen creëren.

Simpele meetinstrumenten, zoals Minnaert gebruikte, verdienen de voorkeur om de gevarieerde en complexe werkelijkheid buiten de schoolmuren in kaart te brengen. Zicht krijgen op een verschijnsel is belangrijker dan meten met een hoge nauwkeurigheid.

"Natuurlijke aanleiding tot het stellen van vragen"

Het aantal variabelen en hun onderlinge afhankelijkheden is in de complexe buitenwereld anders dan in de gecontroleerde klas experimenten. Dat maakt geen chaos, wel een mogelijkheid tot vragen stellen, of, in negatieve zin, het dichtslaan van de leerling.

Via het *identificeren van variabelen en processen*, waaronder de voorgeschiedenis (Is het vanochtend zonnig of bewolkt geweest, heeft het hard gewaaid?), en het vaststellen van *hun status*, kan de *meetbaarheid* en de verklaring van de meetgegevens van een verschijnsel worden geschat.

Om na te gaan of de invloed van de wind (b.v. 5 m/s) op de geluidssnelheid in lucht (330 m/s) meetbaar is, zal de geluidssnelheid met een nauwkeurigheid van ongeveer 1% gemeten moeten worden. De dracht van het geluid, omgevingsgeluiden en voldoende zicht bepalen mede de uitvoerbaarheid van een werkplan. Als tijdens een meting van het elektrische aardveld geen goede aarding beschikbaar is worden de meetresultaten twijfelachtig.

Organisatie en procedures

Om de geschetste mogelijkheden te benutten zullen we de steeds wisselende omstandigheden en daarmee de steeds wisselende rol van variabelen in de organisatie van de vrije veld experimenten moeten betrekken. Om onmogelijke opdrachten te vermijden zullen we, zolang leerlingen daartoe niet bij machte zijn, als docent de variabelen en hun status moeten identificeren voor de te verwachten waarneemomstandigheden.

Leerlingen en studenten hebben de neiging, wellicht gevoed door de opgaven uit hun natuurkunde boeken, nauwkeurigheid en precisie hoog te waarderen. Zij zullen geleidelijk, en door de docenten gestuurd, zich thuis moeten gaan voelen in omstandigheden waarin meetfouten van b.v. 50% geen beletsel vormen.

Helaas heeft Thieme recentelijk besloten voorlopig niet tot herdruk van Minnaert's boeken over te gaan. Hierdoor zijn op dit moment deel 2 en 3 niet meer te koop. Van deel 1 liggen alleen vertalingen in de winkel.



Elektronisch dobbelen met HAVO-4

Werkgroep 16

L. Heimel & C. Heesbeen



De Hogeschool van Utrecht heeft in samenwerking met OSG Schoonoord te Zeist een project voor HAVO-4-leerlingen ontwikkeld met als belangrijkste doel het bevorderen van de aansluiting tussen HAVO en HBO bij (elektro-)technische studierichtingen.

Het project is ontwikkeld aan de Faculteit Natuur & Techniek (vh. sector Elektrotechniek/Informatica) van de HvU. De faculteit hoopt hiermee de belangstelling voor techniek te bevorderen en leerlingen te laten ervaren hoe onderwijs gegeven wordt bij een technische HBO-instelling. Ook wordt beoogd een bijdrage te leveren aan een betere aansluiting van HAVO en VWO aan het HBO en dan met name de (elektro-)technische studierichtingen. Het project kan als 'werk-excursie' uitgevoerd worden bij de HvU. Aan de hand van een werkboek worden de diverse onderdelen van een elektronische dobbelsteen ontworpen en gesimuleerd met behulp van het systeembord. Hierna wordt de dobbelsteen ook echt gebouwd. De leerlingen kunnen hun werkstuk daarna meenemen. Er wordt van uit gegaan dat de Fysische Informatica, zoals beschreven in het WEN-rapport, is behandeld, want het systeembord wordt in de ontwerpfase gebruikt om verschillende functies te simuleren. Het onderwerp van de elektronische dobbelsteen, en het uiteindelijk zelf solderen is voor de leerlingen een zinvolle en leuke ervaring.

In de werkgroep is getoond hoe dit project is opgezet en is het geteste lesmateriaal gebruikt om een duidelijk beeld te geven van de excursie met een klas naar de Hogeschool van Utrecht. Ook is met de deelnemers van gedachten gewisseld over wensen, verbeteringen en ideeën voor mogelijke alternatieven. De deelnemers waren enthousiast over het gekozen onderwerp, over de directe inpasbaarheid in het lesprogramma en over het verzorgde uiterlijk van het gebruikte lesmateriaal.

Als ideeën werden geopperd het eerste deel van het project op de eigen school uit te voeren of als gastles te laten verzorgen door de HvU en het ontwikkelen van een tweede, vergelijkbaar project, zodat doublanten bij deelname in het volgende studiejaar niet opnieuw dit project voorgeschoteld krijgen.

In het eerste kwartaal van 1995 zal het project op grotere schaal onder de aandacht worden gebracht. Voor vragen en/of inlichtingen kunt u contact opnemen met de Hogeschool van Utrecht, Afd. Communicatieve Dienst of Ing. C.J.Heesbeen, Postbus 573, 3500 AN Utrecht, tel. 030-308108.



Problem-solving in het natuurkundepracticum: een gevalstudie

Werkgroep 18

F. Nijs



Tijdens het practicum worden studenten geconfronteerd met een aantal fysische verschijnselen: hierdoor leren ze wellicht een aantal wetten of begrippen beter kennen, of verwerven ze meer inzicht in de werking van bepaalde apparaten. Toch zijn dit niet de belangrijkste doelstellingen van dit practicum, wel dat studenten leren hoe labo-werk verloopt, én dat ze leren houden van dat werk. In 1. schetsen we enkele belangrijke elementen van de situatie: het fysica-onderwijs in Vlaanderen heeft n.l. een aantal eigen kenmerken. Wij willen dat progressief doorheen het academiejaar de studenten een grotere zelfstandigheid verwerven: dit is het onderwerp van deel 2. Tenslotte hopen wij op transfer, wij hopen dat het geleerde echt beklijft, dat het ook in andere omstandigheden gebruikt wordt. Dit bespreken we in deel 3.

1. Het aanvoelen dat de meeste studenten tijdens het middelbaar onderwijs slechts sporadisch zelf fysica-experimenten hebben uitgevoerd werd recent door een intern onderzoek op de hogeschool bevestigd. (Er zijn wel nieuwe leerplannen ingevoerd die dit tekort moeten verhelpen, maar de eerste afgestudeerden die volgens die leerplannen zijn opgeleid verlaten pas dit jaar de middelbare school). De eerstejaarsstudenten die we nu hebben moeten dan ook nog zo goed als alles leren i.v.m. practicum, en dit gebeurt dan ook zeer systematisch. De opdrachten die ze moeten uitvoeren bieden dan ook weinig ruimte voor eigen creatieve inbreng. Nochtans wordt van onze afgestudeerden (graduaat chemie, d.i. laboratoriumassistent) in de bedrijven vaak een grote mate van zelfstandigheid verwacht.

2. Daarom dat wij het in practicum van het tweede jaar over een andere boeg willen gooien. Wij doen dit echter niet plots: dit zou wellicht tot verwarring leiden, verkeer-

delijk de indruk wekken dat we weinig belang hechten aan de systematische verworvenheden van het eerste jaar. Wij gaan integendeel progressief te werk, we proberen daarbij elk team (= 2 studenten met gemeenschappelijke opdracht) individueel die opdracht te geven die iets meer zelfstandigheid verwacht, zonder dat dat team hopeloos verloren loopt: we vragen elk team iets verder te springen dan voorheen, dat het een berekend risico zou nemen. Groei in zelfstandigheid is immers een individueel gebeuren.

Zo zullen de opdrachten in de loop van het jaar minder gedetailleerd worden: de studenten zullen zelf meer en meer belangrijke elementen moeten zoeken en beslissingen moeten nemen. Naarmate het jaar vordert vertrekken opdrachten niet meer vanuit een afgewerkte nederlandse tekst, maar vanuit een publikatie, of vanuit het werk van een voorgaand team dat bepaalde lacunes vertoont. Niet elk team bereikt daarbij een zelfde graad van zelfstandigheid: wellicht is dat minder belangrijk dan de uitdaging en de ervaring.

In dit kader zijn nog 2 elementen belangrijk: dat wij proberen aan te sluiten bij wat ze in het eerste jaar leerden over "problem solving". En dat door een open ongedwongen sfeer denkend werken gestimuleerd wordt.

3. Recent onderzoek stelt dat onder bepaalde voorwaarden minstens nabije transfer mogelijk is. Eén van de voorwaarden zou n.l. zijn dat studenten zelf reflecteren over wat ze geleerd hebben, én dit nadien zelf in de groep expliciteren (= leren aan ervaring). Een practicum fysica kan vele kenmerken vertonen van een krachtige leeromgeving, dit zou op zich nog niet de transfer van een aantal attitudes garanderen. Daarom voorzien wij een evaluatiesessie, waarbij we de studenten vragen om na te denken wat ze hebben geleerd, en om dit nadien ook in de groep

te verwoorden. Het valt daarbij op dat ze in concrete termen de algemene doelstellingen van het practicum herformuleren.

Het zou uiteraard interessant zijn om na te gaan of het geleerde nog een rol speelt tijdens een ander practicum, een jaar later, of tijdens de bedrijfsstage.



Een open onderzoek aan gekoppelde trillingen: Wat leren de leerlingen ervan?

Werkgroep 19

H. Vos



Inleiding

In het NVON-maandblad van maart 1993 (blz. 95 evv) stond een artikel over open onderzoek en zwak gekoppelde trillingen. Hierin werden twee stellingen geformuleerd.

Stelling 1: Meetresultaten moeten vergeleken kunnen worden met beredeneerde, berekende of gesimuleerde resultaten (of: meetresultaten zonder meer, zijn waarde-loos).

Stelling 2: Het is gewenst om meer verschijnselen in zodanig algemene vorm te beschrijven dat eenvoudige, algemeen geldige relaties te voorschijn komen, die geschikt zijn om zinvol open onderzoek te doen.

Deze stellingen werden vervolgens geïllustreerd aan de hand van de koppeling van trillingen. Dit gebeurde ook in de werkgroep, aan de hand van "freihandversuche" met slingers gemaakt van blikken doperwten en capucijners, en koppeling met een slinky-veer. Elke twee trillingen kunnen gekoppeld worden. Als een van de twee wordt aangeslagen, ontstaat er een gemeenschappelijke trilling. Bij zwakke koppeling en gelijke frequenties, zijn zwevingen waar te nemen.

Een hypothese, die voor veel gevallen bij benadering geldt, maar niet algemeen te bewijzen is, luidt: Als twee trillingen zwak gekoppeld worden, is de frequentie van de zweving die ontstaat, evenredig met de koppelingssterkte. Onduidelijk is bijvoorbeeld in hoeverre de frequenties van de twee trillingen mogen verschillen.

Deze hypothese kan door leerlingen als open onderzoeksopdracht genomen worden. Ze hebben dan nog volledig de vrijheid om zelf de trillingen, de koppeling, de meetmethode en de praktische uitwerking te kiezen. Zelfs voor theorie is ruimte. Er zijn voorbeelden en suggesties te over, waardoor gemakkelijk een eigen keuze gemaakt kan worden.

Opdracht

Om de deelnemers enig gevoel te geven voor de mogelijkheden, kregen ze de opdracht zelf een opstelling te bedenken aan de hand waarvan een groepje leerlingen de hypothese zou kunnen testen. De bedoeling is na te gaan hoe de leerlingen te werk zouden moeten gaan om goede resultaten te krijgen. Probleem is de demping klein te houden, en de koppeling variabel te maken.

Hieruit volgden talloze ideeën. Gitaarsnaren of stemvorken, die akoestisch of elektrisch gekoppeld kunnen worden. Slingers, fysische slingers, magneten die slingeren, torsieslingers, ruiters op een luchtbaan tussen veren, die via veren, touwtjes, magnetische opnemers, of door magnetische kracht gekoppeld worden. Koppeling van twee LC-kringen. Twee cilinders met gas en trillende zuiger, twee U-buizen met water, twee dobbers in een U-buis.

Leerlingen

Een aantal leerlingen heeft deze open opdracht uitgevoerd met twee magneten, aan veren opgehangen in twee spoelen. De koppeling vond elektro-magnetisch plaats door de spoelen te verbinden, met een stroommeter en een variabele weerstand in de keten. De koppeling varieerden ze door spoelen met verschillende windingen te nemen en door de weerstand te variëren.

De zweving werd gemeten door een van de veren aan een krachtensor op te hangen, en de kracht te meten met IP-coach. De leerlingen vonden het meten van de stroom niet zo goed, omdat dit zelf een grootheid is die beïnvloed wordt door de koppelingssterkte.

Ze melden dat het bedenken van de opstelling veel moeite kostte. De criteria die ze stelden waren: een begrijpelijke koppeling, een koppelingssterkte die eenvoudig te variëren was, en nauwkeurige metingen. Ze hebben de trillingen zoveel mogelijk identiek gemaakt. Ze experimenteerden

met de vorm, massa en sterkte van de magneten, de afmetingen en sterkte van de veren, het aantal windingen van de spoelen en de afstand ertussen. Uit hun verslag bleek het volgende.

Wat voor onderzoek is hier aan de orde?

Het onderzoek valt in vier delen uiteen. Allereerst: Hoe is de zweving goed waar te nemen? Dit is een onderzoek naar opstelling en de parameterwaarden die zichtbare zwevingen geven. Ten tweede: Hoe is de invloed van de koppeling te variëren? Dit levert de variabelen waarmee de zwevingsfrequentie is te variëren. Ten derde: Hoe kan ik de relevante grootheden meten? Met de krachtsensor wordt de uitrekking van de veer, dus de positie van de magneet gemeten als functie van de tijd, wat voldoende is voor de zwevingsfrequentie. Daarbij moeten wel andere parameters constant gehouden worden. Een vierde onderzoek betreft de beste wijze van aanslaan van de zwevings-trilling. Hier gaat het om handvaardigheid in het maken van een trilling.

Verder vinden we een aantal karakteristieken. Meetbaar maken is niet voldoende voor onze leerlingen. De verschijnselen moeten ook zichtbaar zijn. De computer zou snel kunnen meten, maar ze kiezen voor langzame, zichtbare trillingen. Verder: de leerlingen noemen de gelijkblijvende weerstand van de spoelen wel, maar geven hiervoor geen waarde. Ze geven geen suggesties voor vervolgonderzoek. Ze staan dus nog niet echt boven het onderzoek, -wat niet te verwachten valt met een nieuw verschijnsel- maar doen heel goed werk.

In onderzoek van dit type kunnen allerlei verschillende practicumvaardigheden aan de orde komen, al naar gelang de interesse van de leerlingen. Soortgelijke practicumvaardigheden zien we in systematisch opgezet practicumonderwijs.

Typen opdrachten en open onderzoek

In mijn werk aan de UT als coördinator eerstejaars practica van de faculteit Elektrotechniek, hebben we ervaring met het inbouwen van open onderzoek in vakgebonden practica. In een dergelijke setting moeten de studenten doelgericht klaargestoomd worden om open opdrachten aan te kunnen. Daartoe moeten ze allerlei vaardigheden leren die we groeperen in de volgende typen opdrachten, die van onder naar boven (volgorde 1-7) doorlopen worden.

Soorten opdrachten/ vaardigheden (practica)

Onderzoek

7. Open onderzoekopdracht (onderzoekspracticum):

Hierin moet de student zelfstandig kennis verwerven en toetsen. Hij kiest zelf de grootheden die gemeten moeten worden, meetmethode, enz.

6. Onderzoekopdracht van meten:

Om los te komen van grootheid en meting, vergelijkt de student verschillende meetmethoden, aan de hand van zelf te kiezen criteria.

Metten

5. Meetopdracht (meetpracticum):

De student leert experimentele vaardigheden die nodig zijn om een gegeven grootheid te meten (volgens een zelf te kiezen procedure).

4a. Apparatuurpracticum:

Hier leert de student, vaak op een kookboekachtige manier, basisvaardigheden zoals

- een nieuw apparaat leren bedienen, bijv. spanningsbron, computer, oscilloscoop.
- een nieuw instrument leren hanteren, bijv. brander, snijmes.
- een verschijnsel leren opwekken, bijv. elektrische lading maken, golven opwekken.

4b. Begripspracticum:

Dit is een gestructureerde opdracht om een nieuw basisbegrip of een nieuwe relatie te leren kennen, misconcepties uit te bannen bijv. verschil tussen spanning en stroom, relatie kracht-versnelling.

Voorbereiden

3. Theorievraag: een model zoeken, een berekening uitvoeren.
2. Infovraag: nagaan of informatie over begrip, apparaat, verschijnsel begrepen is.
1. Voorkennisvraag: ophalen, integreren, op niveau brengen van oude kennis die weggezak is.

In open onderzoek aan gekoppelde trillingen kunnen alle genoemde vaardigheden aan de orde komen, in een context die ruimte geeft aan de eigen invulling en interesse van de leerlingen. De uitgangshypothese geeft richting aan de onderzoeksvraag, en daarmee houvast.

Literatuur

Vos, H. (1991). *Leren en transfer: het gebruik van een leerkiem*. Tijdschrift voor Onderwijsresearch 16, 5, 261-278.

Berg, E. van den & J. Buning (1994). *Practicum: leren ze er wat?* NVOX 19, 1, 245-249.

Eigen opdracht in 6 vwo: de klas als onderzoeksgroep

Werkgroep 20

J. van der Meulen



Inleiding

Met de komst van de WEN heeft onder andere de Eigen Opdracht in 6 vwo zijn intrede gedaan. Het is de bedoeling dat de leerlingen 15 à 20 uur met een natuurkundig onderwerp bezig zijn. De WEN schrijft niet precies voor hoe dat uitgevoerd moet worden en daardoor bestaat er nogal wat verschil in de aanpak. Op sommige scholen wordt de oude toestand gecontinueerd, dat wil zeggen dat de leerlingen een practicum-achtig experiment uitvoeren. Veel scholen zijn echter ingesprongen op de nieuwe situatie en laten de examenkandidaat een eigen onderzoek uitvoeren. Meestal maakt de 6 vwo-er zelf een keus voor het onderwerp waarbij hij zich laat leiden door zijn hobby's of interesses. Ook de databank uit Nijmegen wordt veelvuldig geraadpleegd. Op het Twickelcollege (Hengelo) worden de leerlingen enigszins in hun vrijheid beperkt. Zij krijgen een centraal thema, waarbinnen zij een deelonderzoek kunnen uitvoeren.

Centraal thema

Dit schooljaar is het thema "Transport van warmte" en vorig jaar was het "Beweging met wrijving". Het thema is zo gekozen dat het voldoende deelonderzoeken op kan leveren voor 50 tot 60 kandidaten. Bovendien moet het thema verschillende aspecten hebben, zodat de leerling toch enige keus heeft bij zijn individueel onderzoek. Gedacht moet worden aan metingen, modelleren en theoretische verdieping.

Spreiding

Bij de organisatie van het onderzoek stuiten veel docenten op praktische problemen. Vragen als "Wanneer zijn de leerlingen bezig", "Waar voeren ze het experiment uit", "Is er genoeg apparatuur" zijn slechts enkele voorbeelden van wat er komt kijken als een vijftigtal leerlingen een

opdracht moeten uitvoeren. Veel van die problemen hebben we op het Twickelcollege opgelost door spreiding toe te passen. In september schrijven de 6 vwo-ers zich in voor de Eigen Opdracht natuurkunde. Zij kiezen een tijdvak van drie weken in de periode van september t/m april. In de praktijk zijn er dus nooit meer dat drie tot vijf leerlingen tegelijk bezig. De eersten hebben de opdracht al in september afgerond; de laatsten komen na het laatste schriftelijke schoolonderzoek. Zo slaan we twee vliegen in één klap. De praktische organisatie wordt vergemakkelijkt en de leerlingen kunnen aan elkaar informatie overdragen.

Organisatie

Het is ondoenlijk dat de kandidaten hun onderzoek in een klasselokaal of het kabinet uitvoeren. Lokalen zijn maar beperkt beschikbaar en in het kabinet lopen ze anderen voor de voeten. Bij ons op school hebben we een radicale oplossing gezocht en de leerlingen een eigen werkplek gegeven. De leerlingen voeren hun werkzaamheden uit in een zogenaamde projektruimte. Dat is een ruimte ter grootte van 3/4 lokaal met practicum-faciliteiten. Er staan bijvoorbeeld computers om te meten en gegevens te verwerken. De leerling kan zijn opstelling daar laten staan en er op elk gewenst moment mee bezig zijn. Er wordt meestal buiten de lessen aan gewerkt, in tussenuren of 's middags. De afronding gebeurt door middel van een schriftelijk verslag en een publieke voordracht. Het verslag is openbaar, dat wil zeggen dat andere leerlingen geacht worden er gebruik van te maken. De voordrachten worden gemiddeld door 5 à 10 medeleerlingen bijgewoond. Soms als morele ondersteuning, maar ook om een indruk te krijgen wat een onderwerp inhoudt. De voordracht duurt, inclusief het beantwoorden van enkele vragen, ongeveer 20 minuten. Het cijfer is gebaseerd op de

verschillende onderdelen van het onderzoek en telt voor 30% mee in het totale schoolonderzoekcijfer.

Voordeel van centraal thema

Er zijn tal van voordelen aan het werken met een centraal thema. Om te beginnen hoeft de docent zich in minder zaken te verdiepen. Als de leerling vrij is om een onderwerp te kiezen, blijkt hij vaak met de meest uiteenlopende dingen aan te komen, waar de docent niet altijd in thuis is. De begeleiding is dan lastig en er zijn er regelmatig materiaal- en apparatuurproblemen. Als onderzoekjes min of meer zijn afgebakend rond een gemeenschappelijk thema, kan er van tevoren rekening mee gehouden worden door de TOA en de begeleidende leraar. De problemen waar de kandidaten mee te maken krijgen zijn ook beter te voorspellen. Het grootste voordeel, zoals wij dat zien, ligt in het feit dat deze manier van werken de mogelijkheid biedt om leerlingen van elkaars resultaten gebruik te laten maken. De "wetenschappelijke communicatie" en het fenomeen "kennisopbouw" blijkt inderdaad op te treden. Daarover zo meteen meer. Tenslotte biedt een centraal thema, mits goed gekozen, ook de mogelijkheid om enige complexiteit in het onderzoek te brengen. De leerlingen tasten enigszins in het duister als ze bezig zijn en met dit gebrek aan houvast moeten ze zien te leven.

De een leert van de ander

Het is de bedoeling dat er een voortgaande lijn in het onderzoek zit. Dat de kandidaten gebruik maken van de kennis van hun voorgangers. Dat kan door het verslag te lezen of door aanwezig te zijn op voordrachten. Maar het komt ook veelvuldig voor dat iemand bij een ander over de schouder meekijkt om zich op de hoogte te laten brengen van het 'hoe en wat'. In zijn verslaggeving dient de leerling ook te vermelden op welke voorgangers hij zich baseert. En hij moet vervolgens laten zien wat zijn bijdrage aan het onderzoek is. Daarbij kan hij voortbouwen op een voorganger. Maar hij kan een bepaald onderzoek ook overdoen om te verifiëren of de resultaten correct en reproduceerbaar zijn. Na het verslag van een ander gelezen te hebben, kan hij ook een alternatieve meetmethode kiezen.

Gang van zaken bij het thema "Bewegen met wrijving"

Onze ervaringen worden toegelicht met betrekking tot het centrale thema "Beweging met wrijving" uitgevoerd in het schooljaar 1993/94. Er ontstonden twee richtingen: meten en modelleren. Degenen die wilden meten hadden als taak om de invloed van luchtwrijving zichtbaar te maken. De beginners richtten zich op de valbeweging. De verschillende manieren die in het leerboek behandeld werden, werden door de diverse kandidaten geprobeerd. De meesten deden hun onderzoek nauwgezet maar kwamen tot de conclusie dat hun methode niet bruikbaar was om resultaten met een nauwkeurigheid van 0,01 s te produceren. Deze ervaringen leidden tot het experiment van Esther dat wekenlang een cruciale rol speelde in kennisopbouw. Zij

had met behulp van lichtcellen gemeten aan de val van een pingpongballetje. De metingen waren redelijk goed, maar zij had een onjuiste verwerking gedaan en kwam tot de onterechte conclusie dat haar balletje na 1,5 m vallen een constante eindsnelheid had van 3,4 m/s. Ondertussen hadden andere leerlingen zich de kunst van het modelleren met behulp van IP-Coach eigen gemaakt. De eersten werden met een voldoende beloond alleen al vanwege het simpele feit dat ze zelf uitgedokterd hadden hoe dat werkt. Van hun opvolgers werd een diepergaande studie verlangd. Op een gegeven moment gebeurde datgene wat voorspelbaar was. De modelmakers probeerden de resultaten van Esther te 'fitten'. En dat ging niet. Ze kwamen op een Cw-waarde van ongeveer 7 terwijl de constante eindsnelheid veel kleiner dan de door Esther opgegeven 3,4 m/s lag. Dit leidde tot ongefundeerde beschuldigingen over en weer tussen degenen die gemeten hadden en de modelleerders. Maar er ontstond ook een sfeer van 'laten we er maar mee ophouden, er klopt toch niets van'. De impasse werd doorbroken door twee leerlingen die zich wat dieper in de theorie verdiepten en er van overtuigd raakten dat de Cw-waarde in de buurt van 0,5 zou moeten liggen en vanuit een modelberekening een verbetering van het experiment van Esther voorstelden. Behalve de geschetste hoofdlijn werden ook zijpaden bewandeld. Een aantal personen heeft krachten gemeten aan stilstaande balletjes in een luchtstroom uit een windtunnel. Ook daar deed zich een wisselwerking voor met degenen die aan de valbeweging hadden gemeten. Een interessante zijtak was de 'plaktijd van een magneet' waar een aantal kandidaten mee bezig is geweest. Dat ging over een valbeweging die gestart werd door het uitschakelen van een elektromagneet, met als doel om nauwkeuriger resultaten te krijgen. De opstelling werd eerst geïjkt met een ijzeren kogeltje, dat zou $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ moeten opleveren, zo was de gedachte. Vervolgens lag er een piepschuimballetje met een punaise klaar. Maar de ijzeren kogel deed niet wat van hem verwacht werd en dus leidde dit deelonderzoek tot een nadere bestudering van de plaktijd, de tijd dat het balletje nog bleef hangen nadat de stroom was uitgeschakeld.

Ervaringen: de leerling als onderzoeker

Leerlingen maakten vooraf veelvuldig gebruik van de door hun voorgangers opgebouwde kennis, maar na de afrondende voordracht was hun interesse grotendeels verdwenen. Zij wierpen zich dan op andere uitdagingen die aan 6vwo-ers gesteld worden. Het werkplan dat ze moesten inleveren was achteraf gezien vaak iets te globaal en te weinig doordacht. De leerlingen realiseren zich te weinig welke praktische problemen ze kunnen tegenkomen. Tijdens de uitvoering van het experiment waren de kandidaten vaak gefixeerd op hele concrete handelingen zonder dat ze die op dat moment in een ruimer kader konden plaatsen. Pas later, bij de verwerking van de metingen, begonnen sommigen door te krijgen waar ze mee bezig geweest waren. Leerlingen hebben niet geleerd

om een experiment te 'dimensioneren', ze hebben soms geen idee welke uitkomsten realistisch zijn en welke niet. Bij de verwerking van de resultaten viel het op dat leerlingen soms ad hoc nieuwe theoretische verbanden menen te ontdekken bij toevallige samenhang van grootheden die niets met elkaar te maken hebben en de speurtocht naar het werkelijk aanwezige verband gemakkelijk loslaten. De verslaggeving was over het algemeen redelijk en de voordrachten bevallen uitstekend. Enige oefening in presentatie zou evenwel geen kwaad kunnen; het is moeilijk om je te verplaatsen in de voorkennis van het publiek dat zit te luisteren.

Waarom moet een centraal thema voldoen?

Het is de taak van de docent om een geschikt thema te kiezen. Een thema moet om te beginnen niet te beperkt zijn, zodat er voldoende deelonderzoeken uit zijn af te leiden. Het is ook belangrijk dat het thema verschillende invalshoeken heeft, zodat er enige diversiteit kan ontstaan. De deelaspecten kunnen betrekking hebben op meten (modern met de computer of 'ouderwets'), model-rekenen en theorie buiten de examenstof. De docent dient hier van tevoren een beeld over te hebben en kan dat met de kandidaten bespreken. Vervolgens is het belangrijk dat er een wisselwerking optreedt tussen meten, modelleren en theorie. Die wisselwerking krijgt gaande het onderzoek gestalte, maar dient wel onvermijdelijk ingebakken te zitten. De leerlingen moeten de wisselwerking zelf ontdekken, de leraar kan hooguit er een beetje naar toe sturen. Tenslotte moet het thema 'karakter' hebben. Dat wil zeggen dat er iets te onderzoeken moet zijn wat niet al vooraf duidelijk is. Het onderwerp moet enige complexiteit hebben, een verborgen geheim of moeilijkheid.

Voorbeelden van thema's

Tijdens de werkgroep kregen de deelnemers de opdracht om zelf een onderwerp te verzinnen dat geschikt is als centraal thema voor de Eigen Opdracht in 6 vwo. De volgende ideeën kwamen naar voren:

Beweging met (lucht-)wrijving

Warmtetransport

Geluid: muziekinstrumenten, klankkleur, Fourier

Geluid: geluidshinder, decibel, absorptie, geluidszones

Optica: kleuren, fotografie, niet zichtbaar licht

Optische instrumenten: verrekijkers, microscopen, coatings

Gloftica: interferentie, buiging, polarisatie

Transistorwerking

Natuurkunde van kermisattracties

Energie-omzettingen, nieuwe energiebronnen

Straling: kwadratenwet, absorptie

Biofysica: oog, oor, spieren, longen, hart

Practicum: haalbaar met banas?!

Werkgroep 21

*E. Wisgerhof &
A.J. Zwarteveen*



In onze werkgroep en op de markt hebben wij de geïntegreerde methode natuur-/scheikunde gepresenteerd. Bijzondere aandacht is besteed aan de mogelijkheden die banas biedt tot haalbaar practicum.

De deelnemers aan de werkgroep, die zich voor een deel aan het oriënteren waren naar een nieuwe methode, werden eerst ingelicht over de kenmerken van de methode.

De methode

Korte karakteristiek

Banas is een geïntegreerde methode natuur- en scheikunde, speciaal ontwikkeld voor de Basisvorming.

Er zijn twee delen (full colour) met bijbehorend werkboek. De leerstofopbouw is concentrisch. De tekst gaat uit van de eigen omgeving van de leerlingen.

Uitgangspunt is dat op alle niveaus gewerkt kan worden met hetzelfde tekstboek, zowel in homogene als heterogene groepen. Binnen de auteursgroep is uitgebreide leservaring aanwezig in de volle breedte van het voortgezet onderwijs, van vso/lom (ivbo, vbo en mavo) tot en met vwo.

Elke paragraaf is verdeeld in een A-deel en een B-deel.

De A-paragrafen bevatten de basisstof (kerndoelen). In de B-paragrafen worden deze verdiept en uitgebreid op basis van de WEN- en WES-eisen. In de B-paragrafen wordt dus de *doorstroming* geregeld naar de bovenbouw.

Elke paragraaf wordt besloten met een aantal kennisvragen, die een samenvatting vormen van de leerstof.

Bij elk deel kan men kiezen uit werkboek A en werkboek B. Deze gestructureerde opzet bevordert zelfstandig werken door de leerlingen. Werkboek A bevat vragen en practica bij de A-leerstof. Werkboek B bevat vragen en practica bij de A- en B-leerstof. In werkboek-B zijn *-opdrachten opgenomen. Deze zijn speciaal toegevoegd om ook havo/vwo-leerlingen op voldoende niveau te brengen voor de bovenbouw.

De oefenstof bevat zowel open als gesloten vragen en oefent kennis, vaardigheden en inzicht.

Door het geïntegreerd aanbieden van natuurkunde en scheikunde in de onderbouw, bestaat het gevaar dat leerlingen in de derde klas niet meer weten wat ze in hun vakkenpakket moeten kiezen. Daarom wordt in werkboek B van deel 2 expliciet aandacht besteed aan het kiezen van natuurkunde en/of scheikunde als *aparte* vakken in de bovenbouw. Bovendien is de leerstof in deel 2 zo ingedeeld dat zonder bezwaar door twee docenten parallel (de natuurkundedocent(e) en de scheikundedocent(e)) uit het boek gewerkt kan worden.

Bij elk deel van banas hoort een uitgebreid docentenboek met o.a. aanwijzingen bij de practica, uitwerkingen van de vragen en toetsen

Gebruik binnen de school

Banas is breed toepasbaar binnen het natuur- en scheikunde-onderwijs. De docent(e) heeft een grote mate van vrijheid. Op basis van het niveau van de leerlingen kiest de docent(e) welke B-stof hij of zij behandelt. Zo zal men op het (i)vbo doorgaans volstaan met de A-leerstof en gebruik maken van werkboek A. Bij het mavo zal men met het oog op de exameneisen WEN en WES ook onderwerpen kiezen uit de B-paragrafen. Gewerkt wordt dan uit werkboek B. Op havo/vwo zal men voldoende tijd hebben om veel B-stof te behandelen en het vereiste niveau bereiken met de *-vragen uit het werkboek.

Brede scholengemeenschappen

De hierboven genoemde opzet maakt banas ook zeer geschikt voor brede scholengemeenschappen. Eén tekstboek voor alle niveaus en differentiatie door indeling A/B met aparte werkboeken.

Banas is geschreven voor minimaal 5 jaaruur (2 en 3 uur per week in resp. klas 2 en 3) natuur- en scheikunde. Bij

meer uur per week heeft men extra tijd voor B-stof, practica en vragen in het werkboek.

Structuur

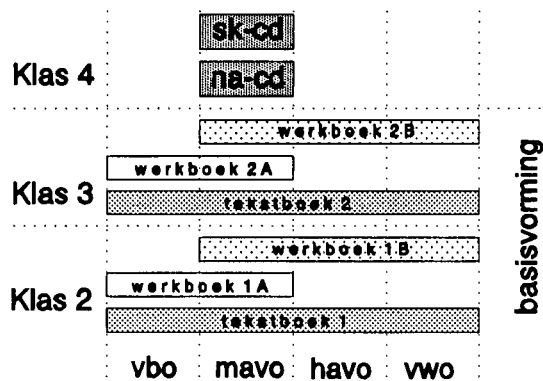


Fig.1: Overzicht methode banas

Deel 1 en 2 bevatten de onderwerpen van de kerndoelen natuur- en scheikunde van de basisvorming. Er is ruim voldoende stof om leerlingen in de tweede en derde klas voor te bereiden op de bovenbouw. Voor de vierde klas komt er een apart deel voor natuurkunde C/D en voor scheikunde C/D.

Docentenhelp

Bij elke combinatie van tekstboek en werkboek hoort een uitgebreid docentenboek. Hierin zijn o.a. opgenomen

- per paragraaf een overzicht van de kerndoelen en de leerstofonderdelen van de WEN en de WES
- achtergrondinformatie over de onderwerpen
- aanwijzingen bij de practica
- volledige uitwerkingen van de vragen uit tekstboek en werkboeken
- voorbeeldtoetsen (diagnostisch, afsluitend en praktisch)
- diskette met gecomprimeerde bestanden in WP5.1. Na installatie heeft de docent(e) dan de beschikking over de volgende tekstbestanden:
 - toetsbanken bij elk hoofdstuk met de vragen uit het tekstboek, het werkboek, de vragen uit de diagnostische toets en ca. 100 nieuwe vragen. Met een meegeleverde macro kunnen uit de toetsbanken snel toetsen worden samengesteld, compleet met kop en automatische nummering van vragen en figuren.
 - uitvoerige uitwerkingen van alle vragen uit tekstboek en werkboek.
 - de leerstofindeling per paragraaf naar de onderwerpen bavo, wen en wes.
 - leerstoflijsten kerndoelen, wen en wes.
 - de voorbeeldtoetsen uit het docentenboek.
 - de extra practica uit het docentenboek.

Practicum

Werkboek

Het werkboek biedt een groot aantal practicumopdrachten.

De beschikbare tijd bepaalt welke practica de docent(e) door de leerlingen zelf laat uitvoeren. Demonstratieproeven zijn in het werkboek als leerlingenpracticum opgenomen. De leerlingen vullen tijdens of na de demonstratie het werkboek in.

Alle practica hebben een herkenbare opzet:

- doel
- nodig
- opdrachten

Concluderende opdrachten staan in het werkboek in een kader.

De practica zijn grotendeels gebaseerd op gebruik van eenvoudige practicummaterialen, zoals op de meeste scholen aanwezig is.

In het docentenboek is een korte practicumtoets opgenomen, die in een half lesuur kan worden afgenomen. Hierdoor is het mogelijk de klas in twee delen te splitsen. De ene helft doet een theoretische toets, de andere een praktische. Halverwege wordt er dan gewisseld.

Vaardigheden

De vaardigheden die in domein A worden genoemd zijn in de methode geïntegreerd. Zo wordt bij de meeste domeinen de computer als hulpmiddel gebruikt. In sommige hoofdstukken wordt expliciet aandacht gegeven aan studies en beroepen bij het betreffende onderwerp.

Bij onderwerpen die zich daarvoor lenen worden leerlingen in situaties gebracht waarin ze een keuze moeten maken en deze moeten beargumenteren.

Ook het herkennen van natuur- en scheikunde in situaties uit het dagelijkse leven, komt regelmatig aan de orde.

De opbouw van de vaardigheden geschiedt in de delen 1 en 2 geleidelijk. Zo wordt in hoofdstuk 1 van deel 1 het tekenen van diagrammen behandeld, maar behoeven de leerlingen nog niet zelf een schaalverdeling te maken. Dit gebeurt pas in een later hoofdstuk.

Bij de eerste kennismaking met een formule die het verband tussen drie grootheden weergeeft, wordt deze alleen gebruikt om één grootheid uit te rekenen. Berekening van de twee andere grootheden wordt dan nog niet gevraagd.

Gebruik in de klas

Men kan het practicum gebruiken als 'lerend' practicum. De leerlingen doen dan practicum voordat de docent(e) de leerstof bespreekt. Tussen de practicumopdrachten worden begrippen gedefinieerd en conclusies getrokken. De leerling wordt via het practicum aan de hand genomen en stap voor stap met de theorie vertrouwd gemaakt.

Het tekstboek bevat alle theorie. Er wordt nooit verwezen naar practicumopdrachten die de leerlingen zouden moeten hebben uitgevoerd. Het practicum kan hierdoor ook als 'controlerend' practicum worden uitgevoerd.

In heterogene groepen biedt werkboek B ruime differentiatiemogelijkheden binnen de klas. Niveaudifferentiatie is mogelijk door de keuze van de hoeveelheid B-onderwerpen. Het grote aantal practicumopdrachten en vragen in het werkboek maakt tempodifferentiatie binnen de niveaus

mogelijk. Men kan sommige practica alleen door de snelle leerlingen laten uitvoeren.

Een achttal practicumopstellingen was aanwezig om de deelnemers van de werkgroep zelf aan de hand van de werkboeken kennis te laten maken met de practicummogelijkheden met banas.

Samenvatting

In de methode banas speelt het practicum een centrale rol. De practica uit de methode hebben de volgende kenmerken:

- De theorie is geïntegreerd in het practicum.
- Het practicum wordt afgesloten met concluderende vragen (in een kader).
- De demonstratiepractica zijn geschreven als leerlingen practica.
- Alle practica hebben dezelfde, heldere structuur.
- Bij elk hoofdstuk hoort een praktische toets.

Deze opzet maakt het practicum in de basisvorming *haalbaar met banas*.

Inlichtingen

Nadere inlichtingen worden gaarne verstrekt door de auteurs

J.L.M. Crommentuijn	mavo/havo	04950 34153
E. Wisgerhof	havo/vwo	078 156740
A.J. Zwarteveen	vso/(i)vbo/mavo	05940 7152

Beoordelingsexemplaren van tekstboeken en werkboeken kunnen worden aangevraagd bij uitgeverij Educatief te Voorschoten (071 616416).



Het oefenen van onderzoeksvaardigheden zonder practicum

Werkgroep 22

J. Buning



In de werkgroep over dit onderwerp is onderstaande onderzoeksdemonstratie in combinatie met een onderwijsleergesprek uitgevoerd. Het was een levendige leuke bijeenkomst. De demonstratie heeft niet het einde gehaald zoals hieronder is beschreven. De deskundigen onder elkaar konden het toch niet laten om *over* het gebeuren te praten i.p.v. het te ondergaan.

'Wat is natuurkundig onderzoek eigenlijk, train je dat wel met dit voorbeeld?'

'Wat wil je hier eigenlijk mee?'

'Jij stuurt teveel.' (inderdaad dat was ook de bedoeling).

Dragend de last en de lust van veel deskundigheid stelde de 'klas' aardige en soms ondermijnende vragen. Zo ontstond een discussie zoals die in een werkgroep hoort te gaan. De discussie geef ik hier niet weer, wel het uitgewerkte voorbeeld om onderzoeksvaardigheden te trainen. N.B. Onderzoeksvaardigheden zijn vaardigheden nodig om een experiment op te zetten, uit te voeren en te analyseren. Zie daarvoor het boekje: 'van practicum naar open onderzoek' van Ed van den Berg en Jaap Buning. Dit boekje is bij henzelf te verkrijgen. Het voorbeeld hieronder is eruit afkomstig.

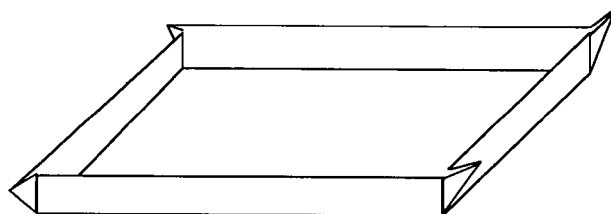
Onderzoeksdemonstratie

Het is misschien vreemd maar onderzoeksvaardigheden hoeven niet altijd geoefend te worden in een practicum. Hier volgt een voorbeeld hoe dat kan gebeuren in een demonstratie.

Voorwaarde om onderzoeksvaardigheden in een demonstratie te behandelen is wel dat de klas enigszins gewend is om een onderwijsleergesprek met de docent aan te gaan.

(Dit experiment wordt gebruikt als introductie voor eerste jaarsstudenten aan de Vrije Universiteit om hen te laten zien wat experimenteren eigenlijk is. Het is ooit gedemon-

streerd op een conferentie over natuurkunde onderwijs in Brussel)



Het vallende bakje

Docent legt uit wat de bedoeling is van het uit te voeren experiment: "*Het verschijnsel waar het om gaat is: vallen. Zijn wij met zijn allen in staat iets meer te zeggen over het vallen dan: vallen is als iets naar beneden beweegt?*".

De docent laat een stukje papier (1/4 A-viertje) vallen. Het blaadje dwarrelt schommelend naar beneden in onregelmatige bewegingen. "*Vallen kan een heel complex gebeuren zijn. Als het te complex is, zijn we daar als natuurkundigen vooralsnog niet zo blij mee, want dat is zo lastig om te beschrijven. Laten we eens kijken of we omstandigheden kunnen verzinnen die het wat makkelijker maken.*"

Mogelijkheid 1: papier tot prop verfrommelen. Prop valt regelmatig maar snel. "*Tja dat ziet er al heel wat regelmatig uit, maar het gaat wel erg snel.*"

Mogelijkheid 2: randen van het papier omvouwden zodat er een bakje ontstaat. (zie tekening) Als dit bakje aan weerszijden wordt vastgehouden en gelijktijdig wordt losgelaten, zweeft het bakje rustig, langzaam en (tamelijk) recht naar beneden.

Deze laatste beweging is goed te observeren en misschien de moeite waard om te beschrijven.

"Hoe kun je deze beweging beschrijven? Laten we daarom eens inventariseren welke natuurkundige grootheden allemaal een rol spelen bij dit verschijnsel."

Uit de klas zullen allerlei suggesties komen, die op het bord worden geschreven:

- oppervlakte bakje, massa bakje, lucht, soort papier (dichtheid, kleur, gladheid ...), wrijving, vorm van het bakje, viscositeit van lucht, turbulentie, zwaartekracht(-versnelling), vochtigheid, snelheid, tijd, afstand,

"Zo in het wilde weg grootheden opsommen en proberen op ideeën te komen, is voor een natuurkundige niet voldoende. Hij of zij gaat vervolgens onderzoekend te werk. B.v.: Als ik één van de grootheden verander, wat gebeurt er dan met het verschijnsel en brengt dat mij op ideeën? Laat ik daarvoor een grootheid veranderen. Ik neem een twee maal zo groot papiertje (1/2 A-viertje) en maak daar ook een bakje van. Nu laat ik beide bakjes van dezelfde hoogte vallen, en kijk welke er het eerste op de grond aankomt. Maar voordat ik dat doe, vraag ik jullie te voorspellen welke het eerste aan zal komen en waarom." Docent inventariseert de mogelijkheden. Leerlingen mogen vrij gissen.

Het experiment wordt uitgevoerd. Docent gaat op de tafel staan en laat beide bakjes vallen. (luister naar de twee tikken) Het blijkt dat beide bakjes gelijktijdig aankomen. Hoe komt dat?

Daarvoor moet de onderzoeksvraag meer precies geformuleerd worden. Bv. wat bepaalt de valtijd van het bakje? We moeten nauwkeuriger naar het verschijnsel kijken:

- Er is een beweging. Kunnen we die beschrijven? (een vraag uit de kinematica)
- Er zijn factoren die de beweging bepalen. Welke zijn dat? (een vraag uit de dynamica)

Zo kunnen we in die willekeurige opsomming van grootheden een zekere ordening aanbrengen!

ad a) Wat voor soort beweging is het? Laat een bakje nog eens vallen en observeer met z'n allen. Het lijkt in eerste benadering een eenparige beweging.

N.B. denken in benaderingen, praten in termen van 'in eerste orde is de beweging te beschrijven als eenparig' is niet vanzelfsprekend. Waarom een natuurkundige zo werkt, daaraan zal dus aandacht gegeven moeten worden. Verfijningen brengen we later wel aan.

Als het een eenparige beweging is dan geldt een eenvoudige relatie: $t_{val} = \frac{s}{v}$ (1)

De valtijd t_v wordt dus bepaald door de valafstand s en de snelheid. De afstand s is voor beide bakjes gelijk, dus de snelheid blijktbaar ook. De vraag is nu: wat bepaalt de snelheid v ?

Dat brengt ons op het tweede punt: wat veroorzaakt de beweging?

ad b) Als natuurkundigen (en dat zijn de leerlingen op dat moment ook!) weten we dat krachten op een voorwerp dat voorwerp in beweging zetten. Dus: welke krachten spelen een rol? (leerlingen suggereren weer)

- zwaartekracht, wrijvingskracht, opwaartse kracht.

Ook nu weer gaan we 'in eerste benadering' werken en niet te moeilijk doen. Daarom wordt de opwaartse kracht verwaarloosd.

"Kunnen we uitdrukkingen vinden voor de zwaartekracht en de wrijvingskracht en denk daarbij aan alle opgesomde grootheden?"

$$F_z = m \cdot g$$

en dit kan ook geschreven worden als

$$F_z = \delta \cdot A \cdot g \quad (2)$$

δ is de massa per oppervlakte-eenheid van het papier

A is de oppervlakte van het papier.

$F_w =$ "Tja, wat is de wrijvingskracht? Heeft iemand een suggestie?"

Allerhande suggesties zullen volgen: de vorm van het bakje, de lucht, de snelheid, de massa, de oppervlakte van het bakje enz.. Een fundamentele afleiding is niet beschikbaar, dus we zullen een *hypothese* moeten maken. Ook nu geldt weer, laten we in eerste instantie het eenvoudig houden. De docent zal i.h.a. een voorzet moeten geven.

Hypothese: De wrijvingskracht wordt bepaald door de eigenschappen van de lucht die tegen een plat vlak aan botst (gegeven door een grootheid k), door de grootte van het oppervlak van het bakje waartegen die lucht botst en door de snelheid van het bakje.

$$F_w = k \cdot A \cdot v \quad (3)$$

De wrijving kan natuurlijk ook afhankelijk zijn van v^2 of $v^{1/2}$ of nog wat anders, maar dit is nog maar een eerste hypothese.

Intermezzo voor gevorderden:

Er zijn duidelijk benaderingen gemaakt. Zo hebben we de randen van het bakje verwaarloosd. Het is van belang om dat te constateren. Daar kan bij de analyse achteraf op terug gekomen worden. (Een voorbeeld van een foutendiscussie.)

Een andere belangrijke verwaarlozing is: de beweging is niet echt eenparig. De bakjes begonnen uit stilstand. Dus aanvankelijk is de beweging versneld. In een foutendiscussie a-priori is dit af te schatten.

De versnelling is in het begin $\pm 10 \text{ m/s}^2$. De snelheid neemt in het begin dus toe volgens $v(t) = 10 \cdot t$

De uiteindelijke snelheid is af te schatten en blijkt ongeveer $0,5 \text{ m/s}$ te zijn. Als de versnelling van 10 m/s^2 steeds zou gelden dan is na $1/20 \text{ s}$ de eindsnelheid al bereikt. Dat is een te gunstige afschatting. Het zal wat langer zijn. Uit een schets van v tegen t met daarin de werkelijke toename van v (een e-macht) en de benaderde (een rechte lijn volgens $v = 10 \cdot t$ tot de eindsnelheid) zien we dat na $0,1$ à $0,2 \text{ s}$ de eindsnelheid wel bereikt is. De fout die we dan maken, door aan te nemen dat de beweging steeds eenparig is, is op de totale valtijd van enkele

seconden daarom wel te verwaarlozen. Wat kunnen we nu verder inbrengen?

Als de beweging eenparig is, dan zegt dat wat over de krachten op het bakje:

Volgens de eerste wet van Newton is de som van de krachten dan gelijk aan nul. Dus: uit de relaties (2) en (3) kunnen we nu het volgende afleiden:

$$d.A.g = k.A.v \text{ (4a) dit geeft: } v = \frac{\delta \cdot g}{k} \quad (4) ;$$

De snelheid v van een bakje is onafhankelijk van de grootte!

Voor de valtijd t_v van een bakje vinden we dan:

$$t_{vt} = \frac{s \cdot k}{\delta \cdot g} \quad (5)$$

Hieruit blijkt dat de valtijd van het bakje onafhankelijk is van de oppervlakte van het bakje en slechts bepaald wordt door s , k , g en δ en deze grootheden zijn voor beide bakjes gelijk.

Conclusie: Met de gestelde hypothese kunnen we het verschijnsel goed beschrijven.

Echter: Is deze hypothese nog steeds geldig voor andere omstandigheden?

Laat ik het volgende eens doen om daar een antwoord op te krijgen:

Ik neem nu twee gelijke bakjes, en laat het tweede bakje van een twee maal zo grote hoogte vallen als het eerste bakje. Hoe zwaar moet ik het tweede bakje maken om beide bakjes gelijktijdig neer te laten komen? "

Volgens relatie (1) moet de snelheid van het hoge bakje tweemaal zo groot zijn om gelijk met het lage bakje op de grond aan te komen. Dit kan door het bakje zwaarder te maken (N.B. zo zijn we ook al bezig met probleem oplossen). In dat geval is d niet meer voor beide bakjes gelijk en gaat (4a) over in $m.g = k.A.v$

$$\text{Voor de snelheid geldt dan } v = \frac{m \cdot g}{A \cdot k} \quad (4^*)$$

Om een twee maal zo grote snelheid te krijgen moeten we het hoge bakje dus tweemaal zo zwaar maken. (g , A en k zijn voor beide bakjes gelijk). Voer nu het experiment uit: Docent legt in één van de bakjes een opgevouwen $1/4 A$ -viertje, neemt in iedere hand een bakje en gaat op de tafel staan. De klas mag beslissen of de afstanden zich verhouden als 1 tot 2.

Wat een verrassing: het hoge bakje komt later aan! Het is dus niet zwaar genoeg.

Probeer eens 3x zo zwaar: nog steeds geen gelijktijdige aankomst. Pas bij 4x zo zwaar komen de bakjes weer gelijktijdig aan.

Hoe is dit te verklaren?

We zullen dus terug moeten naar onze vooronderstellingen en hypothese.

Het verschil tussen 2x zo zwaar en 4x zo zwaar is te mooi voor een meetfout of benadering. Het lijkt erop alsof de hypothese niet klopt.

Het resultaat (niet 2 maar $4 = 2^2$) suggereert iets als een kwadratische afhankelijkheid.

Inderdaad blijkt dat als je de wrijvingskracht evenredig veronderstelt met v^2 , het laatste resultaat te verklaren valt. Ook het eerste resultaat (een klein en groot bakje vallend vanaf de zelfde hoogte) is hiermee te verklaren.

Suggestie voor gevorderden:

Waarom de wrijvingskracht evenredig is met v^2 is op een fundamentele manier te verklaren. Met de tweede wet van Newton (wat voor impulsverandering vindt er plaats onder het bakje?) is dit eenvoudig af te leiden.

In een dergelijk onderwijsleergesprek worden de leerlingen geconfronteerd met alle fasen van een onderzoek:

- observeren van een verschijnsel
- ideeën/hypothesen over het verschijnsel laten ontwikkelen en die expliciet maken door verwachtingen uit te spreken en vervolgens de hypothese in meetbare grootheden te vertalen
- het experiment (laten) uitvoeren
- inschatten van de mogelijkheden en onmogelijkheden van de theorie en het experiment (het maken van benaderingen en beargumenteren dat dat ook kan en mag)
- interpreteren van de resultaten, daarover een conclusie trekken en als de hypothese niet klopt het uitgevoerde experiment en de gehanteerde theorie bediscussiëren en zo mogelijk tot een nieuwe hypothese komen.

In een nabespreking van het experiment kunnen al die stappen van het doen van een onderzoek nog eens expliciet onder de aandacht van de leerlingen gebracht worden.

Vaardigheden op het gebied van probleemoplossen kunnen dus in een onderwijsleergesprek ook aan bod komen.

Om het probleem (hoe hangt de valtijd van de verschillende grootheden af) te vertalen in meetbare grootheden moeten we op zoek naar geldende relaties. Dat is geen zoektocht in binas, maar analyseren wat er in het verschijnsel precies gebeurt!

Ervaringen met IP-Coach in VWO-2 op Het Amsterdams Lyceum

Werkgroep 23

F. Eerkens & G.S. Zwiers



Het programma IP-Coach biedt ongekende mogelijkheden voor het demonstreren van experimenten, het verwerken van meetgegevens en de interpretatie hiervan. Maar wat kunnen leerlingen van VWO-2 met dit programma? Om hier meer over te weten te komen hebben we in het najaar 1994 een onderzoek gedaan in een klas Gymnasium 2 van Het Amsterdams Lyceum. Het onderzoek geeft antwoorden op de hieronder vermelde *onderzoeksvragen*.

In de werkgroep is verslag gedaan van het onderzoek aan de hand van een beschrijving van de betreffende lessen. Bij de introductie van de deelnemers bleek dat deze over het algemeen het programma IP-Coach wel gebruiken, maar dan toch voornamelijk in de bovenbouw. De deelnemers hadden het voor de leerlingen ontwikkelde lesmateriaal voor zich en konden de door ons weergegeven ervaringen toetsen aan hun eigen ervaringen. Dat was vaak de aanleiding tot een boeiende uitwisseling van meningen over de grenzen van wat leerlingen nog aankunnen.

In de *conclusie* hebben wij aangegeven wat volgens ons die grenzen zijn.

Onderzoeksvragen

(a) Begrijpen leerlingen uit de onderbouw van het VWO wat de computer, samen met IP-Coach, doet?

Als leerlingen de vraag ontkennend beantwoorden, dan blijft de proef steken in het stadium van de zwarte doos, waar een mooi kunstje mee wordt gedaan.

(b) Kunnen leerlingen zelfstandig met IP-Coach omgaan?

Leerlingen moeten, ons inziens, met behulp van aanwijzingen op papier zelfstandig met IP-Coach kunnen omgaan. De vraag is dan hoe uitgebreid de aanwijzingen moeten zijn.

(c) Leidt het gebruik van IP-Coach tot een beter begrip van de natuurkunde?

Met name MODELOMGEVING biedt veel mogelijkheden voor begripsontwikkeling. Maar het opstellen van een model lijkt voor de leerlingen een lastige klus. Geldt dit ook voor het omgaan met een gegeven model?

De beginsituatie

Wij zullen in dit verslag, evenals in de werkgroep, de situatie waarin het onderzoek plaatsvond en de gebeurtenissen zo nauwkeurig mogelijk beschrijven. Onderwijs is nu eenmaal een proces met vele variabelen. Daarom kan overdracht van ervaringen van onze situatie naar de uwe alleen als u een getrouw beeld heeft van onze onderwijssituatie.

De klas Gymnasium 2 bestond uit 28 leerlingen, 14 meisjes en 14 jongens. De leerlingen hadden voordien geen ervaring met IP-Coach of computers in de natuurkundelessen. Wel hebben ze in de brugklas met informatica en computergebruik kennis gemaakt. Ze zullen dus wel al enige ervaring hebben met toetsenbord en menu-achtige structuren in computerprogramma's.

Het behandelde onderwerp stond niet in het gebruikte schoolboek: F.H.Helmer "De proef op de som" deel 1; uitg. Van Walraven. De practicum ervaring van de leerlingen was beperkt tot twee lessen meten van massa, volume en dichtheid.

Tijdens de klassikale lessen in de proefperiode was er één opstelling met IP-Coach aanwezig. Het beeld van de monitor werd met een LCD via een overheadprojector op een scherm geprojecteerd. Zo kon de hele klas het beeld van de monitor bekijken.

Om te bereiken dat zoveel mogelijk leerlingen ook daadwerkelijk het programma IP-Coach leerden beheersen hadden die onderdelen van de les het karakter van een

leergesprek. Het bijzondere daarbij was dat de docent aan de klas vroeg welke handelingen hij op het toetsenbord moest verrichten om verder te komen. Natuurlijk moet de juiste aanwijzing pas worden opgevolgd als die door meerdere leerlingen wordt gegeven en als ze die kunnen uitleggen. Ook is het leerzaam om af en toe een verkeerde aanwijzing vanuit de klas op te volgen. De docent moet dan wel weten wat de gevolgen hiervan zijn, zodat hij snel terug kan gaan naar de juiste uitgangspositie. De docent moet het programma IP-Coach dus goed beheersen.

Practicum werd gedaan met de 14 XT-computers in het practicumlokaal, alle uitgerust met IP-Coach, meetkaart en meetpaneel. In de oefensituatie werkten leerlingen in groepjes van twee. In de testsituatie werkten ze alleen. Het computerpracticum (zie de laatste les) werd gedaan in het computerlokaal. Daar konden de leerlingen tegelijkertijd individueel met IP-Coach en MODELOMGEVING werken.

De lessenserie

In figuur 1 ziet u een overzicht van de lessen waarin het onderzoek plaats vond.

We zullen nu de lessen één voor één beschrijven.

Les 1. 8-11-94 (klassikaal)

Introductie en IJking sensor

Lessenschema	
1. Klassikaal	Introductie en IJking sensor
2. Practicum	IJking temperatuursensor
3. Klassikaal	Modelleren Saldo en Rijden
4. Practicum	Multiscoop Afkoelen
5. Tests 1	Modelleren Saldo en Afkoelen
6. Klassikaal	Modelleren Afkoelen
Klas op Werkweek, Sinterklaas weekeinde	
7. Toets 2,3	Modelleren (T) & Opwarmen (P)
8. Toets 2,3	Opwarmen (P) & Modelleren (T)
9. Toets 4	Modelleren (C)

Fig.1: Het lessenschema

De leerlingen hebben al weet van de werking van de gebruikelijke thermometer en de afspraak omtrent de Celsiuschaal.

De docent vergelijkt de thermometer met de temperatuursensor. Deze geeft een spanning, die afhankelijk is van de temperatuur. Dat wordt met een voltmeter gedemonstreerd.

Een computer kan spanningen waarnemen. Met het onderdeel DEMOMETER uit IP-Coach, en de voltmeter bovenop de monitor geplaatst, wordt aangetoond dat de uitlezing van beide instrumenten gelijk is.

Nu moet de computer worden duidelijk gemaakt dat bij een gegeven spanning een bepaalde temperatuur hoort.

Dat proces heet ijking. Met IJking van IP-Coach wordt dit proces zichtbaar gemaakt. De leerlingen lijken vooral onder de indruk van het gemak waarmee de computer lijnen door de meetpunten trekt.

De les wordt gegeven volgens het hiervoor vermelde leergesprek. Uit de reacties van de klas bleek niet dat leerlingen moeite hadden met de bediening van de computer of het omgaan met IP-Coach.

Les 2. 11-11-94 (practicum)

IJking temperatuursensor

De leerlingen voeren een ijking van de sensor uit aan de hand van een uitgeschreven practicum opdracht. Zie fig. 2.

Dat gaat goed, de groepjes hebben na het lesuur allemaal een ijking bewaard en de meeste groepjes eindigen de les met het onderdeel TEST van IJking.

Als huiswerk krijgen de leerlingen een schriftelijke opdracht mee. Die behelst het berekenen van het saldo dat iemand mag verwachten die eenmalig een bedrag tegen een vaste rente wegzet, volgens het rente-op-rente principe. De leerlingen moeten dat saldo telkens na een jaar uitrekenen voor de eerste vier jaar. Daarmee wordt in het stencil uitgelegd dat je deze berekeningen doet met een model, dat er als volgt uit ziet:

$$\text{rente} = \text{saldo} * \text{percentage} * 0,01$$

$$\text{saldo wordt } \text{saldo} + \text{rente}$$

Les 3. 15-11-94 (klassikaal)

Modelleren SALDO en RIJDEN

De leerlingen hadden de berekeningen blijkbaar goed kunnen doen. Ook over het MODEL van het SALDO werden geen vragen gesteld. Hierna werd de klas getoond hoe de computer met MODELOMGEVING ook de berekeningen van de leerlingen kan doen. Onderdelen als MONITOR en SIMULATIE konden goed worden geïntroduceerd. Wel moet worden gezegd dat hier de docent veel meer initiatieven nam, met name omdat de vaardigheid om het programma goed in te stellen bij de leerlingen nog ontbreekt. Als ze dat proefondervindelijk moeten doen, dan kost dat waarschijnlijk teveel tijd en daarmee verlies je de aandacht van de klas.

Al met al was er van het lesuur nog 20 minuten over! De docent besloot een nieuw MODEL te proberen. Dat ging over een EINDJE RIJDEN. Bij een EINDJE RIJDEN kom je steeds een *stukje verder*. Met de klas kwamen we erop dat een *stukje verder* afhangt van de *snellheid* en de *tijdsduur*.

Daarop werd het volgende model bedacht:

$$\text{stukje verder} = \text{snellheid} * \text{tijdsduur}$$

$$\text{afstand wordt afstand} + \text{stukje verder}$$

$$\text{tijd wordt tijd} + \text{tijdsduur}$$

De GRAFIEK gaf een mooie rechte lijn. Toen de docent daarna de vraag stelde hoe het moest met optrekkende auto's, toen kwam iemand met de suggestie dat er dan bij

§ A. DE IJ KING

IJ KING is niets anders dan de computer vertellen welke spanning bij welke temperatuur hoort. Dat gaan we nu doen.

OPDRACHT 1.

- * Zet de monitor en de computer zoals het hoort aan.
- * Stel het programma IP-Coach in werking.
- * Begin met het onderdeel IJ KING.

OPDRACHT 2.

- * Sluit de temperatuursensor aan op het meetpaneel.
- * Zorg dat je een bekersglas met water hebt.
- * Haal ook ergens een thermometer vandaan.

OPDRACHT 3.

* In het programma kan je bij INSTELLINGEN de SENSOR instellen. Zie de tabel hieronder.

Grootheid	Temp;	Y-max	110;
Eenheid	C;	Y-min	-10;

Nu weet de computer dat we temperaturen gaan meten. Maar het weet nog niet hoeveel graden Celsius hoort bij een bepaalde spanning. Dat gaan we de computer nu duidelijk maken.

Bij verschillende temperaturen meet de computer de spanning van de temperatuursensor en lezen wij een thermometer af. De temperatuur die wij meten stoppen wij in het geheugen van de computer. Met die gegevens kan de computer later alle spanningen van de sensor omrekenen in een temperatuur.

OPDRACHT 4.

- * In het programma kan je bij IJ KING-METING de ijking beginnen via TOEVOEGEN IJKPUNTEN.

OPDRACHT 5.

- * Zet de temperatuursensor en de thermometer in het bekersglas met water. Laat het even staan, zodat ze dezelfde temperatuur hebben.
- * Merk op dat de computer in de tabel al een spanning aangeeft.
- * Lees de temperatuur af van de thermometer.
- * Als je op ENTER drukt dan neemt de computer de spanning definitief op in de tabel.
- * Voer zelf de waarde van de temperatuur in en druk op ENTER.

Je ziet dat de computer het meetpunt in het diagram heeft gezet. Nu moeten er meer meetpunten komen. Hoe meer meetpunten je hebt, des te nauwkeuriger wordt

Fig.2: Wat wel goed werkte

de snelheid steeds iets bij moet. Hoe we dat iets erbij - moeten noemen? Nou, acceleratie bijvoorbeeld. Het model aangepast, de lijn liep mooi krom omhoog. En de bel ging!

De leerlingen gingen weg met een geschreven opdracht om thuis te bedenken hoe een kopje hete thee zal afkoelen en waarom dat zo zal gaan.

Les 4. 18-11-94 (practicum)

MULTISCOOP en AFKOELEN

Het practicum werd in groepjes van twee uitgevoerd aan de hand van een schriftelijke opdracht. Zie fig. 3.

Het ging zelfs voortreffelijk. Iedere ploeg was ruimschoots vóór tijd klaar met de meting, het bewaren ervan, en het beantwoorden van de vragen. Het was zelfs saai! De computer was 10 minuten voor je aan het meten en dan had je zelf niets te doen, zo was ongeveer de sfeer. Meer te doen was er thuis: een stencil bestuderen, want de volgende keer ging het schriftelijk.

OPDRACHT 1.

- * Zet de monitor en de computer op de juiste wijze aan.
- * Stel het programma IP-Coach in werking.
- * Begin met het onderdeel MULTISCOOP.

MULTISCOOP kan vier signalen tegelijkertijd meten, maar wij gebruiken er maar één. En we moeten de computer duidelijk maken dat we temperaturen gaan meten.

OPDRACHT 2.

- * Maak de computer bij INSTELLINGEN en METING geschikt om:
- * een periode van 10 minuten te meten;
- * alleen kanaal 1 te tonen; de andere kanalen moeten UIT staan.

OPDRACHT 3.

- * Ga bij INSTELLINGEN naar SENSOREN.
- * Haal de ijking op van de temperatuursensor: T100C.

OPDRACHT 4.

- * Zet de temperatuursensor in de lege bak.
- * Maak de computer gereed met METING en START INLEZING.
- * Vraag de docent om heet water.
- * Laat de computer meten, eerst nog zonder water en dan de rest van de tijd met het hete water in de bak.

Fig.3: En dit lukte ook

Les 5. 22-11-94 (toets 1)

MODELLEREN SALDO en AFKOELEN

Het voert te ver om hier het schriftelijk geheel te bespreken. Gezegd kan worden dat de leerlingen voor 2/3 het BALANS MODEL goed uit hun hoofd hadden geleerd, evenals de simpele aanpassingen met SIMULATIE. Interessant is het feit dat ze gevraagd werd om het MODEL met de STARTWAARDEN van het afkoelproces te bedenken. Daartoe werden ze via vragen over de grafiek (fig. 4) geleid naar de factoren *temperatuurverschil* en *tijdsduur*. Slechts twee leerlingen kwamen met een bevredigende oplossing. De rest schreef onzin op: het had wel te maken met MODELLEN en STARTWAARDEN, maar het stond er zonder de vereiste logica.

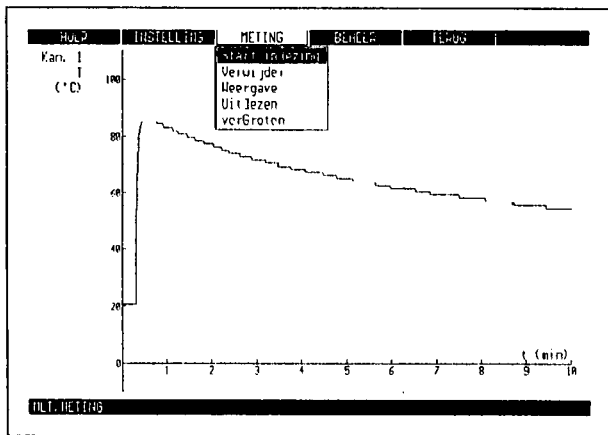


Fig.4: De Hamvraag

Als huiswerk kregen de leerlingen het MODEL van het afkoelproces mee naar huis, met vragen en antwoorden. Het gebruikte MODEL was:

$$T_{daling} = (T_{water} - T_{lokaal}) * tijdsduur$$

T_{water} wordt $T_{water} - T_{daling}$

T_{ijd} wordt $T_{ijd} + Tijdsduur$

Les 6. 25-11-94 (klassikaal)

MODELLEREN en AFKOELEN

De docent voerde het MODEL van het AFKOELEN in de computer in, liet het uitrekenen en haalde via ACHTERGROND de meting op. Hilariteit alom, de lijn van het MODEL liep veel te steil omlaag, het leek er niet op. Bij navraag aan de klas werd geconcludeerd dat de afkoeling van het MODEL blijkbaar te snel ging. Als je iets minder snel wilt laten afkoelen dan moet je het isoleren. En er was een leerling die bedacht dat je de eerste regel moest wijzigen: je moet die delen door *isolatie*:

$$T_{daling} = (T_{water} - T_{lokaal}) * tijdsduur / isolatie$$

De wijziging werd uitgevoerd, en met SIMULATIE werd de waarde van *isolatie* bepaald. Beide grafieken liepen mooi over elkaar. Enthousiasme alom.

De leerlingen gingen de week daarop op werkweek,

daarna was het weekeinde van Sinterklaas, dus geen huiswerk. Ideaal om te toetsen wat ze er nu echt van beheersten.

Les 7. en 8. 6-12-94 en 9-12-94 (toets 2 en 3)

MODELLEREN en OPWARMEN

De ene helft van de klas kreeg bij les 7 een practicum-toets (OPWARMEN), de ander een theoretietoets (MODELLEREN). Bij les 8 werden de groepen gewis-

I. VOORBEREIDING

De elektrische stroom komt uit een zwart voedingskastje.

A. Zet het kastje aan.

Draai aan de knop met U erbij.

Je ziet dat voltmeter uitslaat.

Zet de voltmeter op 12 (V).

Laat de knop verder met rust.

Nu maken we de joulemeter in orde.

B. Haal 200 (cl) water.

Doe dat in de joulemeter.

Plaats de roerder in de bak.

Leg de deksel met de weerstand op de joulemeter.

Zet de temperatuursensor in de joulemeter.

Steek het rode snoer in een contactpunt van de deksel.

Doe het zwarte snoer in het andere contactpunt.

Hierna maken we de computer gereed om de straks meting te doen.

C. Zet de computer aan.

Start het programma IP-Coach.

Stel het programma zo in dat de computer de meting kan doen.

Je moet hiervoor de volgende INSTELLINGEN gebruiken.

a. METING

(1) Zorg dat je maar één grafiek hebt.

(2) Zet de temperatuur op de Y-as.

(3) Zet de tijd langs de X-as. De meettijd moet 10 (min) zijn.

b. IJKING

(1) De temperatuursensor is al geijkt. De ijking staat onder de naam T-100C op de diskette die je bij de opstelling vindt.

(2) Haal de ijking op van de diskette in het A-station.

Fig.5: Zo moest het niet

seld. Elke leerling werkte alleen, maar er was af en toe wel onderling contact.

Rampzalig verliep het practicum OPWARMEN, daar kwam helemaal niets van terecht. Nu waren de aanwijzingen m.b.t. het gebruik van IP-Coach veel spaarzamer dan de leerlingen waren gewend (zie fig. 5). En ook de praktische opstelling was anders dan de vorige keer. Het ging nu over het elektrisch opwarmen van water in een joulemeter, in plaats van het afkoelen van warm water in een bekersglas. De leerlingen kwamen niet veel verder dan wat aansluiten en uitproberen.

Voor de groep die bij les 8 practicum deed werd geprobeerd een nieuwe opdracht te schrijven met meer aanwijzingen. Daarmee kwam die groep leerlingen wel wat verder, maar het resultaat was beslist onvoldoende. Ook de theorietoets over MODELLEREN leverde matige reacties van de leerlingen. Een belangrijke factor daarbij was, zo bleek uit de antwoorden, dat de vragen niet scherp gesteld waren. Het was uit de antwoorden van de leerlingen niet duidelijk of ze ondertussen enig begrip hadden ontwikkeld van de mogelijkheden van MODELLEREN.

Blijkbaar was al met al het onderzoek hier ver over de grenzen van het haalbare geraakt. Maar met een degelijk dictaat over MODELLEREN en de tot dan gebruikte MODELLEN gingen de leerlingen naar huis. De volgende les zouden ze toch individueel met MODELOMGEVING en MODELLEREN overweg moeten kunnen.

Les 9. 13-12-94 (toets 4) MODELLEREN

Volgens onze ervaringen tot nu toe konden de leerlingen blijkbaar niet zelf MODELLEN bedenken. Het zelfstandig met IP-Coach omgaan leverde ook problemen op. Maar in hoeverre konden ze toch met MODELOMGEVING overweg?

Om daar een antwoord op te vinden moesten ze geen last hebben van het omgaan met IP-Coach. Een handig hulpmiddel daarbij bood PROEFMAKER samen met MACROMAKER. Zie fig. 6.

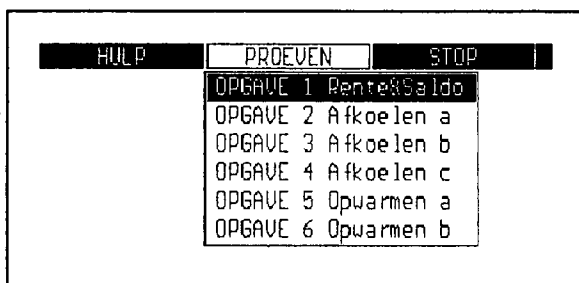


Fig.6: De eindtoets

Elke opgave bracht de leerling in het programma-onderdeel MODELOMGEVING. En de bijbehorende MACRO zette het onderdeel in de juiste uitgangspositie. Vanuit die

positie werden er, van papier af, vragen aan de leerling gesteld. Daarbij moesten ze met SIMULATIE een bepaalde STARTWAARDE vinden, waarmee het MODEL aan de gestelde eisen voldeed. Of ze moesten een fout in een bekend MODEL verbeteren. Ook werd gevraagd om een bekend MODEL aan te passen om een gewijzigde situatie door te rekenen. Dat ging allemaal goed. De meeste leerlingen konden dat binnen het beschikbare uur volbrengen.

Er was nog een bonusvraag. Van een meting was de grafiek gegeven die was ontstaan ten gevolge van een combinatie van opwarmen en afkoelen. In vragen daarvoor waren AFKOELEN en OPWARMEN aan bod geweest. Zou er nou een leerling op het idee komen om voor de bonusvraag die twee te combineren? Helaas, dat gebeurde niet. Slechts een handjevol leerlingen was daar aan toe gekomen. Het OPWARMMODEL werd door hen op alle mogelijke manieren gewijzigd tot de grafiek enigszins leek op de gemeten grafiek. Maar dat gebeurde zonder enige natuurkundige redenering. Het was gewoon een kwestie van uitproberen.

Conclusies

Op de drie onderzoeksvragen zijn de volgende reacties te geven.

a. *De leerlingen beschouwen de computer niet als een doos waar de docent de trucjes mee uithaalt.*

Tijdens geen van de lessen kregen we de indruk gekregen dat de leerlingen dat wel zouden doen.

b. *De leerlingen kunnen in beperkte mate zelfstandig met IP-Coach overweg.*

Als de te verrichten handelingen stapsgewijs op papier staan, dan voeren ze die gewoon uit. Maar daar gaat blijkbaar geen krachtig leereffect van uit.

Via PROEFMAKER en met een MACRO kan je de leerling wel enkele kleine stapjes binnen het programma IP-Coach laten doen. Onze hoop is nu dat een combinatie van beide werkwijzen, toegepast in de loop van de eerste jaren, een toenemende mate van zelfstandig gedrag tot stand brengt.

Een oorzaak van het probleem is dat het aantal nieuwigheden voor de leerlingen te groot is. Zoals vaker het geval is, kunnen leerlingen redelijk snel kennis nemen van nieuwe dingen en daarmee ook tamelijk snel leren omgaan. Maar de moeilijkheid om er mee om te gaan wordt dramatisch groter als het aantal nieuwigheden dat tegelijkertijd moet worden gehanteerd groot wordt.

c. *Leerlingen kunnen met MODELLEN overweg.*

Ze kunnen in klasseverband meedenken en meehelpen met het opstellen van een MODEL, ze kunnen met SIMULATIE de STARTWAARDEN aanpassen, ze kunnen eenvoudige wijzigingen voorstellen in een voor hen bekend MODEL.

De meerwaarde hiervan is, dat het klasgesprek bij het opstellen van het MODEL en het aanpassen ervan aan een nieuwe situatie, een pure natuurkundige discussie oplevert. Niemand wordt gehinderd door ingewikkelde bere-

keningen of formules, de computer weet wel raad met onze bedenksels.

Of daarmee ook het begrip van de natuurkunde groter wordt? Daarvoor biedt het onderzoek geen uitsluitsel. Er was bijvoorbeeld geen controlegroep om de vorderingen van de gymnasiumgroep mee te vergelijken.

We denken overigens dat elke vorm van actieve deelname aan het oplossen van natuurkundige problemen leidt tot een verbetering van het begrip. Daarin is het gebruik van MODELOMGEVING er eentje van.

De werkgroep

Het zal u duidelijk zijn dat tijdens de lessenpresentatie en na afloop de discussie in de werkgroep geanimeerd was. De vraag was natuurlijk of men goede mogelijkheden zag voor het zelfstandig gebruik van IP-Coach in de onderbouw. Een tweede vraag was of MODELLEREN al in de onderbouw aan bod zou kunnen komen. Een groot deel van de aanwezigen leek toch, ondanks de presentatie, tegenover beide toepassingen gereserveerd te staan. Die reserve was gebaseerd op twee verschillende aspecten. Het eerste aspect werd voor een deel gevormd door onervarenheid van de docent met het omgaan met IP-Coach. Daarnaast wezen ervaringen met leerlingen uit de bovenbouw, die zelfstandig IP-Coach gebruikten, er op dat leerlingen in de onderbouw er wel nog meer moeite mee zouden hebben. Dat gold met name nadrukkelijk voor het onderdeel MODELLEREN.

Het tweede aspect was gebaseerd op het vermoeden dat voor het opstellen van MODELLEN abstractieniveau's vereist zijn die leerlingen van de onderbouw nog niet bezitten.

Desondanks hopen we dat de werkgroep, en dit verslag, opleveren dat docenten de leerlingen van de onderbouw meer gebruik laten maken van IP-Coach. Onze ervaringen zijn gunstig, mits men de leerlingen niet teveel nieuwigheden tegelijkertijd laat toepassen. Het zelfstandig gebruik van IP-Coach en het werken met MODELLEREN lijkt ons om meerdere redenen aan te bevelen.

Ten eerste biedt het een variant op wat er al aan boeiend lesmateriaal is. En verandering van spijs doet eten.

Ten tweede is het natuurkunde programma in de bovenbouw overladen, zodat alles wat van deze vaardigheden in de onderbouw is aangeleerd dan tijd bespaart.

En ten derde is het ook nuttig voor al die leerlingen die geen natuurkunde gaan volgen, om te ervaren hoe bruikbaar een computer is. Lezers die willen reageren naar aanleiding van dit stuk wordt uitdrukkelijk gevraagd dat te doen. U kunt ons bereiken bij:

Het Amsterdams Lyceum

T.a.v. F.Eerkens

Valeriusplein 15

1075 BJ AMSTERDAM

020-6627790

Versnelling in het practicum

Werkgroep 25

A. Boersma, B. Landheer & M. Stobbelaar

Bij deze werkgroep, die alleen op vrijdagavond werd gehouden, hadden veertien mensen zich ingeschreven. Dat was één persoon minder dan we zelf als maximum hadden bedacht. We hadden een boekje samengesteld met een zestal proefbeschrijvingen. Voor elk van de practica hadden we ook een opstelling mee, zodat de deelnemers de verschillende practica zelf konden uitproberen. Voor de volledigheid volgt een korte beschrijving van elke proef.

De tijdtikker

Bij deze proef wordt een klas in 3 groepen opgedeeld die elk een andere proef doen. De eerste groep gaat meten aan een wagentje dat met constante snelheid beweegt, de tweede groep bekijkt een wagentje dat versneld van een helling afrijdt en de derde groep kijkt naar een wagentje dat vertraagd tegen de helling oprijdt.

Met de resultaten worden grafieken gemaakt op grote vellen papier die aan de muur komen te hangen. Elke groep kan dan aan de rest uitleggen wat ze hebben gedaan en hoe het resultaat te verklaren is.

De vallende kogel

In de klas wordt een foto gemaakt van een vallende kogel. Doordat voor de belichting een stroboscoop is gebruikt zijn er "verschillende kogels" te zien. Door de afstanden te meten kan de gemiddelde snelheid op verschillende momenten worden berekend en dus ook de versnelling.

De luchtkussenbaan

Dit is een zeer conventionele opstelling waarbij de leerlingen gebruik maken van twee lichtsluizen om de snelheid aan het begin en aan het einde van de baan te meten. De glijder wordt versneld door een vallend gewichtje. Door de tijd te nemen die de glijder er over doet om van de ene

lichtsluis naar de andere te gaan kun je de versnelling uitrekenen.

IP-Coach 1

Een wagentje rijdt met een versnelde beweging van een helling af. Met behulp van de computer en een Ultra Sone Plaatsbepalingsset wordt bijna continu de snelheid en de plaats bepaald. Op het scherm van de computer verschijnen de bijbehorende grafieken.

IP-Coach 2

En wagentje wordt versneld door een vallend gewichtje. Een USA-sensor, aangesloten op een computer met IP-Coach, meet de afstand en de snelheid van het wagentje en toont deze in grafiek vorm op het scherm. Met behulp van het programma onderdeel verwerking kunnen de grafieken worden afgelezen.

De beeldplaat

Met behulp van het programma IP-Coach wordt er een filmpje op het scherm vertoond vanaf beeldplaat. Deze filmpjes zijn gemaakt voor het onderdeel beweging. Door op verschillende tijdstippen aan te geven waar de "auteur" zich bevindt, kan de leerling een grafiek laten maken van de beweging tegen de tijd.

De proeven waren bedoeld om het begrip versnelling mee te introduceren. Hierbij gingen we er vanuit dat de leerlingen al een goed beeld hadden bij het begrip snelheid. Verder moesten ze ook in staat zijn afstand-tijd diagrammen af te lezen.

Voordat het praktische gedeelte begon, gaven wij eerst een kleine uitleg over verschillende aspecten van de opstellingen, zoals bijvoorbeeld het aantal leerlingen dat tegelijk aan een opstelling kan werken, de prijs van de

apparatuur en de manier waarop het begrip versnelling wordt aangeboden.

Het praktische gedeelte van de werkgroep ging goed. De tijd die hiervoor was uitgetrokken, ongeveer één uur, was eigenlijk te kort voor het aantal practicumopstellingen dat wij hadden. Daarbij kwam ook dat het programma IP-Coach minder bekend was zodat het meer tijd kostte de proeven met IP-Coach uit te voeren dan wij hadden verwacht. Hetzelfde gold voor de proef met de beeldplaat. Hierdoor konden deze opstellingen niet volledig worden bekeken. Desondanks bekeken de deelnemers de proeven met een geïnteresseerde en kritische blik.

Aan het einde van de werkgroep was er de mogelijkheid om een mening over de practica te geven. Ondanks het late tijdstip werd het een geanimeerd gesprek, waarbij zowel waardierend als kritisch commentaar op de verschillende practica naar voren kwam. Bij een aantal van de deelnemers bleek wel enige weerstand tegen het gebruik van computers in de les te bestaan.

Wijzelf waren tevreden over de werkgroep en hopen dat de deelnemers dit ook waren.

Systematisch Groepswerk in 4vwo

Werkgroep 26

*J.W. Drijver &
H.S. Wielenga*



Zowel gemotiveerd door eigen leservaring bij het vak natuurkunde als vanwege de komende veranderingen in het voortgezet onderwijs (2e fase: studielast, studie-huis, ...) hebben we dit schooljaar (94/95) onze 4vwo-klassen aan het groepswerk gezet. Opzet is om klassikale behandeling van leerstof tot uitzondering te maken, en zelfwerkzaamheid van leerlingen tot regel.

Allerlei zaken blijken daarbij onmisbaar te zijn:

- Een organisatievorm waarin voor leerlingen duidelijk het werken in groepjes wordt vastgelegd.
- Een logboek, waarin leerlingen hun vorderingen met opgaven en proeven kunnen bijhouden en waarmee ze een planning kunnen maken.
- Een opgavenhulp met aanwijzingen bij de opgaven van het leerboek.
- Een set proefinstructies, waar leerlingen zelfstandig mee kunnen werken.

In de werkgroep hebben we het groepsgebeuren met de deelnemers proberen na te spelen aan de hand van verschillende opdrachten. Na een korte inleiding over de 'les'-organisatie konden groepjes aan de slag met het maken van opgaven uit de paragrafen over val en verticale worp van 'Systematische Natuurkunde A', met het uitvoeren van een valproef zonder en een valproef met luchtweerstand, en met het maken van een rekenmodel bij de laatste proef. De deelnemers hadden de beschikking over hetzelfde materiaal als onze leerlingen, met een aangepast logboek en extra lesmateriaal over rekenmodellen. Met dit laatste hoopten we door het aanbieden van iets nieuws het groepswerk levensechter te maken. De werkgroep werd besloten met een evaluatie door de deelnemers, die we vergeleken met onze eigen ervaringen en met wat onze leerlingen er van vonden.

LOGBOEK - 4vwo		Groep:	Namen:	1:	2:
Systematische Natuurkunde A				3:	4:
Plan					
§ 14	gemaakt begrepen	inhoud - voorbeelden - betrekkingen			
73					
75					
76					
78					
§ 15	gemaakt begrepen	inhoud - voorbeelden - betrekkingen			
80					
--					
--					
Proef: Valversnelling / Luchtweerstand		gedaan:	ingeleverd:	terugontvangen:	
Groeps-toets § 11 t/m § 15					
§ 16	gemaakt begrepen	inhoud - voorbeelden - betrekkingen			
82					
83					
84					
86					
89					

Ter verduidelijking van de organisatie van het groepswerk is hieronder een stukje logboek afgebeeld. Elk groepje van 3 à 4 leerlingen heeft samen een map waarin dit logboek zit, met andere groepspaperassen.

In het logboek zijn de te maken opgaven en uit te voeren proeven opgenomen, er is ruimte open gelaten voor een korte samenvatting van elke paragraaf, er is een planningskolom aanwezig, en er is aangegeven waar in het curriculum een groepstoets is voorzien.

Toetsing vindt in hoofdzaak (voor $\geq 25\%$) plaats met individuele repetities, maar een deel van het rapportcijfer komt tot stand via groepstoetsen ($\leq 25\%$) en proefverslagen ($\leq 25\%$). Bij de groepstoetsen krijgt het groepje 4 opgaven te verdelen, en ieder maakt slechts één opgave. Het cijfer voor de 4 opgaven telt voor het gehele groepje. Bij elke proef moet een groepje naderhand één gezamenlijk verslag inleveren.

Om te bereiken dat klassikale uitleg inderdaad uitzondering in plaats van regel wordt, heeft elke leerling een exemplaar van de opgavenhulp - hieronder afgebeeld - ter beschikking. Gekozen is voor aanwijzingen in plaats van compleet uitgeschreven uitwerkingen. Bij uitwerkingen blijft er voor de leerlingen weinig initiatief meer over en wordt het ontstaan van groepsdiscussies tegengewerkt. In de opgavenhulp hebben we ook proefopgaven opgenomen, die wél van een complete uitwerking zijn voorzien, en ook van een normering. Zo kunnen leerlingen een repetitie oefenen. Tevens zijn er enkele pagina's ingeruimd voor het aanleren van een systematiek voor het probleemoplossen.

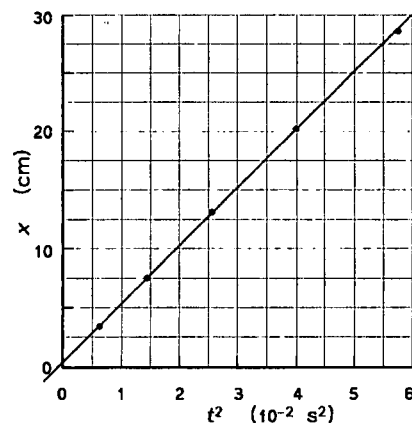
We geven in de les aandacht aan de planning, waarbij we proberen om de leerlingen ruim een maand vooruit te laten denken met behulp van de planningskolom in het logboek.

OPGAVENHULP SYSTEMATISCHE NATUURKUNDE vwo A

Beweging H2 §15/16

§ 15

- 80a Eenparig versneld $\Rightarrow v$ is elke Δt met hetzelfde bedrag groter geworden. De afstand tussen de stippen is een maat voor v , dus ...
- b Bepaal bij tikkerband II Δv , je weet Δt , dus kun je a uitrekenen.
- 81ab Meet de verplaatsingen met je geo- Δ en bepaal de schaal door ook 30 cm op te meten: 116 mm (geo- Δ) \approx 30 cm (echt). De verplaatsing is bij de tweede afbeelding niet te meten.
- gh De grafiek is recht omdat $x = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$, als je dat vergelijkt met $y = a \cdot x$ (wiskunde!), dan komt $\frac{1}{2} \cdot g$ overeen met a (de richtingscoëfficiënt of steilheid). De steilheid is $29,5 \text{ cm}/6,0 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 4,917 \text{ m/s}^2 = \frac{1}{2} \cdot g \Rightarrow g = 9,83 \text{ m/s}^2$.
- i Het kogeltje begon niet precies op $t = 0 \text{ s}$ te vallen.



§ 16

Opmerking: Bij sommige opgaven van deze paragraaf moet je een wiskundige vergelijking van de vorm: $a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$ oplossen. Soms kun je dat door ontbinden: $(x - p) \cdot (x - q) = 0$, dan vind je twee oplossingen: p en q . Anders moet je de abc-formule gebruiken:

- 82a $g = \Delta v / \Delta t \Rightarrow \Delta v = g \cdot \Delta t$.
- b Je kunt twee dingen doen: 1^o de formule voor $y(t)$ gebruiken, 2^o $\langle v \rangle$ berekenen ($= \frac{1}{2} \cdot v_{\text{max}}$) en de hoogte met $\Delta y = \langle v \rangle \cdot \Delta t$ uitrekenen.
- c De versnelling wordt tijdens de val steeds kleiner, dus worden de berekende eindsnelheid en hoogte kleiner (de valtijd blijft 3,0 s). Omdat de versnelling niet meer constant is, zijn de formule's voor eenparig versnelde beweging niet meer geldig.

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Bovendien is er een ruwe jaarplanning aanwezig. De groepjes moeten behalve de paragrafen van het leerboek ook de proeven en de groepstoetsen in hun planning opnemen. Repetities worden klassikaal afgenomen en zorgen er voor, dat er geen al te grote tempoverschillen in de klas ontstaan. Voor de goede orde, huiswerk opgeven hebben we dit jaar niet meer gedaan.

Na een half jaar lesgeven is het nog wat vroeg om conclusies te trekken, maar enkele zaken vallen toch al op:

- Het is voor leerlingen even wennen (onze school is vrij traditioneel), maar over het algemeen nemen ze al gauw hun verantwoordelijkheid. Ze vinden het zelfstandig werken in groepjes plezierig en hun resultaten wijken niet merkbaar af van andere jaren, qua niveau en qua tempo.
- Je bent als leraar veel meer dan voorheen betrokken bij het leerproces van leerlingen. Dat komt doordat je steeds direct contact met leerlingen hebt, en ook doordat je te maken krijgt met de groepssamenstelling. Een aantal groepjes bleek na enkele maanden niet meer te kunnen samenwerken. We geven de leerlingen dan veel inspraak, maar hebben toch zelf knopen moeten doorhakken, omdat het wisselen van groepje voor leerlingen een erg onveilige situatie is.
- Onze leerlingen hebben snel de neiging hun problemen op het groepswerk te schuiven. Onzekere leerlingen vragen om veel meer klassikale uitleg, alsof dat haarlemmerolie is. De groepstoets is nog steeds enigszins omstreden.
- Het logboek wordt behoorlijk bijgehouden en geeft ons steeds informatie over de voortgang. Met de planning hebben veel groepjes problemen, maar dat leer je ook niet zo een twee drie. Leerlingen reageren wisselend op de opgavenhulp, sommige leerlingen vergeten hem, andere gebruiken hem maar klagen over te weinig aanwijzingen en de afwezigheid van complete uitwerkingen. Zoals boven besproken is dat een beetje 'ingebakken'. De proefopgaven hebben duidelijk een functie.

Bij de bespreking na afloop van de werkgroep (die tweemaal werd gehouden) bleek het onderwerp bijzonder veel interesse op te wekken.

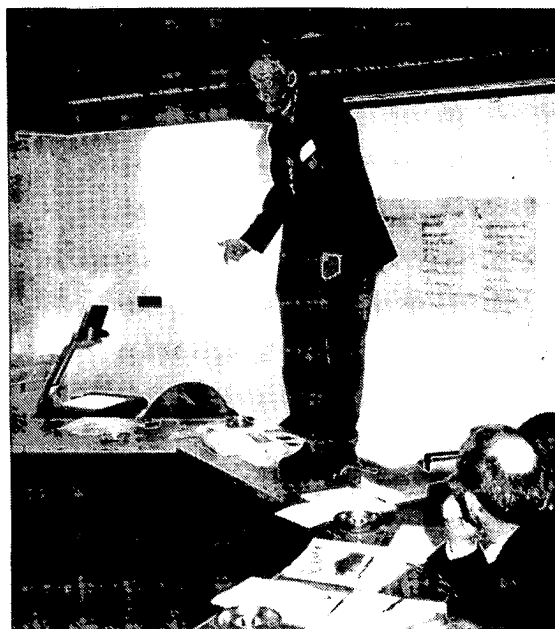
Diverse deelnemers hadden ook zelf ervaring met groeps-
werk. Veel gepraat werd over de samenstelling van de groepjes: homogeen of heterogeen, zelf laten doen of door de leraar. De meeste aanwezigen bleken niet voor doelbewust heterogeen samengestelde groepjes te zijn. Onze ervaring is, dat leerlingen dit meestal ook niet prettig vinden. De meningen over het gebruik van uitwerkingen versus aanwijzingen bij de opgaven waren erg verdeeld. Iedereen zag het gevaar van klakkeloos overschrijven van uitwerkingen. Een oplossing werd dan gezocht in het zeer beperkt beschikbaar stellen van de uitwerkingen.

Nadere informatie over de opgavenhulp en over het lesmateriaal over rekenmodellen is te krijgen bij J.W. Drijver, 03438-21037.

Demonstraties, practica, begripsvorming

Werkgroep 27

E. van den Berg



N.B. Voor uitgebreidere informatie over practica en begripsvorming verwijs ik naar een werkgroepverslag van Van den Berg en Bosch in het Woudschoten 1991 verslag (p.67-71). Een recente versie van dat verslag kan bij de auteur worden opgevraagd. Hier beperk ik me tot een korte schets van de inhoud van de werkgroep gevolgd door een manier van beschrijven van "kennis" die juist bij begripsondersteunende practica handig kan zijn.

De workshop

Er werd begonnen met een analyse van een typisch en veel voorkomende versie van een practicum over een hellend vlak. Workshopdeelnemers kwamen in het practicum o.a. de volgende begrippen tegen: zwaartekracht, gewicht(skracht), veerkracht (van veerunster), wrijving(skracht), resultante of netto kracht, samengestelde kracht, componenten van een kracht, hellingshoek. Normaalkracht werd niet genoemd, maar het was de bedoeling van het practicum dat leerlingen zouden concluderen dat er een extra kracht nodig was omdat anders het voorwerp niet in rust kon zijn. De meeste van deze begrippen waren nieuw of bijna nieuw voor de leerlingen, toch wel erg veel nieuwe dingen tegelijk. *Het maken van een lijstje van benodigde begrippen en vaardigheden bij een bestaand practicum kan heel nuttig zijn om te zien of er geen "overload" is.* Overigens, geen wonder dat bij leerlingeninterviews na dat hellend vlak practicum bleek dat ze absoluut geen idee hadden van een normaalkracht of de noodzaak daarvoor. Volgens hen werkten er slechts twee krachten op het karretje op het hellend vlak: de zwaartekracht en de kracht van de veerunster waarmee het karretje werd vastgehouden, geen kracht van het vlak op het karretje, geen wrijvingskracht (volgens leerlingen).

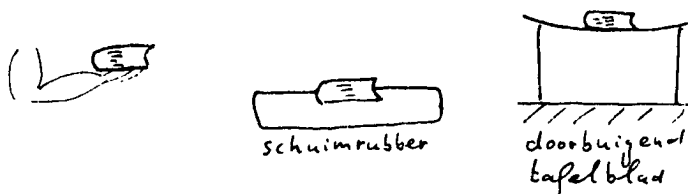
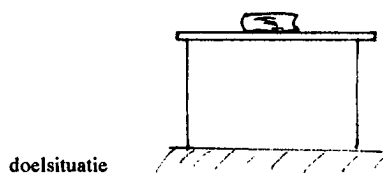


Fig.1: anker

bruggen



Vervolgens ontspoon zich een discussie over begripsmoeilijkheden. Kracht is voor leerlingen iets heel anders dan voor fysici. Een tafel houdt voorwerpen erop gewoon tegen, dat heeft voor leerlingen niets met kracht te maken. Je kunt proberen daar iets aan te doen via een zogenaamd anker-bruggen model (figuur 1). Je zoekt een situatie waar leerlingen wel geloven in een kracht naar boven op een voorwerp in rust en probeert die te generaliseren naar een doelsituatie waar leerlingen niet geloven in een reactiekracht (bv. boek op tafel). Bijvoorbeeld, als je een aantal boeken op je uitgestrekte arm legt, dan voel je dat je een kracht naar boven moet uitoefenen. Dat wordt het "anker", in die situatie komen veel leerlingen tot het juiste krachtenpaar op de boeken: zwaartekracht (naar beneden) en kracht van de arm (naar boven). Vervolgens zoeken we brugsituaties waarin die kracht naar boven toch wat duidelijker te "zien"(?) is dan in het boek op de tafel. Bijvoorbeeld, een boek op een dik stuk schuimrubber dat ingedrukt wordt, of op een veer, of op een doorbuigend

stukje plastic of hout. Tenslotte wordt via die bruggen, het begrip normaalkracht gegeneraliseerd naar een boek op de tafel die toch wat doorbuigt (zichtbaar te maken bij zware voorwerpen als een docent op een tafel, m.b.v. een laserstraal en een spiegelteje op het tafelblad). Voordeel is dat zo de normaalkracht niet meer geheimzinnig is, maar een doodgewone veerkracht wordt.

Eén van de aanwezigen gaf een voorbeeld uit interview protocols. Een leerling kwam ook met deze anker-bruggen niet tot een normaalkracht. Kortom, de bovenstaande anker-bruggen "didaktiek" kan helpen, maar is niet "leerlingproof" (...niets is).

Door één van de aanwezigen werd opgemerkt dat de ouderwetse, puur abstracte behandeling van krachten uit leerboeken van de jaren vijftig misschien nog zo gek niet is. Dan krijg je minder verwarring van leefwereld en abstracte fysica. Fysica zou wel minder leuk worden. Wie weet, zou je het "som van krachten op voorwerp in rust is nul" principe toch als axioma moeten poneren i.p.v. het te bewijzen. Dril je leerlingen gewoon in: voorwerp in rust?.....dan is de som van krachten nul. Haal dat principe regelmatig in lessen naar voren gedurende een paar maanden en zoek dan samen met leerlingen naar al die krachten. Het slijt er dan wel in! Ook bij zo'n meer axiomatische manier zou je leefwereld voorbeelden kunnen gebruiken!

Kenniselementen, demonstratie en practicum

Voor de rol van practicum in begripsvorming is het misschien ook handig te denken aan mogelijke geheugenelementen.

De bekende australische leerpsycholoog en voormalig natuurkunde docent White beschrijft o.a. de volgende kenniselementen:

Stellingen (propositions) geven relaties weer tussen concepten. Voorbeelden van leerlingen-uitspraken zijn:

- *Elektronen hebben een negatieve lading.*
- *De wet van Ohm gaat over een I en een V.*
- *Hoe groter de spanning over een gloeilamp, hoe feller de lamp brandt.*

We zien direct problemen. Echte relaties hebben altijd een beperkt geldigheidsgebied, in het laatste voorbeeld moet de spanning beneden een bepaald maximum blijven. Vandaar dat tegen elke stelling altijd wat in te brengen is. Toch kan een examenprogramma in termen van stellingen worden samengevat.

Beelden (images) zijn plaatjes met kennis. Bijvoorbeeld een voorstelling van een atoom, of een golf, of een voorstelling van hoe elektronen door een weerstand gaan, of een grafiek, of Een plaatje kan meer zeggen dan 1000 woorden! Maar die beelden kunnen ook zeer persoonlijk gekleurd zijn.

Voorbeelden:

- *Een weerstand zie ik als iets zig-zag-achtigs.*

- *Een atoom als een knikker.*

- *Bij model denk ik aan die juffrouw met dat zwempak (illustratie bij DBK gasmodel)*

Een leerling kan ook beelden/"foto's" hebben van demonstratie- of practicumervaringen of van iets anders opvallends uit de ervaringen in de klas.

Episodes (episodes, verhaaltjes) zijn herinneringen aan gebeurtenissen die in het geheugen gegrift zijn. Voorbeelden

- *Toen ik per ongeluk mijn vinger in het stopcontact stak... -Bij dat practicum draaiden we de knop van de spanning om en toen was er een flits en werd de docent kwaad.*

- *Toen mijn vader's accu leeg was, hebben we die accu verbonden met de accu van de auto van de buurman en toen startte de auto.*

Wat heb je hier nu aan bij het *lesgeven*? Die stellingen, daar zijn we elke les mee bezig. We proberen kennis aan te brengen bij leerlingen in de vorm van stellingen. Als [A] dan [B] mits [C]. Het is handig om bij elk hoofdstuk ook steeds de "kennis" van dat hoofdstuk samen te vatten in stellingen. Veel leerboeken en docenten doen dat ook. We doen veel minder met beelden, terwijl dat toch een zeer machtig middel tot herinnering moet zijn. We zouden wat bewuster na moeten denken over "beelden" (plaatjes, figuren, analogieën, demonstratiemomenten) die mogelijk krachtige werktuigen tot herinnering zouden kunnen worden. Echter, die beelden moeten dan wel gearticuleerd worden, opdat de leerling weet waar het om gaat en hoofd- en bijzaken in het beeld kan onderscheiden. In onze lessen creëren we episodes/ervaringen via practica en demonstraties, maar controleren zelden of leerlingen daar dan ook inderdaad de juiste herinneringen aan hebben. Bijvoorbeeld, bij een practicum over krachten op een voorwerp op een hellend vlak, willen wij dat leerlingen herinneringen opbouwen aan krachten op een voorwerp in rust en hoe die krachten optellen tot nul. Echter, leerlingen herinneren zich alleen hoe ze krachten en hoeken hebben gemeten en herinneren zich niets van die resultante kracht die nul moest zijn, laat staan van een normaalkracht. Herinneringen van leerlingen aan practicum beperken zich vaak tot het omgaan met apparatuur. Begrippen blijven buiten spel. Maar die episodes van leerlingen zouden juist aan begrippen gekoppeld moeten zijn. Die koppeling moet de docent expliciet aanbrenge via vòdr- en nadiscussies bij practicumlessen en via vragen bij de begeleiding van practicum. De docent moet leerlingen steeds boven het apparatuurniveau "tillen"!

Wat heb je hieraan bij *diagnose van leerlingdenkbeelden*? In interviews met leerlingen is het handig leerlingen naar relaties (stellingen) te vragen, naar beelden, en naar episodes. Voorbeelden van vragen naar *relaties* zijn: is er

een verband tussen A (bv. warmte) en B (bv. temperatuur)? Hoe is dat verband? Als A groter wordt, wat gebeurt er dan met B, etc. Vragen over *beelden* zijn: Hoe stel je je dat voor? Waar lijkt het op? Waarmee kun je het vergelijken? Teken eens hoe de luchtmoleculen in dat flesje zitten. Vragen over *episodes* kunnen zijn van de vorm: heb je ervaringen met elektriciteit thuis? Vertel eens. Wat gebeurde er in die proef met? Etc.

Voor verdere voorbeelden verwijzen we naar het boekje *Probing Understanding* door R. White en R. Gunstone, Falmer Press, London (prijs ongeveer f35,-, zeker de moeite waard).

Natuurkunde-Relatieleer

Werkgroep 29

*M.C. van den Berg-Vloemans
& J.A. Kobussen*



Om havisten een goede kans te geven om op onze technische hogeschool (TH Rijswijk) de opleiding binnen 4 jaar te voltooien, is er dit schooljaar '94/'95 een nieuw studietoestel gestart. In dit systeem krijgen vwo'ers en mts'ers de gelegenheid om de propaedeuse in een half jaar te halen, terwijl de havisten er één jaar over doen. Dit systeem wordt op elke afdeling (Elektrotechniek, Werktuigbouwkunde, Technische Natuurkunde en Technische Bedrijfskunde) gehanteerd. Een aantal vakken, waaronder Natuurkunde-Relatieleer, in de propaedeuse-fase is dan voor de verschillende afdelingen identiek.

Dit vak Natuurkunde-Relatieleer moet de verschillen tussen de natuurkunde op de verschillende vooropleidingen verkleinen en het moet de aansluiting van de natuurkunde zoals die op het havo gegeven wordt op de reeds bestaande technische vakken verbeteren.

Tijdens de werkgroepbijeenkomst hebben wij o.a. met behulp van een video-opname, getoond hoe wij verschillende werkvormen geïntegreerd hebben in dit vak: practica, demonstratieproeven, invullen van een werkboek in groepjes van 4 studenten, gebruik van de computer voor meten, verwerken en rapportage.

De naam "Relatieleer" is tot stand gekomen doordat wij deze keer *niet* uitgaan van de indeling zoals die in de natuurkunde gebruikelijk is: mechanica, optica, elektriciteitsleer,.....enz, maar wij gaan uit van de *relatie* tussen twee natuurkundige grootheden.

In het eerste kwartaal (7 lesweken) krijgen de studenten gedurende 3 uur per week theorie en om de week gedurende twee uur practicum. Op het practicum maken wij gebruik van handleidingen, die de studenten ter plaatse invullen en een spreadsheetprogramma (Quattro-Pro) met voorgeprogrammeerde files, die door de studenten gebruikt worden voor de verwerking van de meetresultaten. Op deze wijze hebben ze na 2 uur een grafiek en een resultaat. De proeven sluiten aan op de theorie in het werkboek. In het werkboek (deel 1) behandelen wij uit-

sluitend relatie's tussen *twee* grootheden. Op deze wijze herhalen wij de theorie, die op het havo behandeld is en voegen wij grootheden toe, die ook op een mts of vwo behandeld zijn. Daarnaast staan er zogenaamde intermezzo's waarin met nadruk gewezen wordt op de beperkingen van de behandelde relaties en een verwijzing naar de vakken die de studenten op de TH Rijswijk gaan tegenkomen, waarin deze relaties aan de orde gesteld worden.

Wij gaan uitvoerig in op de eerste relatie (recht-evenredigheid), waarbij wij niet alleen de relatie zelf bekijken maar ook de nauwkeurigheid (gebruik van significantie cijfers, tekenen van maximale en minimale helling in een grafiek, *gebruik* van een statische berekening om de onnauwkeurigheid in de helling te bepalen).

In het tweede kwartaal (eveneens 7 lesweken, 3 uur theorie per week, om de week 2 uur practicum) gaan we nader in op de foutenberekening.

Op het practicum moet elke student één meetrapport schrijven met een tekstverwerker en de meetresultaten verwerken met een spreadsheet. Het eerste kwartaal hebben zij bij het vak PC-gebruik leren omgaan met WP en Quattro. Het spreadsheetprogramma gebruiken zij voor het tekenen van de grafieken, het berekenen van het eindresultaat en het bepalen van de onnauwkeurigheid in de helling van de rechte lijn.

Deel 2 van ons werkboek valt in drie onderwerpen uiteen:

1. Foutentheorie

Behalve het omgaan met meetonnauwkeurigheden ligt hier een belangrijke nadruk op het werken met formules. Meerdere relaties uit deel 1 worden nu aan elkaar 'geknoopt' tot één eindresultaat. Het is van belang de studenten erop te wijzen dat ze zo lang mogelijk wachten met het invullen van getallen, om te komen tot een goede berekening van de gevraagde grootte en een goede foutenanalyse!

2. Systematische Probleem Aanpak

Dit is vooral van toepassing op het maken van vraag-

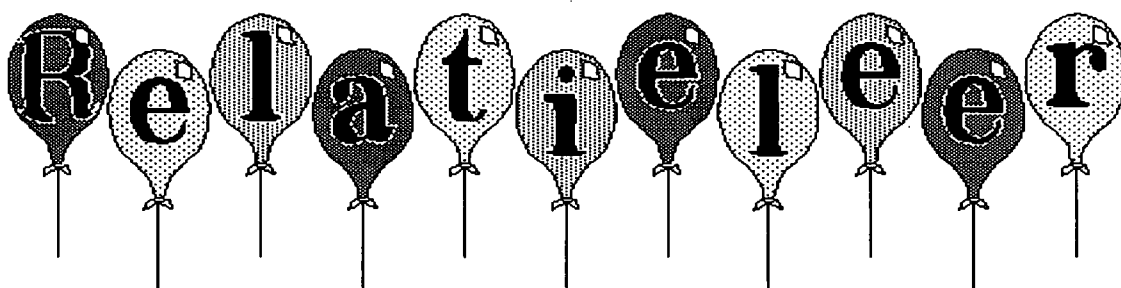
stukken. Wij gebruiken vier onderwerpen uit de natuurkunde om duidelijk te maken hoe de studenten ingewikkelde vraagstukken kunnen tegenkomen, die toch opgelost kunnen worden met slechts één kernbetrekking. Om dit te oefenen gebruiken we 'lastige' vraagstukken uit de natuurkunde op het vwo (statica $M = Fd$, dynamica $F = ma$, optica $1/f = 1/v + 1/b$, en elektriciteitsleer $V = IR$).

3. *Integreren*

Weliswaar is dit bij de wiskunde nog niet uitvoerig aan de orde geweest, toch worden de havisten al vrij snel bij diverse vakken geconfronteerd met het integraalteken. In dit onderwerp geven wij diverse voorbeelden uit de natuurkunde waarbij de oppervlakte in een grafiek een fysische grootheid voorstelt.

In onze werkgroep-bijeenkomst ontstond enige discussie over onze aanpak. Het is duidelijk dat door invoering van het nieuwe examenprogramma de verschillen tussen havo-natuurkunde en mts-natuurkunde vergroot zijn. Daarnaast is het jammer dat bij de havo-natuurkunde door de hoeveelheid stof, de diepgang verdwenen is, waardoor de studenten in de vooropleiding weinig geoefend hebben in het oplossen van vraagstukken waarbij een systematische aanpak noodzakelijk is.

Natuurkunde -



M. Bruinvels



Wat hebben deze twee afkortingen met elkaar te maken? Heel veel! dacht ik in september 1994. Een uit docenten van drie scholen bestaande groep had daarom materiaal ontwikkeld en uitgetest in 4-vwo. Maar het bleek al snel, dat de Stuurgroep Tweede Fase de NME-inhouden elders situeerde, n.l. bij MMW, BiNaSk* en in het vrije deel. Desondanks zijn er nog genoeg NME-elementen terug te vinden in de eindtermen die nu door de vakontwikkelgroep ANW zijn geformuleerd.

Op de Woudschotenconferentie woonden 13 personen de werkgroep "Milieueducatie in ANW" bij. Ondanks de veel te kleine ruimte, de korte tijdsduur en het feit dat de video te laat arriveerde, ontstond er een geanimeerde discussie. Aan de deelnemers werd een map met lesmateriaal uitgereikt.

De belangrijkste inhouden:

1. Het imago van een milieudeskundige is niet erg positief, blijkt uit een onderzoek bij derde-klas vwo-ers. Daar moet wat aangedaan worden!
2. Het NME/ANW-materiaal, ontwikkeld op het Ashram College te Alphen aan de Rijn, het Oosterlicht College te Nieuwegein en het Prisma College te Utrecht, voorziet in deze behoefte.
3. Het is opgebouwd uit de vier klassieke elementen *aarde, water, lucht en vuur*. Het materiaal is op diverse milieuconferenties gepresenteerd en met instemming ontvangen; het wordt als concreet en praktisch ervaren.
4. Het *aarde*-deel is rond het thema "Voedsel en Veiligheid" opgebouwd. Het heeft een studiehuisachtige opzet; de leerlingen krijgen een map met een basistekst die zijzelf moeten uitbreiden, invullen en aanvullen. Het practicum is b.v. een enquête houden, een winkelonderzoek doen of een actie ondernemen. Ook het organiseren van een tentoonstelling, publicaties in

ouderbulletin, schoolkrant, etc. horen ertoe. Contact met de milieuc commissie is ook onderdeel van de les.

5. Het *water*-deel is chemisch-praktisch; het *lucht*-deel meer theoretisch.

Er is voornamelijk over het *aarde/voedsel*-deel gediscussieerd. Dit materiaal werd wel uitdagend gevonden, maar ook wat te praktisch, te veel gezondheidskunde. Dat leerlingen helemaal zelf hun eigen opinie moeten vormen is een sterk punt, "we moeten de leerlingen helpen met denken", zei iemand. Het intercultureel aspect komt vooral aan de orde op scholen met veel allochtone leerlingen.

Koopt U doorgestraald voedsel in de supermarkt? 30% van de leerlingen van de besproken vwo-klas deed het liever niet. Hierover is een video en een enquête beschikbaar.

* afkortingen:

NME = natuur- en milieueducatie

ANW = algemene natuurwetenschappen

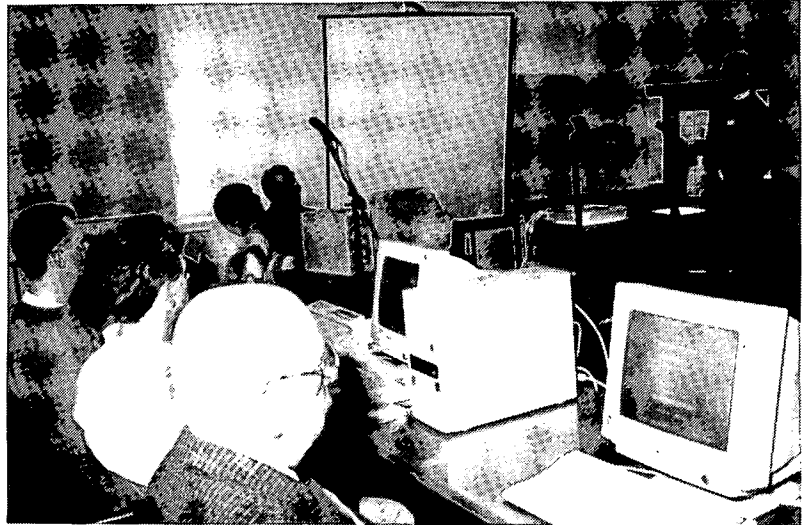
MMW = algemene mens- en maatschappijwetenschappen

BiNaSk = biologie, natuur- en scheikunde

Electronic Workbench: alternatief voor een elek- triciteitspracticum (analoog/digitaal)

Werkgroep 31

*A.P.M. van de Ven,
G.P. Beukema &
J.A.M. Zwegers*

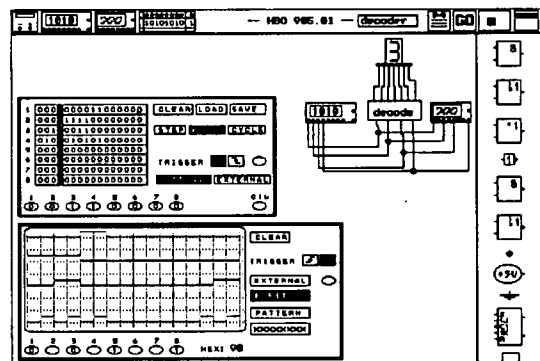
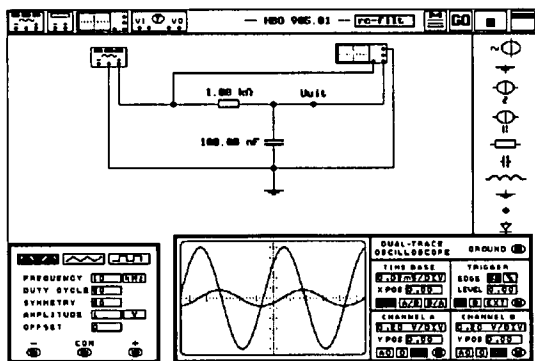


Sinds mei 1991 beschikt de Hogeschool Eindhoven over een school-licentie voor het software pakket *EWB* versie 1.4a, als aanvulling op het elektronika-onderwijs in het kader van *Computer Ondersteund Onderwijs (COO)*.

Electronics WorkBench lijkt in eerste instantie op een software pakket, waarmee de student (en docent) m.b.v. een PC elektronische schakelingen kan ontwerpen of bestaande kan aanpassen.

Het pakket biedt echter meer. M.b.v. op het computerscherm verschijnende meetinstrumenten kunnen de schakelingen worden doorgemeten. Met andere woorden: het pakket *EWB* biedt de mogelijkheid om de werkelijkheid in een elektronika-praktikum redelijk getrouw na te bootsen, zonder dat daar allerlei dure meetapparatuur en tijdrovende handelingen aan te pas komen.

Onderstaande figuren tonen een werkscherm van de analoge resp. digitale module binnen het software pakket *Electronics Work-Bench (EWB)*. De afbeelding toont de 'onderdelenbak', de 'apparatenplank', en een schakeling met bijbehorende 'opgezoomde' meetinstrumenten.



In de werkgroep is gewerkt aan opdrachten, zoals deze werden ontwikkeld voor de studierichtingen Technische natuurkunde en Technische bedrijfskunde van de Hogeschool Eindhoven.

De opdrachten vormen een onderdeel van de studiehandleiding, waarmee studenten zelfstandig de vakken analoge en digitale techniek bestuderen.

Binnen de werkgroep is gediscussieerd over de mogelijkheden van dit pakket in het huidige havo/vwo-natuurkunde-onderwijs. Omdat dit pakket veel meer mogelijkheden biedt dan het *WEN*-programma voorschrijft zag men vooral toepassing in het vwo (keuze-onderzoek). Het zal de docent veel tijd kosten om een "leeg" pakket om te zetten in een *COO*-pakket. Om de collega's kennis te laten maken met de mogelijkheden is afgesproken, dat eerdergenoemde handleiding, inclusief bijbehorende disquette tegen kostprijs beschikbaar wordt gesteld via de *NVON-Ledenservice*. Let op de aankondiging in *NVOX*.

Natuur-/scheikunde in de basisvorming

Werkgroep 32

P. van Aalten



Jan Leisink, Jan Michels en Peter van Aalten hebben op Woudschoten flink uitgepakt.

In de werkgroep kregen de aanwezigen gelegenheid te werken uit ZIPPER.

In een inleiding vertelde Peter, krachtig gesteund door Jan², over het bijzondere van de methode.

ZIPPER is een methode voor natuur-/scheikunde voor de basisvorming.

De naam ZIPPER is gekozen, omdat in de basisvorming natuurkunde en scheikunde aan elkaar zijn geritst.

Na de basisvorming gaat deze rits (helaas) weer open. Natuur- en scheikunde zijn dan twee aparte vakken.

De tekst in ZIPPER is om zelf te lezen.

De proeven helpen bij het leren en de leerling wordt ook handig in het opzetten en uitvoeren van onderzoeken.

ZIPPER is een methode waarin natuurkunde en scheikunde gecombineerd worden aangeboden in de ware geest van de basisvorming.

Hierdoor is ZIPPER niet te vergelijken met enige andere methode in dit vakgebied.

Je zult tevergeefs zoeken naar een min of meer traditionele aanpak van de verschillende onderwerpen.

De toepassing, vaardigheden en samenhang met andere vakken staan hoog in het vaandel.

De leerling heeft bij ZIPPER de actieve rol tijdens de lessen.

De docent(e) heeft daarbij de rol van begeleider(-ster).

Een enquête heeft uitgewezen dat een ZIPPER-les de volgende tijdsindeling heeft:

Inleiding door de docent: 5 á 10 minuten

Leerling zelfstandig aan het werk: 30 á 35 minuten

Afsluiting door de docent: 5 á 10 minuten.

De *algemene vaardigheden* nemen in ZIPPER een belangrijke plaats in.

In bijna elke les worden proeven gedaan. De proeven vragen niet veel bijzondere faciliteiten, zodat ze ook in

een theorielokaal uitgevoerd kunnen worden. De docent moet dan wel een krat met materiaal meesjouwen.

De leerling wordt opgeleid om zelfstandig een onderzoeksvraag te formuleren, een onderzoeksplan op te stellen en het uit te voeren met de middelen en ruimte die ter beschikking is.

De deelnemers aan de werkgroep stortten zich, in een gewoon zaaltje, op enkele fragmenten uit ZIPPER en ontdekten dat het inderdaad mogelijk is onder primitieve omstandigheden uit ZIPPER te werken. Zo was een groepje bezig als elektronicus, een ander groepje als geluidstechnicus en een groepje als keurmeester van reinigingsmiddelen.

De aanwezige collega's stelden kritische vragen. Zo kreeg het probleem van de organisatie, en het beruchte 'niveau', ruime aandacht.

In het eerste ZIPPER jaar moet je je vertrouwde materiaal aanvullen met alledaagse gebruiksvoorwerpen en stoffen. Denk aan de inhoud van een modaal keukenkastje, grondstoffen voor het maken van cosmetische producten, een gereedschapskist, een goedgevuld naaimandje en een hoeveelheid elektronische componenten. Met deze, voor leerlingen, normale alledaagse stoffen en materialen, kunnen leerlingen op een plezierige wijze voorbereid worden op het vervoltraject.

Ook moet je als docent wennen aan een andere rol. Bovendien moeten veel collega's er nog vertrouwen in krijgen, dat het ook op *andere* manieren mogelijk is, een bepaald niveau te halen.

Zo is voor het C/D traject, 4 uren ZIPPER natuurkunde en/of 4 uren ZIPPER scheikunde per week voldoende om de leerling goed voor te bereiden op het praktisch schoolonderzoek en het CSE.

De aansluiting op het vervoltraject van HAVO en VWO zal ook soepel kunnen verlopen. Wat diepgang betreft, maar zéker wat onderzoeksvaardigheid betreft!

Van ZIPPER is deel 1 al volop in gebruik, deel 2 verschijnt eind maart, deel 3 NA-CD en deel 3 SK-CD verschijnen in maart van volgend jaar. De delen 3 volgen precies de allernieuwste examenprogramma's waardoor de leerlingen niet voor verrassingen komen te staan.

ZIPPER is een methode die aan de modernste eisen voldoet, en wat het belangrijkste is: leerlingen werken er met veel *plezier* uit.

De respons die de schrijvers van de aanwezigen kreeg, bevestigt dat ZIPPER inderdaad een schot in de roos is.

Zelfstandig leren; een praktische oplossing

Werkgroep 33

*J. Frankemölle &
P. van Meeuwen*



DBK-na (Differentiatie Binnen Klasseverband) is een methode waarbij het practicum als uitgangspunt genomen wordt voor het leren van nieuwe stof. De theorie is zó geschreven dat leerlingen het zelfstandig kunnen doorwerken.

Uitgangspunt:

Leerling leert; docent begeleidt

Waarom? basisvorming
tweede fase
op leerling afgestemd

Voorwaarden:

Wat is leren? verwerven van - kennis
- inzicht
- vaardigheden

Welke stappen? - beginsituatie
- aanbieden nieuwe stof
- verwerken nieuwe stof
- diagnostische toets
- repareren
- eindtoets

Rol leerling: - bepalen beginsituatie
- doorlopen nieuwe stof in eigen tempo
- diagnose stellen
- zwakke punten herhalen

Rol docent: - motiveren
- helpen verwerken nieuwe stof
- controle

Noodzakelijk: - beloning
- duidelijke structuur
- aanleren studievaardigheden
(onderscheiden hoofd- en bijzaken)
- geschikt materiaal

Met name het practicum biedt de mogelijkheid de leerlingen zelfstandig de stof aan te leren.

De beloning is vaak duidelijk:

- * het verwerven van kennis door het zelf uit te mogen zoeken,
- * een goed ingevuld werkboek (kort nabespreken is nodig om voor iedereen duidelijk te maken of de leerdoelen gehaald zijn)
- * een verslag waar een punt voor gegeven wordt

Verschillende mogelijkheden:

- leesstuk met opdrachten
- zelf proeven doen aan de hand van opdrachten
- demonstratieproef met opdrachten

Waarom practicum ?

- motiverend
- leerlingenactiviteit

Rol practicum:

- oriëntatie
- ondersteuning nieuwe theorie
- ontwikkelen van vaardigheden

Eisen:

- eenvoudig (opzet en materiaal)
- duidelijke opdrachten
- uitdagend (van gesloten naar wat meer open)
- in principe uit te voeren door één docent

Belangrijk is een goede organisatie.

- tips:
- duidelijke instructie vooraf
 - leerlingen zelf materiaal laten pakken én opruimen
 - 5 á 10 min voor einde van de les opruimen + nabespreken
 - variatie

Lesorganisatie:

Belangrijk is dat voor de leerlingen duidelijk is wat hun rol is. Net zoals een leraar moet een leerling zijn les voorbereiden. Doet zij/hij dat goed, dan kan er veel in de klas gedaan worden en is er weinig huiswerk.

Voor de docent bestaat de voorbereiding uit een goede organisatie. De klassikale uitleg hoeft maar kort te zijn. De leerlingen moeten een duidelijke planning krijgen. Het materiaal moet klaar voor gebruik zijn. De leerlingen moeten weten waar ze het kunnen pakken en waar ze het weer moeten opruimen.

- Overzichtelijk
- tijdsplan
 - periode te overzien
 - structuur van het blok moet duidelijk zijn

Tot slot een overzicht van de planning van een gemiddeld blok (4 paragrafen):

	in de klas	huiswerk
les 1 (halve les)	overzicht blok	voorbereiden P1, T1
les 2	P1, T1, W1	W1 afmaken
		voorbereiden P2, T2
les 3	W1 nakijken	W2 afmaken
	P2, T2, W2	leren T1, T2
les 4	W2 nakijken	voorbereiden P3, T3
	bespreken T1, T2	
	(overhoring ?)	
les 5	P3, T3, W3	W3 afmaken
		voorbereiden P4, T4
les 6	W3 nakijken	W4 afmaken
	P4, T4, W4	leren T3, T4
les 7	W4 nakijken	leren blok
	bespreken T3, T4	
	oefenen met blok	
	(eventueel m.b.v. E-stof)	
les 8	Diagnostische toets	plannen H-bladen
les 9	H/E	leren blok
les 10	Eindtoets	
les 11 (halve les)	Bespreken eindtoets	

Algemene Natuurwetenschappen voor iedereen in de tweede fase

Werkgroep 34

R. Genseberger



De werkgroep bevatte het als maximum opgegeven aantal deelnemers, namelijk 25.

In de bijeenkomst konden drie delen onderscheiden worden:

- A. "Stand van zaken" m.b.t. Algemene Natuurwetenschappen
- B. Informatie over projecten die iets doen dat verwant is aan de doelstellingen van ANW
- C. Wensen en suggesties deelnemers werkgroep t.a.v. ANW

A. "Stand van zaken".

De stuurgroep 2e fase (commissie Ginjaar-Maas) stelt voor om in het algemeen verplichte deel van de bovenbouw HAVO-VWO een vak Algemene Natuurwetenschappen op te nemen. Zij motiveert dit als volgt:

"Het is van belang dat in het hoger onderwijs geschoolde mensen (...) tenminste in de tweede fase van het VO bekend zijn geworden met β -/technische aspecten."

"Daarnaast (...) is het voor iemands algemene vorming van belang om enig inzicht te verwerven in de wijze waarop natuurwetenschappelijke kennis tot stand is gekomen."

"Deze elementen zouden in een nieuw te ontwikkelen leergebied, waarin ook technologische aspecten aan de orde komen ('Algemene Natuurwetenschappen') hun plaats kunnen vinden. Het vak moet algemeen vormend van aard zijn, hetgeen hier betekent dat de vakinhoud in een historische, filosofische, economische en maatschappelijke context wordt geplaatst."

(Eerste nota, p. 28-29)

Dit is een nieuw vak voor het voortgezet onderwijs, en wel om de volgende redenen:

1. Er is in ons land een sterke traditie om de natuurwetenschappen gescheiden aan te bieden.
2. Er zijn weinig of geen docenten die bevoegd zijn om op eerstegraads niveau onderwijs te geven in elk van de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde
3. Tot op heden zijn natuurwetenschappelijke vakken geen verplicht onderdeel van het examen.

Omdat het een nieuw vak is, worden er uit allerlei richtingen claims gelegd op het vak. Zo zouden er in moeten komen: natuurkunde, scheikunde, biologie, technologie, astronomie, aardwetenschappen, filosofie, natuur- en milieu-educatie.

Sinds 1 november zijn voor de vormgeving van het vak officieel twee groepen verantwoordelijk:

- I. De vakontwikkelgroep ANW. De taak van deze groep is te vergelijken met het maken van een examenprogramma, zij zijn politiek aanspreekbaar, geven ook adviezen over de vorm van toetsing. Hun advies moet voor augustus 1995 klaar zijn. In deze groep zitten vertegenwoordigers uit diverse geledingen.
- II. De projectgroep ANW van het SLO en CDB. Zij maken een leerplan en ontwerpen voorbeeldmateriaal. Zij hebben na dit schooljaar hier nog twee jaar voor. Het ontworpen materiaal kan later door de uitgevers gebruikt worden. Het is ook de bedoeling in een vroegtijdig stadium al contact met hen op te nemen, zodat de productie van leermiddelen tijdig op gang kan komen. In deze groep zitten zowel van het SLO als het CDB natuurkundigen, scheikundigen en biologen.

Binnen de projectgroep, waar de werkgroep leider ook deel van uitmaakt, leven de volgende criteria voor de keuze van inhoud voor ANW:

- belangstelling van de leerlingen
- basiskennis op terreinen die niet door de basisvorming worden gedekt
- inzicht in de werkwijze van natuurwetenschappers
- inzicht in de historie van de natuurwetenschappen
- inzicht in de relatie tussen wetenschap en technologie
- inzicht in de maatschappelijke betekenis van de natuurwetenschappen (cultureel, economisch, sociaal, politiek)

B. Informatie over projecten

De bedoeling was om hier iets te vertellen binnen- en buitenlands materiaal. Door tijdgebrek zijn we niet meer aan het buitenlandse materiaal toegekomen. Het betreft:

- SISCON: Science In a Social CONtext (J.Solomon, 1983, Oxford/Hatfield: Basil Blackwell/ASE)
- LORST: LOfical Reasoning in Science and Technology (G.Aikenhead, 1991, Toronto: Wiley)
- Studies in awareness of science (P.Hughes, 1993, London: John Murray)

Ze kunnen allemaal ingezien worden in de bibliotheek van het CD-β te Utrecht.

Het binnenlandse project betreft een cursus die de werkgroep leider aan zijn eigen school heeft gegeven en die qua intentie sterk overeenkwam met wat de stuurgroep voorstelt. Het werd genoemd "Natuurhistorische Oriëntatie" en was bestemd voor alle leerlingen die in 4 HAVO /VWO zaten. Dit vak is van 1980 tot 1990 jaarlijks aan twee klassen gegeven, aanvankelijk gedurende drie jaarlessen van 80 minuten per week, later gedurende 2 jaarlessen eveneens van 80 minuten per week. Het was enerzijds eindonderwijs in de natuurwetenschappen voor leerlingen die niet een exacte kant opgingen, anderzijds moest het een oriëntatie geven t.b.v. die keuze. Daarnaast werd het ook gebruikt om een aantal onderwerpen en methodes die in alle drie de vakken meestal apart behandeld worden, nu in een keer en in samenhang te behandelen. Dat dit nodig was blijkt wel uit een vraag van een leerling, die als één van de inspiratiebronnen voor het ontwerpen van deze cursus gezien kan worden: "Bestaat een cel ook uit moleculen?".

Voor de leerlingen was de cursus een vlechtwerk uit drie componenten:

1. Drie ontwikkelingslijnen, die door het hele jaar bij alle thema's gehanteerd werden.
 - a. Van groot naar klein en weer terug
 - b. Het ontwikkelen van een modelbegrip
 - c. De historische lijn
2. De inhoud, in drie hoofdthema's. Deze werden wel enigszins in de genoemde volgorde gedaan, maar kwamen weer samen terug in het laatste thema.

- a. De microscoop en de ontwikkeling van de ideeën over voortplanting en ziekte
- b. Moleculen, atomen en kernenergie
- c. Erfelijkheid en experimenten met het leven.

3. De werkwijze, voornamelijk gekenmerkt door afwisseling:
practicum in tweetallen, viertallen, klassikale uitleg en discussies met de hele klas, discussies in kleinere groepen, lezen van teksten, vragen beantwoorden, werkstukken maken, tekeningen maken, teksten schrijven, demonstratieproeven, leerlingenproeven, huiswerk, film, museumbezoek, kortom ongeveer alles wat er te bedenken valt aan onderwijsvormen is aan bod gekomen.

Wie meer wil weten over deze cursus kan de volgende artikelen raadplegen:

- Genseberger, R. (1989) Natuurhistorische oriëntatie, een gemeenschappelijk aanbod van scheikunde, biologie en natuurkunde voor 15-16 jarigen, *Tijdschrift voor de didactiek der beta-wetenschappen*, 7, 138-153
- Genseberger, R. (1989) Het ontwikkelen van een model-begrip bij leerlingen van 15-16 jaar, *Tijdschrift voor de didactiek der beta-wetenschappen*, 7, 192-208

C. Wensen en suggesties deelnemers werkgroep t.a.v. ANW

In het algemeen bleek er in principe een grote welwillendheid te zijn ten aanzien van het inrichten van een vak als ANW. Wel werden er kanttekeningen geplaatst:

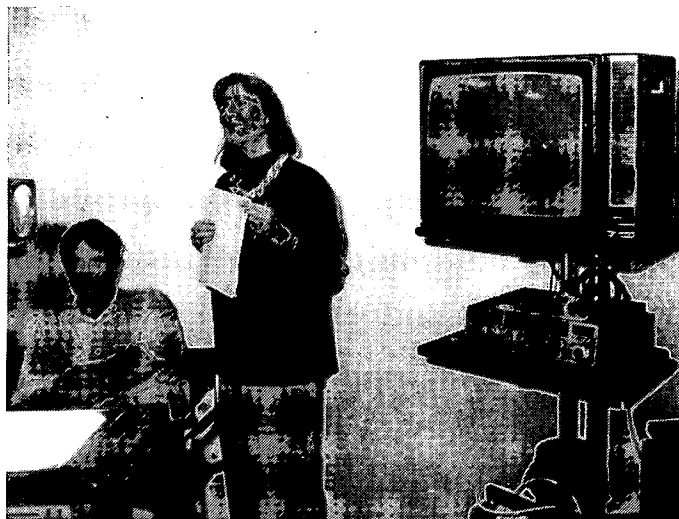
- Om een dergelijk vak recht te doen, is een opbouw nodig. Het zou wel eens kunnen zijn dat leerlingen pas op een latere leeftijd aan een bepaalde problematiek toe zijn (politiek, filosofie, elementaire deeltjes). Om beide redenen is het waarschijnlijk beter dat ANW gedurende de hele tweede fase naast de andere vakken wordt gegeven. Dat zou ook betekenen dat er aparte lessen voor de verschillende profielen nodig zijn.
- Het vak moet voor alle HV leerlingen toegankelijk, boeiend en nuttig zijn. Daarom geen mechanica en andere wiskundig te benaderen onderwerpen, wel nadruk op vaardigheden, probleemoplossen.
- Er zullen diverse onderwerpen in ANW voorkomen die met normen en waarden te maken hebben. Docenten in de exacte vakken (misschien met uitzondering van de biologen) zijn niet gewend daar mee om te gaan. Dat betekent niet dat het er niet in moet, maar vraagt wel extra aandacht voor docentenhandleiding en scholing,
- Met het huidige examenprogramma zal het onmogelijk zijn om in de vijfde HAVO pas te beginnen met de drie exacte vakken. Voor de HAVO gelden er dus extra organisatorische problemen bij de programmering.

- Als er veel nieuwe onderwerpen worden voorgesteld, wordt dan ook rekening gehouden met de financiële consequenties (b.v. proeven-materiaal)?
- Vul niet alle tijd op met voorgeschreven leerstof, hoogstens 60%, zodat daarnaast veel tijd blijft voor eigen onderzoek
- In Engeland is men veel eerder begonnen met integratie van de natuurwetenschappen. Toch komt men er daar steeds meer van terug. Het is belangrijk voor de ontwerpers van ANW om zich op de hoogte te stellen van wat de redenen daarvan zijn.
- Aan de relatie natuurwetenschap-maatschappij moet veel aandacht besteed worden.
- Als onderwijs aantrekkelijk moet zijn voor leerlingen, hoeft dat niet te betekenen dat er dus veel proefjes gedaan moeten worden. Veel leerlingen die later niet de exacte kant op gaan, houden juist helemaal niet van (natte) proefjes.

Practicum in een vliegtuig

Werkgroep 35

*M. Lambriex &
C. van Oorschot*



Iets later dan de geplande 19.30 uur liep onze ruimte vol met eerst vooral dames en uiteindelijk met evenveel dames en heren.

De eerste helft van de workshop is aandacht besteed aan beroepsoriëntatie. In het *VeL-project (Beroepsbeoefenaren en Lessen)* zijn vrouwelijke beroepsbeoefenaren gastlessen gaan geven op diverse scholen met als doel leerlingen bekend te maken met de beroepsinhoud van diverse beroepen en deze te koppelen aan de vakinhoud van natuur/scheikunde.

De deelnemers van de workshop hebben gediscussieerd over verschillende aspecten van deze vorm van beroepsoriëntatie. Het ontwikkelde lesmateriaal bij deze gastlessen komt binnenkort op de markt. In de tweede helft van de workshop is een les gegeven door Marianne Lambriex. Zij is vliegtuigdeskundige. De les is opgezet naar analogie van het BeL-project. Er werd gestart met een probleem n.a.v. het vliegtuigongeluk bij Faro, dat afgelopen november weer regelmatig in het nieuws verscheen. Na een boeiend betoog over vliegen werden opdrachten uitgereikt om de natuurkundige kennis van deelnemers op te verfrissen. Om kwart voor tien werd nog ijverig gewerkt aan een vliegtuigje dat een groot liftvermogen bezat.

De deelnemers bleken enthousiaste leerlingen en dit onderwerp verdient zeker nog een vervolg op Woudschoten 1995.



Natuurkundige verkennin- gen met behulp van een "Handcomputer"

Werkgroep 37

H. Broekman & T. Hengeveld



Door de technische ontwikkeling van de laatste jaren zijn er nu betaalbare rekenmachines die in bepaalde opzichten de mogelijkheden van een computer hebben. Met dergelijke machines kan men, naast het gewone rekenwerk, grafieken van wiskundige functies op een scherm zichtbaar maken, matrixbewegingen uitvoeren, tabellen weergeven op het scherm, statistiek bedrijven, en ten slotte is er de mogelijkheid tot programmeren. Vooral om de grafische mogelijkheden zijn deze machines voor het wiskundeonderwijs interessant. Het is dan ook te verwachten dat dergelijke rekenmachines binnen afzienbare tijd op onze scholen verplicht zullen zijn bij de wiskunde.

Voor de natuurkunde zal dit ook zijn gevolgen hebben. Er is dan, naast de vaak veel tijd en organisatie vergende computer, een instrument beschikbaar dat snel in te zetten is bij de verkenning van allerlei natuurkundige situaties. Deze werkgroep biedt U, aan de hand van een instructie voor leerlingen, de mogelijkheid kennis te maken met één van deze rekenmachines: de TI-81. Verder zal er verslag worden gedaan van ervaringen in klas 4-vwo met het gebruik van deze machine bij de behandeling van het onderwerp *vrije val*. Om te laten zien dat de machine vergelijkbare mogelijkheden biedt als programma's als *Modelomgeving* van *IP-Coach* en *NE-MO*, zullen we een programma over het *radioactief afval* van *twee kernen* demonstreren.

Om nu alvast een idee te geven: Wij hebben in klas 4 vwo *niet* het samenstellen van bewegingen besproken. Dit valt op de TI-81 eenvoudig te illustreren: Een fietser gooit vanuit hem gezien een bal verticaal omhoog.

Beweging van de bal ten opzichte van de fietser:

$$\vec{s}_1(t) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 + 20t - 5t^2 \end{pmatrix}$$

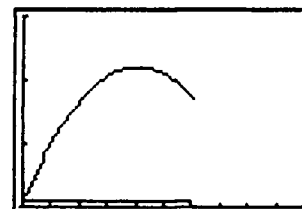
Beweging van de fietser ten opzichte van de aarde:

$$\vec{s}_2(t) = \begin{pmatrix} 20t \\ 1 \end{pmatrix}$$

Beweging van de bal ten opzichte van de aarde:

$$\vec{s}_3(t) = \vec{s}_1(t) + \vec{s}_2(t)$$

: X1T = 1
: Y1T = 1 + 20T - 5T ²
: X2T = 20T
: Y2T = 1
: X3T = X1T + X2T
: Y3T = Y1T + Y2T



Op de machine valt zichtbaar te maken dat de fietser door een voltreffer geveld lijkt te worden.

Ondanks, of misschien juist dankzij het feit dat de mogelijkheden en beperkingen van (programmeerbare) grafische rekenmachines nog lang niet duidelijk zijn is de discussie nog zeer levendig.

Als voordelen komen telkens weer naar voren de volgende aspecten:

- betaalbaarheid
- snelle inzetbaarheid
- gebruiksvriendelijkheid
- correctie-mogelijkheid (ook 'gewone' berekeningen worden zichtbaar gemaakt op het scherm in tegenstelling tot de gangbare rekenmachines)
- de goede beschikbare instructies (althans bij de TI-81, 82 en 83).

Als nadelen worden veelal genoemd:

- beperkte geheugen bij b.v. de TI-81, maar minder bij andere machines, zoals de HP en de TI-82, resp. 85.
- programma's moeten bij veel machines (nog?) ingetikt worden en kunnen niet op andere wijze geladen worden.

Door natuurkunde docenten kan soms gebruik gemaakt worden van ervaringen die reeds opgedaan zijn in de wiskundelessen. Het visualiseren en het uitbuiten van de dynamiek kan daar starten, waardoor het manipuleren van formules en het tekenen van krommen door een aantal uitgezette meetgegevens ondersteunend kan werken voor een (beter) begrip van bijvoorbeeld een v-t diagram, elektrische schakelingen, radioactief verval ("slope λ ", etc.) en zeker ook het dubbelverval.

Een simpele versie en een uitgebreide versie van een programma voor het radioactief verval van twee kernen op de TI-81 moge het voorgaande toelichten (programma's geschreven door T.Hengeveld).

Simpele versie

(Geen extra's als automatische instelling assen, of samenstelling tabel)

```
PrgmA:VERVAL
:Disp "CONST KERN 1"
:Input A
:Disp "CONST KERN 2"
:Input B
:Disp "AANTAL 1"
:Input M
:Disp "AANTAL 2"
:Input N
:O→T
:(A-1 + B-1)/100→D
:Lbl 1
:PT-On(T,M)
:PT-On(T,N)
:T + D→T
:-AM→P
:-BN + AM→Q
:M + PD→M
:N + QD→N
:If T ≤ 3(A-1 + B-1)
:Goto 1
```

Uitgebreide versie

(Met mogelijkheid: automatische instelling assen en tabel met (N_1, t) en (N_2, t))

```
PrgmA:VERVAL
:ClrHome
:Disp "CONST KERN 1"
:Input A
:Disp "CONST KERN 2"
:Input B
:Disp "AANTAL 1"
:Input M
:Disp "AANTAL 2"
:Input N
:Disp "ASSEN AUTO? (1/0)"
:Input J
:If J = 1
:PrgmB
:O→T
:(A-1 + B-1)/100→D
:Disp "TABEL? (1/0)"
:Input J
:If J = 1
:ClrStat
:Lbl 1
:If J = 1
:PrgmC
:PT-On(T,M)
:PT-On(T,N)
:T + D→T
:-AM→P
:-BN + AM→Q
:M + PD→M
:N + QD→N
:If T ≤ 3(A-1 + B-1)
:Goto 1
```

```
PrgmB:ASSEN
:All-Off
:ClrDraw
:.-.1(A-1 + B-1)→Xmin
:3(A-1 + B-1)→Xmax
:Xmax/10→Xscl
:.-.05(M + N)→Ymin
:1.1(M + N)→Ymax
:Ymax/11→Yscl
```

```
PrgmC:TAB.VERV
:If Round(T/(10D), 1) ≠ Round(T/(10D), 0)
:Goto 2
:Round(T/(10D), 0)→Z
:T→{x}(2Z + 1)
:M→{y}(2Z + 1)
:T→{x}(2Z + 2)
:N→{y}(2Z + 2)
:Lbl 2
```


Communiceren met een Bulletin Board

Werkgroep 38

Tj. Wieberdink & Th. Pernot

Doel: een aanzet geven voor diegenen die willen communiceren met een Bulletin Board en daar nog weinig of geen ervaring in hebben.

Sinds begin 1994 is voor alle natuurkundeleraren het bulletinboard BBScoop, 02271-1525, beschikbaar met daarop proefwerken, practica, schoolonderzoeken enz. Op het moment dat een eigenaar van een computer overweegt deel te gaan nemen aan modemverkeer, komt deze in aanraking met allerlei nieuwe hard- en software. Er wordt een modem aangeschaft, de telefoon wordt zo aangepast dat er een aftakking naar het modem komt en er wordt communicatiesoftware geïnstalleerd. Bij elk van bovengenoemde drie handelingen kunnen zich problemen voordoen, die bepalend kunnen zijn voor de motivatie van de gebruiker.

In deze werkgroep is men via een introductie vertrouwd gemaakt met enkele sleutelbegrippen en is geoefend in het contact leggen met het bulletinboard, het lezen van berichten en met het ophalen van files. En zoals dikwijls: oefening baart kunst en loont de moeite.



Open onderzoek: De Nuffield benadering

Werkgroep 39

C. Price

De deelnemers hadden een zeer grote verscheidenheid in ervaring (van helemaal niets tot meer dan tien jaar) en in niveau (middenschool tot bovenbouw), toch aanvaardden de meesten het nut van open onderzoek in het fysica onderwijs. De werkgroepen-discussies concentreerden zich daarom vooral op concrete problemen, onzekerheden en ook noden van specifieke deelnemers. Deze ernstige discussies van hoog niveau(!) werden onderbroken door ongeveer dertig minuten echte experimentatie, waarin deelnemers studenten werden en werden aangemoedigd om badkamertegels te breken, plasticine te vervormen, zware gewichten te laten vallen op colablikjes en golven waar te nemen die zich door sellotape bewegen. De volgende hoofdpunten, vragen, antwoorden, commentaren kwamen naar voren uit deze chaotische dans:

1. Hoe kies je het geschikte onderzoek

Dit is misschien de meest cruciale factor om het succes te verzekeren van elke student zijn onderzoek. We zijn allemaal op de hoogte van de belangrijke eisen die aan open onderzoek gesteld worden; het werk moet origineel zijn voor de student, het experiment moet eenvoudig zijn; de student moet kunnen denken, betekenisvolle metingen kunnen verrichten, conclusies kunnen trekken en dingen kunnen afleiden, om het experiment wetenschappelijk te maken. Dit klinkt mooi, maar ervaring toont het tegendeel aan, één van de deelnemers zei: "de keuze van het onderwerp is vaak te vrij en te moeilijk voor de klas en dan komen er geen resultaten, te gemakkelijk en dan komt er ook niks uit." Wat is "simpel" en wat is "moeilijk"? Dat hangt af van de ervaring en de kennis van de studenten.

Over theorie: Om dingen te concretiseren bediscussieerden we het experiment dat te kijk stond, een staafmagneet opgehangen boven een tweede magneet, vrij om te oscilleren (op verschillende non-lineaire manieren). Eén deelnemer veroordeelde dit als te ingewikkeld, het was buiten de kwestie dat een studie in staat zou zijn om een simpele beweging te isoleren en te bestuderen. Het zou veel beter zijn een eenvoudiger en braver systeem te nemen zoals een slinger. Hier is echter een perfect voorbeeld van hoe men een goed onderzoek kan kiezen: Als de student reeds vertrouwd is met de slinger en simpele harmonische oscillatie, dan zal hij de oscillerende magneten benaderen met dit in het achterhoofd. Hij zal zoeken naar de vertrouwde tekens van simpele harmonische oscillatie en zal weldra afwijkingen van dit verwachte gedrag vinden die hij kan meten en beschrijven. Na een steuntje van de leraar, zal hij waarschijnlijk de theorie van simple harmonic motion opzoeken en zo ontdekken waarom de magneten zich anders gedragen. Waar het om gaat is dat de student het onderzoek moet benaderen met een beetje theorie en kennis die relevant is voor het experiment. Hoe eenvoudiger en vertrouwd de vereiste theorie is, hoe beter.

Over openheid: Gegeven dat de onderliggende theorie door de student als verteerbaar wordt beschouwd, dan mag de openheid van het experiment geen probleem zijn. Inderdaad het onderzoeksexperiment moet gekozen worden in functie van zijn openheid in de betekenis dat het gemakkelijk in verschillende richtingen kan evolueren. Ons magneetvoorbeeld is open op verschillende manieren: de opgehangen magneet kan ronddraaien en niet louter oscilleren, de vaste magneet kan vervangen worden door

electromagneten, het veld kan aan het ronddraaien gebracht worden. In andere woorden, de richting van het onderzoek kan veranderen terwijl het onderzoek vordert. Dit leidt ons naar het volgende punt.

Flavours van onderzoek: De deelnemers konden al snel verschillende types van "flavours" van onderzoek in hun manier van lesgeven identificeren, zoals (1) maken van een instrument, (2) met een doel, (3) oorspronkelijk doelvrij. Een belangrijke bijkomende flavour kwam naar boven tijdens de discussie (4) modelleren van real-world fenomenen. Het verschil tussen met een doel en doelvrij wordt aangetoond door het vergelijken van de beschrijvingen 'Factoren die de doeltreffendheid van windmolenwieken beïnvloeden en 'Patronen opgewekt in vloeistoffen door oscillaties'.

Het doelgerichte onderzoek is geenszins volledig "beheerst", zijn klaar en duidelijk doel is eerder een hulp voor de zwakkere student. Spijtig genoeg zal de zwakkere student indien hem de vrije keuze gelaten wordt eerder een moeilijker doelvrij onderzoeksonderwerp kiezen. Het maken van een instrument is natuurlijk doelgericht maar wordt apart geclassificeerd daar het problemen kan veroorzaken als een onderzoek, vooral als het gekozen wordt door een technisch gemotiveerde student die zijn tijd eerder zal gebruiken om een instrument te bouwen dan wel om fysica toe te passen. Voorbeelden van goede instrument constructies zijn onder andere: 'Gebruik van laser-diffractie om het krimpen van textiel bij het wassen te meten', en 'Dikte van papier door magnetische circuits'. Modelling is een belangrijk aspect van het fysica onderwijs. Het is ook handig als een principe om relevante, interessante onderzoekjes te bedenken, hier zijn enkele voorbeelden: 'Modelling palen inheien gebruik makend van plasticine en zand', 'Modelling energie absorptie van olievaten gebruik makend van colablikjes' Hier suggereren we niet om de effecten van het op schaal brengen te onderzoeken, maar eenvoudig modelling te gebruiken als een methode om interessante en relevante onderzoekjes te genereren.

2. Voorbereiding van de student (en de LABO)

Twee aspecten van het voorbereiden van de student kwamen in de discussie naar voren. Wat betreft het toekennen van de onderwerpen, waren velen het erover eens dat studenten een concreet probleem oplossen als taak toegewezen moeten krijgen. Er zijn twee factoren hier; vooreerst de toewijzing. Terwijl de geest van de onderzoeks-aanpak de student aanmoedigt om vrije onderwerpkeuze te hebben, suggereert het examen-slaagpercentage de keuze van onderwerpen te beperken naargelang de vaardigheid van iedere student. Dit kan discreet gebeuren en is in het voordeel van allen hierbij betrokken. Veel van de schrik voor het nakend onderzoek verdwijnt als het concept en de activiteit vroeg genoeg in de klas worden geïntroduceerd.

Dit kan op verschillende manieren gebeuren:

1. Wanneer het onderzoek aan de gang is laat dan de lagere klassen komen kijken naar deze werkwijze om ze in te wijden in de nieuwe cultuur.
2. Sommige onderzoeken zoals 'Factoren die de sterkte van beton beïnvloeden' of 'Sterke maar lichte bruggen ontwerpen' kunnen uitgevoerd worden in Jaar 1 of 2 als onderzoekjes. Onderzoek met brekend glas werd reeds met zevenjarigen gedaan.
3. Leraars kunnen onderzoeksonderwerpen suggereren op de gepaste tijden in Jaar 5 of 6. Na een tijdje zullen studenten meedoen aan dit spelletje. Vaak zal een klassikale proef of een demonstratie door de leraar die niet het gewenste didactische resultaat opleveren, de studenten doen ontvallen: 'Materiaal voor een onderzoekje!' Dat is echt nuttig.
4. De leraar kan enorm voordeel halen uit het louter doen van onderzoekjes in de klas zomaar. Ervaringen worden opgedaan, en er is een verschuiving in didactische positie, het is nuttig aan te voelen wat de studentervaart en ook om op die manier aan de student over te brengen dat onderzoek een waardevolle activiteit is en niet alleen een examenvraag of een schoolse bezigheid.

Vorbereiding van de klas voor een nakend onderzoek kan vergemakkelijkt worden als men volgende punten in acht neemt:

1. Bespreek de activiteit ongeveer een maand voor ze begint.
2. De leraar zou het begin van één of twee onderzoekjes (of zelfs meerdere) kunnen demonstreren om de klas het concept te tonen. Daar de studenten deze onderzoeken zullen verderzetten zal de leraar niet de meest voor de hand liggende weg volgen.
3. Het wordt gezegd dat de beste onderzoeken voortkomen uit de persoonlijke interessesfeer van de studenten. Ik suggereer dat de beste onderzoeken voortkomen uit de persoonlijke interesses van de leraar.
4. Twee weken voor de aanvang van de onderzoeksactiviteit zou elke student de leraar het volgende moeten bezorgen;
 - a. een lijst met apparaten,
 - b. een beschrijving (apparatuur, dependent and independent variables...). Apparaat-conflicten kunnen hier nog opgelost worden en andere alarmsituaties ondervangen.
5. Vergewis u ervan dat de studenten over voldoende achtergrondkennis en theorie beschikken om het door hun gekozen onderzoek te ondersteunen, zoniet moedigen dan aan een ander onderwerp te kiezen. Dit is misschien het belangrijkste punt dat in onze discussie naar voren kwam.

Het is van zeer groot belang dat de studenten een hoop ongekend onderzoek benaderen met een vrij sterke verwachting met wat kan gebeuren en een sterke basis aan kennis en theorie waarnaar hij de massa interessante observaties die hij gaat maken kan relateren. We mogen

niet verwachten dat de student tegelijkertijd experimentele en theoretische ontdekkingen doet !

3. Evaluatie en begeleiding

De leraar heeft de tegenstrijdige verantwoordelijkheid voor het beoordelen en het begeleiden van het werk van de student. 'Begeleiding door vraagstelling' kan een constructieve student-leraar verhouding zijn tijdens de onderzoeksperiode, die niet in conflict komt met zijn rol als beoordelaar. Open onderzoek kan beschouwd worden als een bloeiende boom van beslissingen. Van studenten mag niet verwacht worden dat ze beslissingen nemen bij elke tak, het is de taak van de leraar om deze beslissingsboom te snoeien via directe (of subtiele) vraagstelling verplicht de leraar de student om een beslissing te nemen. Bijvoorbeeld, sommige studenten vinden het moeilijk hun experimentele variabelen te kiezen. Bij de oscillerende magneten kan de leraar de student aanmoedigen de magneetmassa niet te wijzigen, daar dit geen speciale factor is die oscillaties beïnvloedt.

De ruime kennis van de leraar schiet in actie. Dit vragen stellen houdt het momentum van het studentenwerk op peil en kan toegepast worden op

1. te meten variabelen,
2. keuze van de apparaten,
3. keuze van onafhankelijke variabelen zowel als op eenvoudige weg
4. wat gaan we nu doen ?

Voor wat betreft het formele beoordelen van het onderzoek, zijn er alomgekende criteria die toegepast kunnen worden; is er een bewijs van

1. het toepassen van fysica kennis,
2. simpele experimentatie,
3. wetenschappelijk gedrag,
4. evaluatie en observatie ...?

Eens deze termen gedefinieerd worden door de individuele leraar, kunnen ze ook toegepast worden, gewoonlijk onder de vorm van constante beoordeling in de loop van het onderzoek. Indien het examen een verslag van het onderzoek vereist, dan moet de aandacht daar niet op toegespitst worden, daar studenten vaak weigerachtig zijn om echte metingen op papier te zetten tenzij ze weten dat ze correct zijn. Het verslag maken wordt best beschouwd als een aparte activiteit die volgt op het onderzoek in se, een verzameling en ordening van gegevens, experimenten en ander werk. Gedurende het onderzoek zou elke student een dagboek moeten bijhouden waarin hij chronologisch alles wat hij doet noteert; tekeningen, resultaten, grafieken. Dit mag niet in een losbladige map. Het moet samen met het verslag voor het examen voorgelegd worden. Hoe beoordeelt de leraar het produkt? Simpel, hij leest en rangschikt de verslagen.

Een beetje criterion assessing en een heleboel ervaring zal hem in staat absolute stellen standaarden te beoordelen en ze

....

4. Samenvatting en conclusies

Rekening houdend met de grote investering van resources bij open onderzoek, kan men de vraag 'is het de moeite waard' niet ontwijken. Heel wat rechtvaardiging kan gegeven worden van het soort 'Studenten vinden het fijn', 'Ze leren er een heleboel van'...Maar de belangrijkste reden is fundamenteel. Fysica is een wetenschap gebaseerd op een dynamische interactie tussen theorie en experimenten. Als we dit willen bewijzen in onze klas, dan is onderzoek een belangrijk middel. Als we dit niet willen bewijzen, dan worden onze fysicalessen steriel, ze worden fundamenteel zinloos. Als we het onderzoek aanvaarden, dan moeten we het als een 'cultuur' en niet als een project bekijken en onze didactiek laten beïnvloeden vanaf Jaar 1. De leraar moet voortdurend het evenwicht tussen theorie en onderzoek aanpassen in zijn lessen fysica. Dit is vooral van belang wanneer men naar een nieuw onderwerp gaat. Het hoogtepunt is het onderzoek waarin de studenten uitgerust met voldoende voorbereiding (theorie, motivatie en een dosis filosofie) instappen en met succes terug uitkomen.



De trigger 741

Werkgroep 42

H. Coolen

Mijn eerste indruk van de conferentie op zaterdag 17 dec. om 8.45 is er een van stille rustige mensen op weg naar het ontbijt.

Ik installeer me in lokaal C309. De werkgroepdeelnemers (10 personen) komen binnendruppelen. Na een korte inleiding nodig ik de deelnemers uit om met het materiaal aan de slag te gaan. Al dan niet samenwerkend probeert men verkennend een paar lessen uit.

Het lespakket "Werken met de trigger 741" is geschreven door J. Leisink op verzoek van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen in samenwerking met het APS.

De trigger 741 is een IC die in de basisschakeling zit. Het IC functioneert als een elektronische schakelaar.

Op die basisschakeling sluiten de leerlingen een LDR, een infra-rood LED, een NTC, een condensator aan. Ze leren op die manier de werking kennen van die onderdelen.

In dit pakket worden de leerlingen ook aangespoord om toepassingen te bedenken en uit te voeren. Ook begrippen als isolatoren, weerstanden en geleiders komen in dit pakket aan de orde.

Dit pakket kan worden gebruikt als eerste kennismaking met de elektronica als hulpmiddel, bij natuur- en scheikunde in de basisvorming. Je kunt met de leerlingen in de tweede klas zonder problemen aan de slag. In de docentenhandleiding vind je naast een kort overzicht van elke les ook een materiaallijst. Er wordt ook uitgelegd hoe je de basisschakeling zelf op een goedkope manier kunt bouwen.

De basisschakeling is tot 1 juni 1995 ook kant en klaar te koop bij het APS.

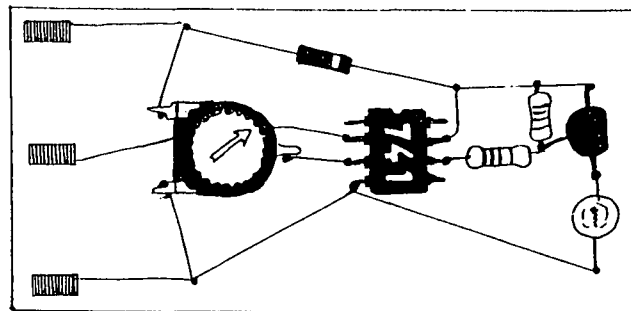
Nadere informatie:

Informatiepunt natuur- en scheikunde,
Postbus 85475,
3508 AL Utrecht.
Telefoon: 030-856713

Bij de nabespreking in de werkgroep op de conferentie werden een aantal zinnige opmerkingen gemaakt.

- 9 Lessen is wel erg veel voor een onderwerp. Dat klopt als je alleen aan elektronica denkt, maar het is nu juist de bedoeling om de elektronica als hulpmiddel te gebruiken bij licht en warmte.
- Het materiaal is zeer geschikt om te overleggen en samen te werken met de sectie techniek. De leerlingen maken de basisschakeling bij techniek en gebruiken "hun" schakeling bij natuurkunde om metingen te doen.
- Er waren deelnemers die het beter zouden vinden om de basisschakeling als black box aan te bieden omdat het verwarrend werkt al die onderdelen waar je niets mee doet.
- Het pakketje nodigt uit om leerlingen zelf schakelingen te laten maken.

De eerste stappen van de trigger 741 zijn gezet.



schema basisschakeling

