

'Woudschoten' 1987

Gesnapt?



Werkgroep Natuurkunde Didactiek

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDAKTIEK

Laboratorium voor Vaste Stof

Princetonplein 1

3584 CC Utrecht

Tel.: 030-531179

Bestuur:

Voorzitter	Th. Wubbels
Secretaris	P. Verhagen
Penningmeester	A. Holvast
Leden	N. Buis
	J. Lackamp
	M. Man in 't Veld
	P. Wippoo

VOORWOORD

Van twee mensen, beide in overheidsdienst, hoorde ik deze week dat zij, in werktijd en op kosten van de werkgever, een langdurige en kostbare nascholingscursus gingen volgen. Dat staat toch wel in een schril contrast met de situatie van de meeste deelnemers aan de Woudschotenconferentie. Voor hen blijkt het immers nodig te zijn een tijdstip in te lassen waarop de laatkomers, zij die nog les moesten geven, de zaal kunnen betreden. Voor het bijwonen van de conferentie is het niet toegestaan ook maar één lesuur te laten vervallen. Het bezoeken van de conferentie vraagt van de deelnemers dan ook een forse investering van vrije tijd.

Gelukkig blijven natuurkundeleraren in groten getale de conferentie bezoeken. Dit jaar waren er 330 deelnemers. Kennelijk is het gebodene de tijdsinvestering waard en dat is telkens weer een stimulans voor het bestuur om met frisse moed weer aan de organisatie van de volgende conferentie te beginnen.

De evaluatie van de conferentie van dit jaar was wel bijzonder positief. Wat was daarvan de oorzaak? Lag het aan de kwaliteit van de lezingen en werkgroepen? Was het onderwerp bijzonder motiverend? Had het aanzienlijk hogere percentage vrouwelijke deelnemers er iets mee te maken? We weten het eigenlijk niet. Jammer. Wel weten we dat de geautomatiseerde groepenindeling nu naar volle tevredenheid werkt. Ook ziet het ernaar uit dat het vervangen van twee lezingen door twee sets van drie keuzelezingen een goede ingreep is geweest. Het inlassen dan een derde ronde werkgroepen is niet of nauwelijks te realiseren maar op deze wijze heeft het bestuur geprobeerd de keuzemogelijkheden voor de deelnemers op een andere wijze te vergroten. We zullen zeker proberen dat ook het volgend jaar weer te doen, al zal het niet eenvoudig zijn het daarvoor vereiste aantal lezinghouders te vinden.

De conferentie kreeg nog een feestelijk tintje door de uitreiking van de Minnaertprijs aan Ir. N. Mulder. Meer daarover is elders in dit verslag te lezen. Voor de uitreiking van de volgende Minnaertprijs zult U tot 1990 moeten wachten.

Graag dank ik tenslotte allen die aan het succes van deze conferentie hebben bijgedragen: werkgroepeliders, lezinghouders, technici, evaluatoren, administratie en organisatie.

P. Verhagen

secretaris bestuur WND

INHOUD

Voorwoord	1
Inhoud	3
Programma	5

deel 1: lezingen

How do we learn the Concepts of Science	<i>Prof.Dr. P.J. Black</i>	11
Een aanzet tot begripsverandering met behulp van computersimulaties	<i>Drs. F.E. van 't Hul</i>	13
Vakbegrippen als alternatief	<i>Dr. P. Licht</i>	23
Begrijpen, wat valt daaraan te beleven?	<i>Drs. D.A. Lockhorst</i>	37
Een adequate sfeer in de les scheppen	<i>Dr. H.A. Créton</i>	43
Overtuigend uitleggen: rationele en irrationele elementen	<i>Drs. F.B. de Mink</i>	49
Een stap opzij doen	<i>Drs. L. Streefland</i>	63
Batterijen, moleculen en atomen	<i>Drs. J.G. Hondebrink</i>	77
COO-ontwikkeling elektrische stroom aan de hand van de Systematische Problematiek	<i>Drs. F. Beltman</i>	83

deel 2: werkgroepen

1. Een autoritaire monoloog: <i>H. Biezeveld</i>	93
2. Meten met de computer: <i>I. de Bruijn en L.J. Lambers</i>	94
3. Metaforen: <i>J. van Dormolen</i>	97
4. De trage inbreker: <i>F. van 't Hul, W. van Joolingen en F. Kulik</i>	98
5. Krachten: Actie en reactie? Of interactie?: <i>K. Hellingman</i>	99
6. Natuurkunde met je lichaam: <i>E. Holl</i>	102
7. En ontwerp voor een andere onderwijsgang rond het begrip kracht: <i>S de Haan</i>	107
8. De krant in de natuurkundeles: <i>R. van Haren, J.W. Lack, A. Pollmann en Th. Smits</i>	111
9. Leren uitleggen met behulp van de video: <i>F. de Mink</i>	115
10. Rekening houden met leerlingdenkbeelden over ioniserende straling: <i>H. Eijkelhof</i>	117
11. Radioactiviteit in context: nieuw lesmateriaal voor MAVO/LBO: <i>H. Eijkelhof en E. Knoester</i>	120
12. Vervallen	
13. Leren uitleggen: <i>H. Poorthuis</i>	122
14. Methodenanalyse: <i>L. Streefland</i>	123
15. Energie uitleggen: energie begrijpen?: <i>T. van der Valk en H. Bruyns</i>	126
16. Begripsvorming in de Optika: <i>R.E.A. Bouwens</i>	132
17. Nooit meer uitleggen en toch begrepen - snik: <i>J. Frankemölle, P. van Meeuwen en R. Knoppert</i>	133
18. De computer in het leerproces: <i>J.H. Klooster</i>	134
19. Vervallen	
20. Definitie kiezen in de mechanica: <i>T. Hengeveld</i>	136
21. Ook leerlingen hebben ideeën: <i>G.J. Schutte</i>	137
22. Computer Ondersteunend Onderwijs in het HBO: <i>F. Beltman</i>	140
23. Wie is er bang voor natuurkunde?: <i>A. Alting</i>	141
24. Meten met de computer: <i>K. Neuvel, A. Davidse en A.L. Ellermeijer</i>	142
25. WEN: Fysische Informatica in de eindexamenprogramma's HAVO/VWO: <i>C. de Beurs</i>	146

deel 3: Minnaertprijs

Uitreiking van de Minnaertprijs	157
Dankwoord	161

deel 4: en nu nog een proefje

Transcendente levitatie: <i>L. Mathot</i>	165
Demonstraties met de overheadprojector: <i>M. van Woerkom</i>	169

deel 5: de markt

Foto's

deel 6: allerlei

Enquete	193
Lijst van deelnemers	194

PROGRAMMA "WOUDSCHOTEN"CONFERENTIE 1987

Vrijdag 11 december

- 13.30 - 14.40 Ontvangst
14.40 - 14.50 Opening van de conferentie door de voorzitter van de
Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, Dr.Th.Wubbels
14.50 - 15.00 Informatie over de conferentie door de
conferentievoorzitter Dr.J.F.Schröder (R.U.Groningen)
15.00 - 15.50 Lezing van **Prof.dr.P.J.Black** (King's College, University
of London) - "How do we learn the Concepts of Science"
15.50 - 16.00 Informatie over markt en werkgroepen

Thee/binnenkomst laatkomers

- 16.30 - 17.20 Keuze uit drie lezingen:
Drs.D.A.Lockhorst (Alg.Hogeschool, Amsterdam)
Dr.H.A.Créton (Rijksuniversiteit te Utrecht)
Drs.F.B. de Mink (Technische Universiteit Twente)
17.20 - 19.15 Aperitief/Diner
19.30 - 21.00 Werkgroepen
vanaf 20.45 Markt
vanaf 21.15 Bar open

Zaterdag 12 december

- 8.00 - 9.00 Ontbijt
9.00 - 9.50 Lezing door **Drs. F.E. van 't Hul** (Rijksuniversiteit te
Utrecht) - "Een aanzet tot begripsverandering m.b.v.
computersimulaties"
9.50 - 10.45 Keuze uit drie lezingen:
Drs.L.Streefland (Rijksuniversiteit te Utrecht)
Drs J.G.Hondebrink (S.L.O.)
Drs.F.Beltman (Technische Universiteit Twente)

Koffie

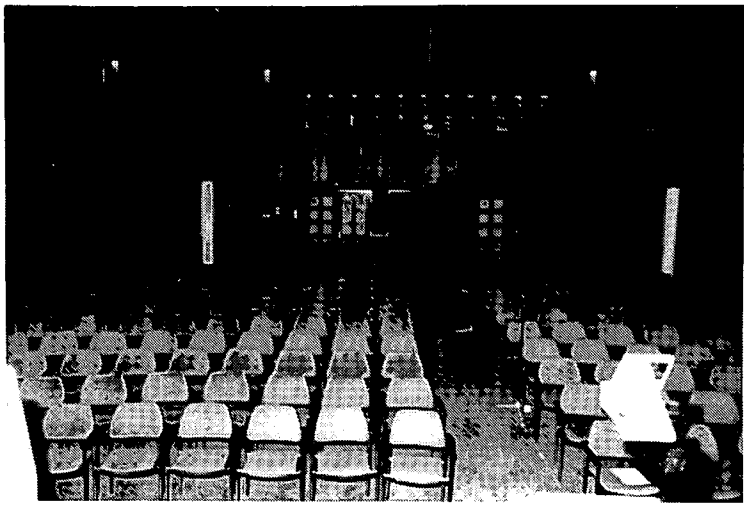
11.05 - 12.30 Werkgroepen

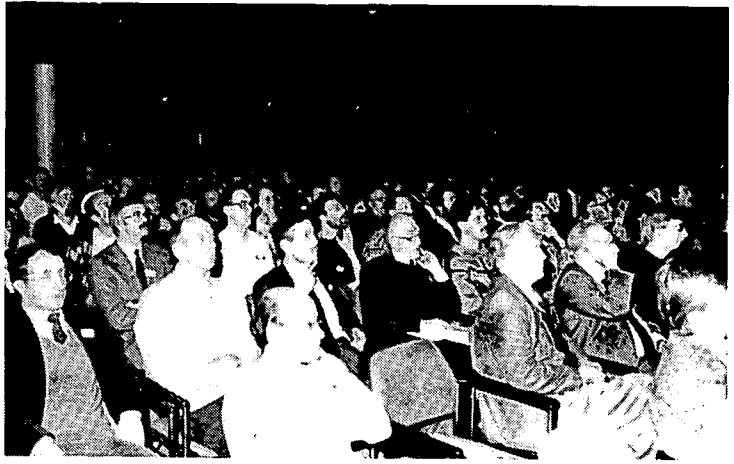
Lunch

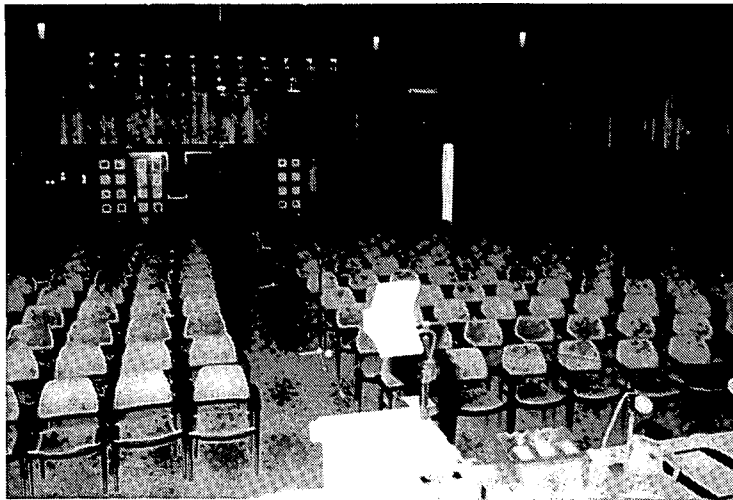
13.45 - 14.00 Uitreiking Minnaertprijs
14.00 - 14.50 Lezing door **Dr.P.Licht** (Vrije Universiteit Amsterdam) -
"Vakbegrippen als alternatief"

Thee

15.15 - 15.50 En nu nog een proefje! verzorgd door:
M.M.A. van Woerkom, L.G.R.Mathot, J.C.J.Masschelein
15.50 - 16.00 Sluiting
16.15 Vertrek naar station Leiden.

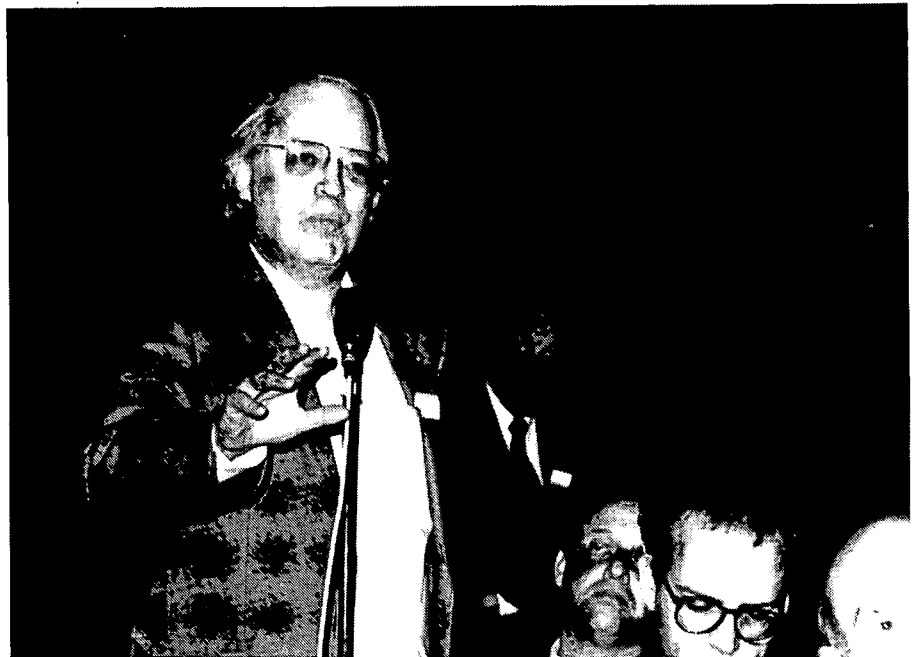








deel 1: lezingen



HOW DO WE LEARN THE CONCEPTS OF SCIENCE

Prof.Dr. P.J. Black

Tot onze spijt was de heer Black niet in de gelegenheid de tekst van zijn lezing geheel uit te schrijven.



EEN AANZET TOT BEGRIPSVERANDERING MET BEHULP VAN MICROCOMPUTERSIMULATIES

F. van 't Hul

Inleiding

Een aanzet tot begripsverandering met behulp van microcomputer-simulaties. Begripsverandering is iets geheel anders dan begripsaanleren, want ik ga er vanuit dat er bij leerlingen door allerlei ervaringen uit het dagelijks leven al diverse intuïtieve begrippen gevormd zijn op het moment dat we ze kennis laten maken met echte fysische begrippen. Daarbij beperk ik me tijdens deze lezing tot een aantal moeilijke begrippen uit de mechanica.



De rol, die de microcomputer hierbij kan spelen is heel beperkt, maar vormt wel een belangrijke schakel in het bewerkstelligen van het gewenste veranderingsproces. Toch spreek ik van met behulp van en niet door middel van, waarmee ik de beperkte rol, die de microcomputer in het geheel speelt, wil benadrukken.

Verder past een zekere bescheidenheid. Ik pretendeer hier zeker geen kant en klare oplossing van begripsproblemen te presenteren, maar een aanzet tot begripsverandering.

Na een bespreking van deze begripsproblematiek en mogelijkheden tot begripsverandering wil ik komen tot formulering van een aantal criteria voor ontwikkeling van educatieve software. Op basis van deze criteria hebben wij geprobeerd een computerspel te ontwikkelen over krachten en bewegingen. Dit spel, "De Trage Inbreker", zal ik beschrijven en een aantal kenmerken nader toelichten. Tot slot zal ik nader ingaan op ervaringen, die leerlingen hebben gehad bij het uitvoeren van dit programma.

Begripsproblematiek in de mechanica

Over de problemen, die leerlingen hebben met begrippen uit de natuurkunde en in het bijzonder uit mechanica is internationaal veel onderzoek gedaan en is veel gepubliceerd (zie b.v. Driver (1985)). Aan de hand van een tweetal voorbeelden zal ik een bekend begripsprobleem hier nader bespreken. Het gaat hierbij om de intuïtieve gedachte, die veel leerlingen hebben, dat voor beweging altijd een kracht nodig is, dat er zonder kracht geen beweging kan zijn en dat beweging altijd plaats vindt in de richting van de kracht.

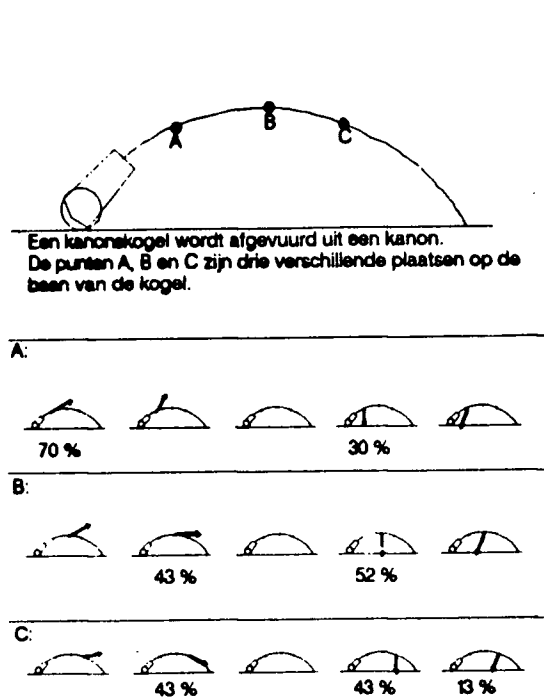
Watts en Zylbersztajn (1981) beschrijven een toetsvraag over een kogelbaan (zie figuur 1). Omdat de door hen gevonden resultaten schokkend zijn is in januari van 1987 deze vraag ook voorgelegd aan leerlingen van een 4VWO klas, die op dat moment het onderwerp dynamica juist hadden afgesloten. Deze resultaten zijn niet minder schokkend!

Een tweede toetsvraag komt van Lie en Sjøberg (1985) (zie figuur 2), met de door ons verkregen resultaten. Het zal duidelijk zijn, dat ook Nederlandse leerlingen grote problemen hebben met de relatie tussen de begrippen kracht en beweging.

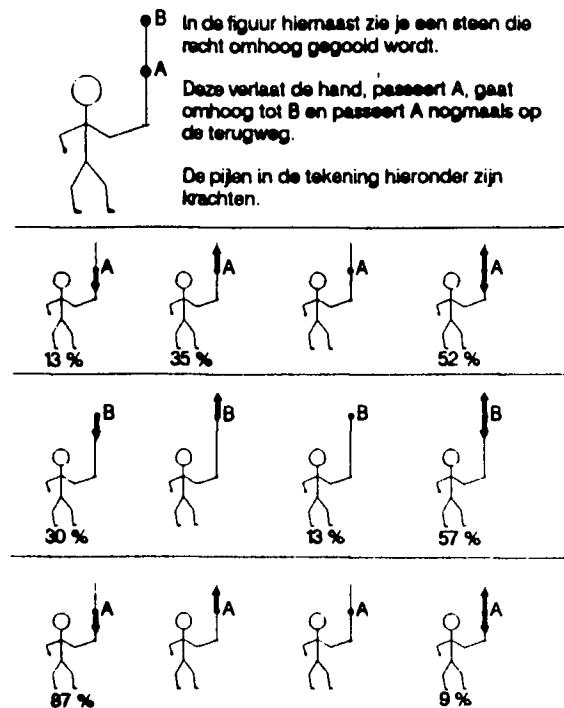
Begripsverandering

De vraag rijst nu, wat we in het onderwijs kunnen doen aan dit soort problemen. Blijkbaar is het niet voldoende, als we de fysisch juiste begrippen domweg proberen aan te leren, door uitleg, demonstraties en oefeningen. Het hoofd van de leerling is geen leeg vat, waar we de juiste begrippen eenvoudig in kunnen gieten, maar er zijn door diverse ervaringen uit het dagelijks leven al verschillende intuïtieve ideeën gevormd. Juist deze ideeën kunnen sterk belemmerend werken op het kunnen en willen accepteren van fysisch juiste begrippen.

In de literatuur vinden we verschillende suggesties beschreven om tot begripsverandering te komen. Een tweetal, dat ons heeft geïnspireerd bij ons ontwikkel- en onderzoekswerk, wil ik hier noemen.



Figuur 1. De toetsvraag van Watts en Zylberstajn. De leerlingen werd gevraagd in elk van de drie punten A, B, en C de werkende kracht aan te geven. De percentages, vermeld onder de keuzemogelijkheden zijn resultaten van ons onderzoek in een Nederlandse 4 VWO-klas



Figuur 2. De toetsvraag van Lie en Sjoberg. Weer moest in drie punten een kracht worden getekend. De resultaten zijn weer van de Nederlandse 4VWO-klas.

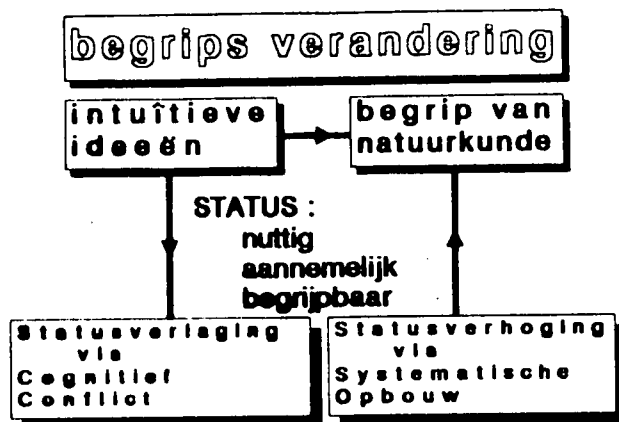
Nussbaum en Novick (1982) beschrijven een onderwijsstrategie om tot begripsverandering te komen via uitvoerige, planmatig geleide discussies met en tussen leerlingen. Door het aanreiken van zogenaamde exposing events worden leerlingen zich bewust van hun en elkaars intuïtieve denkbeelden. Vervolgens worden zij via zogenaamde discrepant events in verwarring gebracht, waardoor ze bereid zouden zijn om hun oorspronkelijke ideeën ter discussie te stellen en te wijzigen.

Posner en Hewson (1982) beschrijven een model van begripsverandering dat ik hier verder zal uitwerken. Dit model sluit goed aan bij de ideeën van Nussbaum en Novick en is een verder theoretische uitwerking daarvan. Het is dit model, dat wij hebben gekozen als basis voor het ontwikkelen van "De Trage Inbreker". De gedachte erachter is de volgende:

Wil een begrip (hetzij goed, hetzij verkeerd) voor de leerling betekenis hebben, d.w.z. als

'waar' geaccepteerd te worden (Posner spreekt dan van een hoge status van dit begrip), dan moet dit begrip aan een aantal hiërarchische voorwaarden voldoen: In de eerste plaats dient het begrip als zodanig **begrijpelijk** te zijn (b.v. 'de maan bestaat uit kaas'). Vervolgens moet het **plausibel** gevonden worden (daarmee vervalt voor leerlingen het kaasmodel). Tot slot dient het begrip ook **nuttig** gevonden te worden, dat wil zeggen dat bepaalde verschijnselen er mee verklaard kunnen worden (zie ook figuur 3). Het idee 'voor beweging is een kracht nodig' zal door velen in eerste instantie plausibel gevonden worden. Ook het nut ervan zal in eerste instantie overtuigend zijn, want het verklaart bewegingen om ons heen. Omdat niemand van ons wrijvingsloze bewegingen aan den lijve kan ervaren zal dit nut niet snel twijfelachtig gevonden worden.

Zoals al eerder vermeld, kunnen intuïtieve begrippen sterk belemmerend werken op het aanleren van nieuwe begrippen. Het blijkt ook dat deze intuïtieve begrippen heel hardnekkig zijn, dat wil zeggen moeilijk te veranderen zijn. Daarom dienen we eerst zorgvuldig de status van deze begrippen te verlagen. Dit nu proberen we te bereiken door leerlingen situaties voor te leggen of ervaringen te bieden, waardoor een **cognitief conflict** ontstaat. Pas daarna kunnen we beginnen met het aanleren van de fysisch juiste begrippen door een systematisch verhogen van de status ervan. Door veel met deze begrippen te oefenen in diverse contexten zal de aanvaarding van plausibiliteit en nut van de begrippen toenemen.



Figuur 3. Model voor begripsverandering volgens Posner en Hewson.

Computergebruik

Uit het voorgaande volgt dat het belangrijk is voor leerlingen situaties te scheppen, die het ontstaan van een cognitief conflict zouden kunnen bewerkstelligen. Aangezien we ons richten op begripsproblematiek met betrekking tot de relatie tussen **kracht** en **beweging** en hierbij het wel dan niet optreden van wrijvingskrachten een belangrijke rol speelt, ligt het voor de hand wrijvingsloze bewegingen via de computer te simuleren. Immers al onze pogingen om wrijvingsloze bewegingen in werkelijkheid te realiseren (b.v. met een luchtkussenrail) falen, want uiteindelijk komen alle voorwerpen die bewegen 'uit zich zelf' weer tot stilstand. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat we met behulp van dit soort experimenten een cognitief conflict kunnen bewerkstelligen. De zekerheid dat dit conflict wel ontstaat met behulp van een computersimulatie kan ook niet gegeven worden, maar in ieder geval kan een computer perfect wrijvingsloze bewegingen nabootsen.

Een tweede argument om een computer te gebruiken heeft met begripsproblematiek als zodanig niets te maken, maar is van algemene aard. Het gebruik van microcomputers in het natuurkunde-onderwijs staat tegenwoordig sterk in de belangstelling (RSOI, NIVO, POCO), maar de kwaliteit van de beschikbare educatieve software (courseware) is meestal zeer teleurstellend. Ook zelf hebben wij in het verleden ervaren hoe moeilijk het is om courseware te

ontwikkelen, die vanuit een didactisch gezichtspunt de toets der kritiek zou kunnen doorstaan. (Soms dachten wij dat dit zelfs onmogelijk zou zijn).

De uitdaging om toch te proberen voorbeelden te vinden van een verstandig en zinvol computergebruik in het natuurkunde-onderwijs was echter zo groot, dat wij twee jaar geleden begonnen zijn met het ontwikkelen van de lesmaterialen, die zodadelijk beschreven zullen worden.

Het zal duidelijk zijn dat docenten de computer alleen zullen gebruiken, als dit een zekere meerwaarde heeft, dat wil zeggen dat het iets toevoegt aan de reeds bekende leermiddelen. Dan pas heeft educatieve software zin.

Criteria voor courseware-ontwikkeling

Uit het voorafgaande volgt bijna als vanzelf een aantal criteria dat van belang is bij de ontwikkeling van educatieve software (T5), nl:

1. Educatieve software moet gericht zijn op een erkend probleem. Aangezien het ontwikkelen van courseware een tijdrovende aangelegenheid is dient deze tijd zorgvuldig gebruikt te worden voor problemen die echt de moeite waard zijn. Software die niet op erkende problemen gericht is voegt niets toe aan bestaande leermiddelen.
2. Het programma-ontwerp dient gebaseerd te zijn op een geschikte onderwijstheorie. Dit biedt perspectief en houvast bij de opzet, het uitproberen en het verbeteren van het programma.
3. De computer dient gebruikt te worden voor toepassingen waarbij computergebruik essentieel is zoals rekentechnische toepassingen en grafische simulaties en presentaties. Gewaakt moet worden voor misbruik van de computer zoals bij presentatie van schermen vol met leesteksten. Steeds zal de meerwaarde van het gebruik van de computer voorop moeten staan.

Op basis van deze drie criteria hebben wij zo zorgvuldig mogelijk geprobeerd onderwijsmateriaal te ontwikkelen (Van 't Hul, 1987). Ik zal nu een beschrijving geven van deze ontwikkeling gerelateerd aan deze criteria. Tot slot bespreek ik ervaringen van leerlingen met het materiaal en hun leerresultaten daarbij.

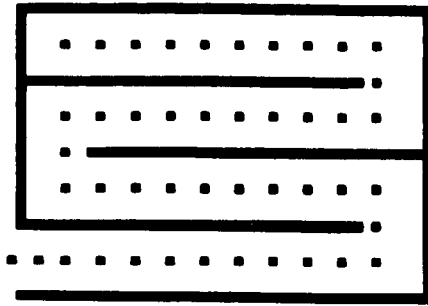
"De Trage Inbreker"

Een eerste idee voor een programma, dat iets zou kunnen bijdragen aan begripsverandering op dit gebied kwam van Ogborn en Marx (1985) (figuur 4). In een zeer eenvoudig, maar ook zeer onvolkomen simulatieprogramma is het effect te ervaren van bewegingen met- en zonder wrijving. Door het spelkarakter is het uitdagend. Een bezwaar is echter dat de aard van de beweging niet continu maar 'stroboscopisch' is en dat suggesties voor gebruik in de klas op basis van een didactische opzet ontbreken.

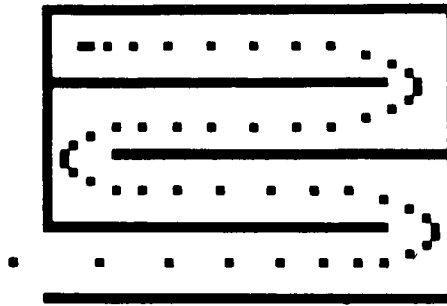
'De Trage Inbreker' volgt in eerste instantie het zelfde patroon van bewegingen, maar deze zijn continu gemaakt en geplaatst binnen een spelcontext van een inbraak in een bankgebouw, waaruit leerlingen met brandkast en al op tijd moeten ontsnappen (figuur 5).

In onderdeel A van het programma ('Een brandkast verslepen, een spel met vragen') wordt een beweging met veel wrijving gesimuleerd. In onderdeel B ('Een brandkast verrijden, een spel om te oefenen') is de beweging volledig wrijvingloos. Bewustwording van intuïtieve begrippen wordt gestimuleerd door leerlingen hun mening te laten geven over de volgende drie 'regels' in onderdeel A.

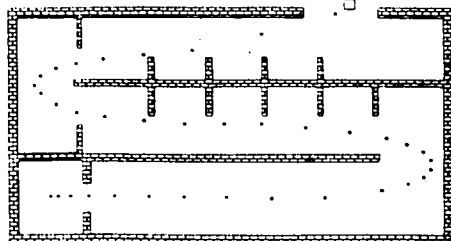
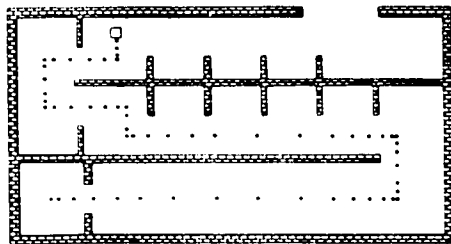
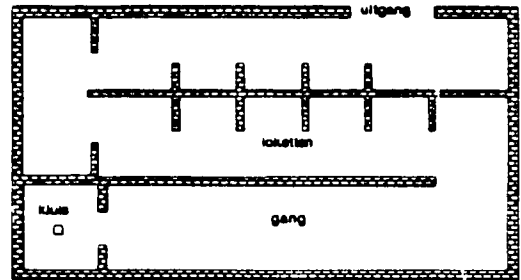
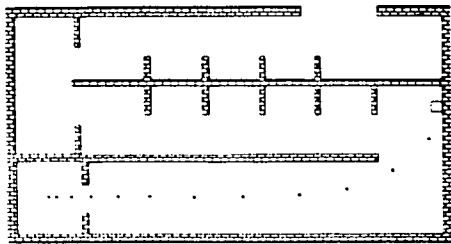
'Aristoteles'



'Galilei'



Figuur 4. Het "doolhof" van Het programma van Marx en Ogborn. Het is de bedoeling om binnen een bepaalde tijd te ontsnappen. Bij 'Aristoteles' met wrijving, bij 'Galilei' zonder.



Figuur 5. De plattegrond van het bankgebouw van "de trage inbreker".

Figuur 6. Sporen van de brandkast bij drie veelvoorkomende manieren om te pogen te ontsnappen. Zie de toelichting de tekst.

Deze regels zijn:

1. Alleen als je duwt (een kracht uitoefent) beweegt de brandkast.
2. Om de brandkast in beweging te houden, moet je blijven duwen (een kracht blijven uitoefenen).
3. De brandkast beweegt ALLEEN in de richting waarin je duwt (dus in de richting van de kracht).

In onderdeel B ervaren leerlingen hoe lastig het is om zonder wrijvingskrachten de snelheid in grootte en/of richting te veranderen. In figuur 6 zijn drie typische pogingen weergegeven om zonder wrijving uit het bankgebouw te ontsnappen. Het is opvallend dat leerlingen in het begin niet weten hoe er afgeremd kan worden (figuur 6a). Ze durven pas naar boven en naar rechts te duwen nadat het einde van de eerste muur bereikt is. Als het afremmen eenmaal begrepen is proberen leerlingen vaak geheel tot stilstand te komen voordat er in een andere richting geduwd wordt (figuur 6b). Op deze manier is er echter geen tijd genoeg om de uitgang te bereiken. Pas als ontdekt is hoe een ronde bocht gemaakt kan worden lukt het om te ontsnappen.

In het volgende onderdeel C ('De confrontatie tussen A en B, wat is eigenlijk het verschil') laten we twee bewegingen tegelijk uitvoeren en wel zo dat één brandkast met wrijving beweegt en de andere brandkast zonder wrijving. Daarna moeten de leerlingen nogmaals over dezelfde regels hun mening geven. We hopen dat op dit moment een cognitief conflict ontstaat bij de leerling als ontdekt wordt, dat deze regel bij onderdeel B niet gelden.

Tot slot worden in onderdeel D ('De oplossing: "Traagheid", een simulatie om van te leren') systematisch de juiste fysische begrippen geïntroduceerd. Dit doen we door weer beide brandkasten tegelijk te laten bewegen, maar nu beide precies op dezelfde manier. De vraag voor de leerling is dan steeds: 'Hoe kunnen duwkracht en wrijvingskracht samen er voor zorgen dat de beweging precies hetzelfde is als bij de wrijvingsloze situatie?'.

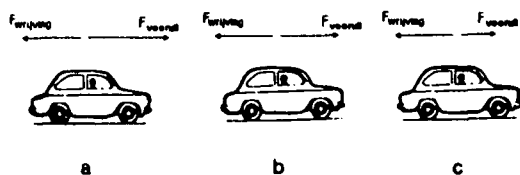
Alle teksten en opdrachten zijn opgenomen in een leerlingenwerkboekje, zodat het leeswerk op het computerscherm tot het uiterste wordt beperkt. Het aanleren van de juiste begrippen in onderdeel D proberen we te bereiken, door leerlingen eerst een voorspelling te laten doen en deze in het werkboekje op te laten schrijven, vervolgens de computersimulatie uit te laten voeren en tot slot hun commentaar te laten noteren. We hebben ervaren dat, door leerlingen in tweetallen aan de opdrachten te laten werken, er interessante discussies kunnen ontstaan, met name bij de voorspellingen, die in onderdeel D moeten worden gedaan. Dit kan leiden tot een reflectie over de fysische begrippen, die bij de simulaties een rol spelen.

Resultaten

Gedurende de gehele ontwikkelperiode vanaf mei 1986 hebben we regelmatig kleine groepjes leerlingen diverse onderdelen van het programma laten uitproberen en hebben we audio- en video-opnames gemaakt. Ik beperk me hier tot onderzoeksgegevens die we hebben verkregen in september-oktober 1987 bij 32 4VWO leerlingen van het Herman Jordan lyceum te Zeist. Deze leerlingen waren aan het begin van het schooljaar met mechanica begonnen.

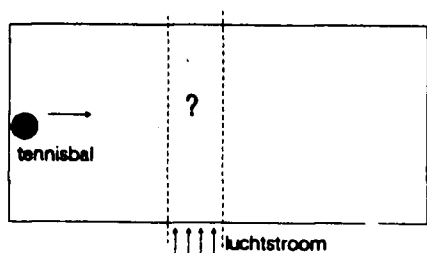
Het onderdeel kinematica was bijna afgerond. Over dynamica was nog niets behandeld. Al deze leerlingen hebben tevoren een toets gemaakt, die nauw aansluit bij de 'regels' in het spel. De helft van hen heeft daarna het programma uitgevoerd (in ca. 60 minuten), waarna ze de toets nogmaals moesten maken. Ook de directe verrichtingen aan de computer zijn automatisch opgeslagen, om later de bewegingen op het scherm te kunnen reconstrueren. Van een zestal leerlingen zijn de video-opnames uitgewerkt tot een uitgeschreven protocol. Ook zijn ze kort geïnterviewd na afloop van het programma (zie figuur 7-9).

Vraag 1:

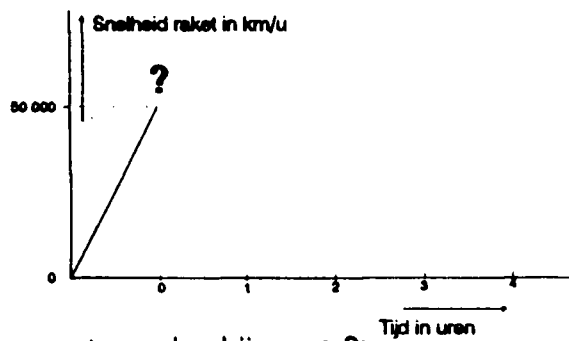
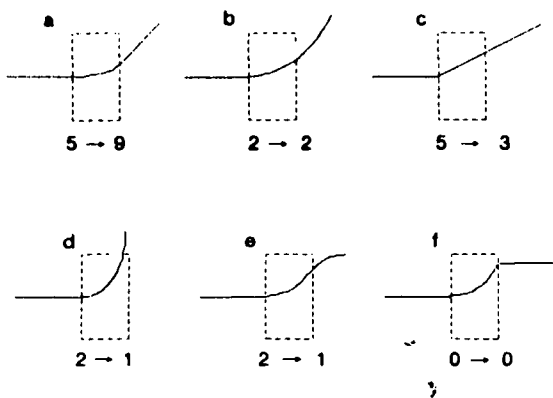


Omcirkel je keuze:

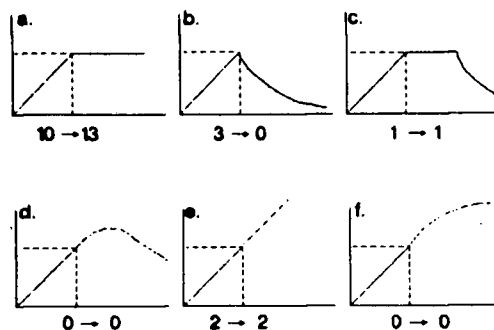
- a: De kracht vooruit is groter dan de wrijvingskracht.
15 → 5
- b: De kracht vooruit is gelijk aan de wrijvingskracht.
0 → 11
- c: De kracht vooruit is kleiner dan de wrijvingskracht.
1 → 0



antwoorden bij vraag 3:



antwoorden bij vraag 2:



Figures 7-9. De drie toetsvragen gesteld aan de 4VWO-leerlingen, voor- en nadat zij met het programma gewerkt hadden. Onder de diverse antwoorden staan het aantal malen dat het desbetreffende antwoord gekozen was. Let wel: de vragen 2 en 3 waren geen meerkeuzevragen, de indeling in antwoordcategorieën is achteraf gemaakt. Bij vraag 1 werd de leerlingen gevraagd welke kracht groter was bij een auto die met constante snelheid reed, de kracht vooruit of de tegenwerkende wrijvingskracht. Bij vraag 2 moesten de leerlingen de snelheid-tijd-grafiek afmaken van een raket waarvan plotseling de motor uitviel en bij vraag 3, tenslotte, moest de baan van een over een tafel rollende tennisbal die in een dwars op de tafel lopende luchtstroom terecht komt getekend worden.

Uit de toetsresultaten blijkt, dat er sprake is van een significant leerresultaat. Vooral bij de eerste vraag is de verandering heel duidelijk. Toch blijken er nog steeds leerlingen hardnekkig vast te houden aan hun mening: 'Als de kracht vooruit gelijk is aan de wrijvingskracht komt de auto tot stilstand'.

Opmerkelijk is dat de tweede vraag beter wordt beantwoord dan de eerste vraag nog voordat het computerspel wordt gespeeld. Als er wrijvingskracht is denken leerlingen blijkbaar dat deze 'overwonnen' moet worden, d.w.z. dat de duwkracht 'sterker' is dan de wrijvingskracht. Als er van wrijvingskracht geen sprake is, hoeft deze ook niet 'overwonnen' te worden, dus is het niet nodig dat er een duwkracht aanwezig is.

Bij vraag 3 valt op de diverse categorieën van mogelijke oplossingen. Interessant zijn bijvoorbeeld die oplossingen, waarbij de tennisbal weer recht doorgaat als de dwarskracht is verdwenen.

Wat bij de protocolanalyse opviel en eigenlijk teleurstelde was, dat een echt cognitief conflict na onderdeel C niet duidelijk aantoonbaar optrad. Wel zijn leerlingen enorm gemotiveerd om uit het bankgebouw te ontsnappen en is er verbazing over het verschil in beweging, maar heel snel wordt dit weggeredeneerd: 'Het zijn gewoon verschillende bewegingen en daarvoor gelden verschillende regels'. Van verandering van mening is niet echt sprake.

We hebben sterk de indruk, dat begripsverandering pas optreedt in onderdeel D, waar heel zorgvuldig en stap-voor-stap via de voorspellingen en de correcties daarop steeds meer juiste antwoorden worden gegeven. Maar is hier sprake van 'echt' begrijpen of is dit een training op korte termijn? We weten het antwoord (nog) niet. We weten wel dat er door leerlingen heel veel ervaringen worden opgedaan tijdens het spel, en dat er sprake is van leerwinst, maar welke factoren dit nu precies veroorzaken staat nog lang niet vast. In ieder geval lijkt het de moeite waard en interessant om hier nader onderzoek naar te verrichten.

De natuurkundeleraar die in oktober en november dynamica in deze klassen heeft behandeld, heeft in ieder geval de indruk, dat de leerlingen, die het programma hebben doorlopen, een duidelijke voorsprong hebben op de anderen en de fysische begrippen ook veel beter kunnen verwoorden.

Conclusies

Samenvattend kunnen we stellen dat, hoewel leerlingen duidelijk beter scoren op de testvragen, er na het werken met het programma nog duidelijk begripsproblemen aanwezig zijn. Kennelijk zijn deze problemen zeer hardnekkig en is er zeer veel inspanning nodig om deze problemen aan te pakken.

Het bewerkstelligen van een conflict is zeer moeilijk doordat leerlingen een conflict uit de weg proberen te gaan door het weg te redeneren. Bij de leerling moet op een bepaald moment echt de wil aanwezig zijn om het conflict aan te gaan. Het spreekt daarbij voor zich dat de rol van de leraar daarbij uiterst belangrijk is, de computer kan de docent hier zeker niet vervangen maar wel een uiterst nuttig hulpmiddel zijn om leerlingen nuttige leerervaringen aan te reiken.

Literatuur

DRIVER, R., (1985), Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics, In: Lijnse, P.L. (ed), The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP conference on physics education, Utrecht, W.C.C., 171-198.

HEWSON, P.W., (1985), Diagnosis and remediation of an alternative conception of velocity using a microcomputer program. Am.J.Phys., 53, 684-690.

HUL, F.E. van 't, LIJNSE, P.L., (1987), The use of microcomputer simulations in developing conceptual change in the field of mechanics, In: Proceedings EARDHE conference, Utrecht.

LIE, S., SJOBERG, S., (1985), Ideas in mechanics, a Norwegian study, In: Lijnse, P.L. (ed), The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP conference on physics education, Utrecht, W.C.C., 171-198.

NUSSBAUM, J., & NOVICK, S., (1982), Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy, Instruct. Sci, 11, 183-200.

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W., & GERTZOG, W.A., (1982), Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-217.

OGBORN, J., (1985), Dynamical simulations and the difficulties of dynamics, In: Lijnse, P.L. (ed), The many faces of teaching and learning mechanics, GIREP conference on physics education, Utrecht, W.C.C., 500-506.

WATTS, D.M., ZYLBERSZTAJN, A., (1981), A survey of some ideas about force, Phys. Ed. 16, 360-365.

Discussie lezing F. van 't Hul

ten Berge : Ik vond het een leuk verhaal maar u tekent bij de auto aan de ene kant F_{wrijving} en aan de andere kant F_{vooruit} . Nu is die kracht vooruit eigenlijk ook een wrijvingskracht en dat werkt verwarrend. Het is duidelijker om F_{mee} en F_{tegen} te gebruiken.

van Dormolen : In de literatuur wordt veel gepleit voor het invoeren van het cognitief conflict. Nu hebben mensen de neiging zo'n conflict uit de weg te gaan. Hoe moet je met beide effecten omgaan?

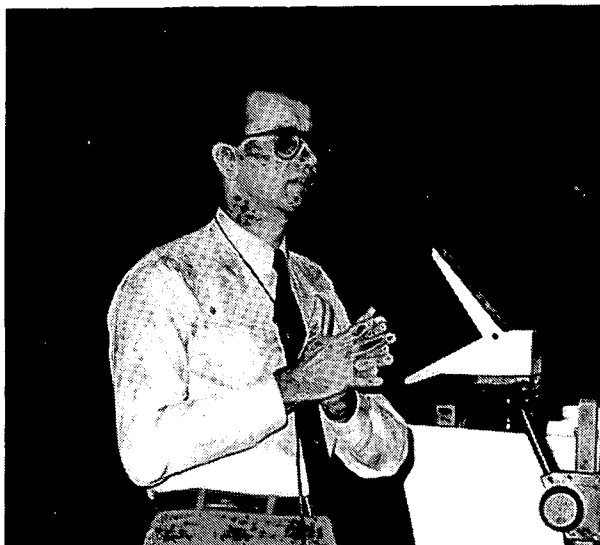
van 't Hul : Ons denken wordt sterk beïnvloedt door de recente literatuur. Misschien zijn we wel al te sterk gefocuseerd op dat cognitief conflict. We proberen dat wel vanuit de leerling te laten gebeuren, maar het is de vraag of een docent soms niet zo van het bestaan van dat conflict overtuigd kan zijn dat hij het zijn leerlingen aanpraat. Hoe dat precies moet is mij nog niet duidelijk.

VAKBEGRIPPEN ALS ALTERNATIEF

Dr. P. Licht

1. Inleiding

Gedurende de afgelopen tien jaar is het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken en in het bijzonder de natuurkunde, onderwerp van kritische studie in vele westerse landen. In artikelen en overzichtsstudies wordt melding gemaakt van prestaties van leerlingen en van hun leer- en redeneerproblemen, niet alleen in het voortgezet, maar ook in het universitair onderwijs. Daarbij bestaat internationaal grote belangstelling voor de ideeën van leerlingen over natuurlijke verschijnselen. Het



aantal publikaties dat een overzicht geeft van de resultaten is aanzienlijk. Een voor leraren interessant boek is *Children's Ideas in Science* van Driver e.a. (1985). Algemeen wordt aangenomen dat leerlingen ideeën en opvattingen ontwikkelen over hun natuurlijke omgeving ruim voordat ze met formeel vakonderwijs worden geconfronteerd. Het belang van de al aanwezige begrippen en redeneerwijzen voor het leren wordt door vele onderzoekers dan ook onderkend. Dit is echter nog niet nadrukkelijk het geval onder de leraren. Ik hoop u met mijn bijdrage aan deze conferentie op z'n minst nieuwsgierig te maken om kennis te nemen van dit gebied van vakdidactisch onderzoek.

De inzichten en ideeën van leerlingen hebben in de literatuur uiteenlopende benamingen gekregen, waaronder 'alternative frameworks', 'children's science', 'alternative conceptions', 'personal constructs', of in het Nederlands 'straatbeelden'. Bepaalde kenmerken van deze leerling-ideeën zijn aan het licht gebracht. De taal waarmee leerlingen hun ideeën tot uitdrukking brengen is weinig nauwkeurig en ze hanteren hun ideeën niet consequent in situaties die in de ogen van de leraar van gelijke aard zijn. Een opvallend gegeven is dat sommige ideeën zo krachtig en hardnekkig zijn, dat deze ondanks het onderwijs blijven bestaan. Hoewel sommige leerlingen in staat zijn de onderwezen concepten toe te passen in stereotype schoolsituaties, bijvoorbeeld in examenvraagstukken, hanteren ze deze niet buiten de formele schoolsituatie bij het beschrijven en verklaren van verschijnselen uit het alledaagse leven. Solomon (1983) maakt om die reden onderscheid tussen het symbolische domein van kennis, dit is het natuurwetenschappelijke domein, en het leefwerelddomein en laat in haar onderzoek zien, welke problemen leerlingen hebben om deze domeinen met elkaar in verband te brengen, met name in die situaties waarin de kennis uit beide domeinen elkaar tegenspreekt. Een voor het onderwijs bijkomend probleem is, dat de kennis uit het leefwerelddomein vaak goed functioneert in het dagelijks leven en regelmatig wordt versterkt in sociale interacties of via de media.

Ik wil nu eerst enkele voorbeelden geven van intuïtieve ideeën, om vervolgens in te gaan op de vraag hoe we hiermee kunnen omgaan in ons natuurkunde-onderwijs.

2. Voorbeelden van intuïtieve ideeën

Bij het geven van voorbeelden uit de natuurkunde zal ik putten uit onderzoekgegevens die verzameld zijn door V.U.-medewerkers.

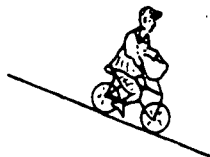
We houden ons op de V.U. bezig met mechanica en elektriciteitsleer.

Ik presenteer nu enkele resultaten uit het onderzoek m.b.t. de mechanica (Wolff e.a., 1987). De gegevens hebben betrekking op leerlingen uit 4 VWO (N=25) en 5 VWO (N=25) met natuurkunde in hun pakket en op 1e en 2e jaars natuurkunde-studenten van de VL-VU (N=20) en 4e

jaars natuurkunde-studenten van de V.U. (N=10). Uit de eerste twee mechanica-voorbeelden wordt duidelijk dat bepaalde intuïtieve ideeën blijkbaar veranderen door het onderwijs.

voorbeeld 1 (vraag 3 uit de test)

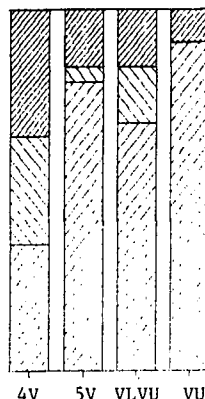
Annemarie rijdt op een fiets een zeer steile helling af. Door te blijven remmen slaagt ze erin om met constante snelheid naar beneden te gaan.



Dit is mogelijk als haar remkracht:

- a. groter is dan de kracht die haar de helling aftrekt.
- b. even groot is als de kracht die haar de helling aftrekt.
- c. kleiner is dan de kracht die haar de helling aftrekt.

Licht je antwoord toe:



De percentages correcte antwoorden voor deze vraag zijn: 4V 25%; 5V 80%; VLVU 70%; VU 90%.

Het achterliggende intuïtieve idee is, dat de kracht in de richting van de beweging altijd groter moet zijn dan de tegengestelde kracht(en) om een voorwerp een constante snelheid te geven.

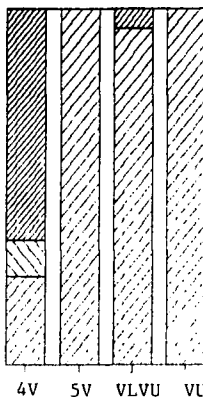
voorbeeld 2 (vraag 6 uit de test)

Een uit de boom gevallen appel ligt op de grond (zie plaatje)



- Werken op de appel krachten?
- a. Nee
 - b. Ja, één kracht
 - c. Ja, twee of meer krachten

De naam van deze kracht of de namen van deze krachten zijn:



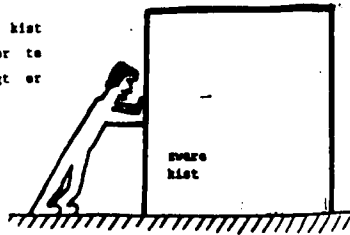
De percentages correcte antwoorden voor deze vraag zijn: 4V 25%; 5V 100%; VLVU 95%; VU 100%.

Het achterliggende idee is dat in rustsituaties krachten geen rol spelen.

Uit de volgende twee mechanica-voorbeelden wordt echter duidelijk dat sommige ideeën meer resistent lijken tegen natuurkunde-onderwijs.

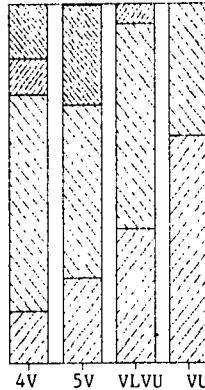
voorbeeld 3 (vraag 14 uit de test)

Een man probeert een zware kist over een horizontale vloer te schuiven, maar hij krijgt er geen beweging in.



De man krijgt er geen beweging in omdat de kracht die hij op de kist uitoefent:

- a. kleiner is dan de wrijvingskracht die de vloer op de kist uitoefent.
- b. groter is dan de wrijvingskracht die de vloer op de kist uitoefent, maar niet groot genoeg om de kist te verschuiven.
- c. even groot is als de wrijvingskracht die de vloer op de kist uitoefent.
- Er is een andere verklaring, namelijk:

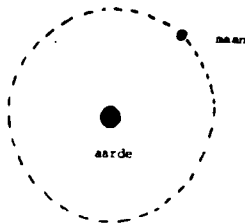


De percentages correcte antwoorden voor deze vraag zijn: 4V 15%; 5V 25%; VLVU 35%; VU 65%.

Het achterliggende idee is dat de tegenkrachten een vaste grootte hebben en niet worden bepaald door de actie-krachten.

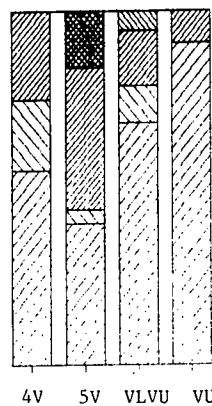
voorbeeld 4 (vraag 22 uit de test)

De maan beweegt zich in een baan om de aarde. De aarde oefent een aantrekkende kracht op de maan uit.



Oefent de maan ook een aantrekkende kracht op de aarde uit?

- a. Neen.
- b. Ja, groter dan de kracht die de aarde op de maan uitoefent.
- c. Ja, even groot als de kracht die de aarde op de maan uitoefent.
- d. Ja, kleiner dan de kracht die de aarde op de maan uitoefent.



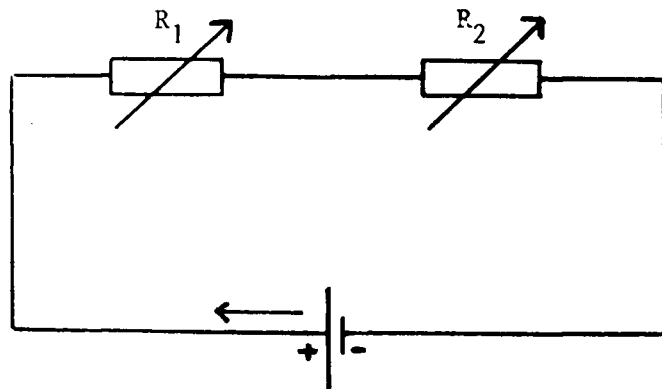
De percentages correcte antwoorden voor deze vraag zijn: 4V 55%; 5V 40%; VLVU 70%; VU 90%.

De meeste leerlingen lijken hier een soort sterk-zwak of groot-klein denkschema te hanteren. In dit denkschema werkt het sterke alleen in op het zwakke of het grote op het kleine, maar er is geen sprake van een interactie tussen objecten.

Sommige ideeën blijken dus te veranderen, waarschijnlijk mede door het natuurkunde-

onderwijs, andere ideeën blijken hardnekkiger te zijn. Als dit laatste nu het geval zou zijn in een beperkt aantal, nogal excentrieke situaties, dan behoeften we ons daar niet bezorgd over te maken. Maar het blijkt dat sommige intuïtieve ideeën in uiteenlopende situaties worden toegepast. Zo hanteren veel leerlingen en studenten het zogenaamde impetus-idee bij een horizontale of verticale beweging van een, door een bepaalde actie, in beweging gezet object. In dit soort situaties is sprake van een actor (= dat wat de beweging veroorzaakt) en een acceptor (= dat wat in beweging komt; dat wat de beweging ontvangt). De meeste leerlingen menen dat het de kracht is die door de actor wordt overgedragen aan de acceptor en vervolgens door de acceptor wordt opgebruikt. Dit denkschema van het geven en nemen van kracht is voor de leerlingen begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar; begrijpelijk, omdat het de verschillende componenten uit de situatie op heldere wijze met elkaar in verband brengt; plausibel, omdat dit geven-nemen denkschema in het dagelijks leven regelmatig zijn dienst bewijst en er hier toch iets moet zijn dat de beweging in stand houdt; en vruchtbaar, omdat het in diverse situaties binnen de mechanica-context kan worden toegepast zonder in de problemen te komen. Als een leerlingidee een dergelijke status heeft, wordt het moeilijk om dit te veranderen in de richting van een fysisch meer correct begrip. Het fysisch alternatief moet dan wel erg aantrekkelijk zijn.

In mijn eigen onderzoek m.b.t. de elektriciteitsleer identificeren wij vier hardnekkige intuïtieve ideeën (Licht, 1986; Licht en Snoek, 1986). Aan de hand van onderstaand schema wil ik kort op deze ideeën ingaan.



a. Stroomverbruik

Indien leerlingen een idee van stroomverbruik hanteren, gaan ze ervan uit dat een lampje of een weerstand stroom consumeert. Dit heeft tot gevolg dat de stroomsterkte achter een lampje of een weerstand kleiner is dan ervoor. In bovenstaande figuur betekent dat, dat de stroomsterkte door R_1 groter is dan door R_2 . Voor lampjes in serie kan dat betekenen dat het eerste lampje feller brandt dan het laatste lampje. Het is echter ook mogelijk dat leerlingen ervan uitgaan, dat de stroom verdeeld wordt. Ieder lampje verbruikt dan evenveel stroom en brandt dan even fel, zij het minder fel dan wanneer deze alleen zou zijn aangesloten op de batterij.

Ook hier geldt een soort geven-nemen denkschema. Het is de batterij die stroom geeft, het is het lampje dat stroom neemt en verbruikt. Het niet kunnen discrimineren tussen stroomsterkte en energie werkt het hanteren van het idee van stroomverbruik in veel situaties in de hand.

b. De batterij als een constante stroombron

Veel leerlingen beschouwen de batterij als een bron die een constante stroom levert, onafhankelijk van de schakeling. Dit heeft tot gevolg dat een verandering van de weerstandswaarde van R_1 of R_2 geen invloed heeft op de stroomsterkte. Voor schakelingen met twee parallelle lampjes betekent dit dat het ene lampje feller gaat branden, als het andere lampje losgedraaid wordt. De stroom die eerst door het losgedraaide lampje ging, krijgt het andere lampje er nu bij.

c. Lokaal of sequentieel redeneren

Het derde leerlingidee dat veelvuldig gehanteerd wordt, is een zogenaamde lokale redenering of sequentiële redenering.

Bij een lokale redenering wordt een situatie alleen lokaal bekeken. Er wordt naar één plek gekeken, onafhankelijk van de rest van de schakeling. In de bovenstaande schakeling zou dat betekenen, dat een verandering in de weerstandswaarde van R_2 geen invloed heeft op de stroomsterkte door R_1 . R_1 is immers niet veranderd. Een zelfde redenering is op te hangen voor een verandering in de weerstandswaarde van R_1 .

Bij een sequentiële redenering wordt alleen dat deel van de schakeling bekeken, dat na een verandering komt. Daarvóór is immers niets veranderd. Dit betekent dat een verandering in de weerstandswaarde van R_2 geen invloed heeft op de stroom door R_1 . " R_1 weet immers nog niets", er is daar nog niets veranderd. Een verandering in de weerstandswaarde van R_1 heeft echter wél invloed op de stroomsterkte door R_2 , omdat R_2 achter R_1 staat.

d. Een foutief (of geen) onderscheid tussen spanning en stroom

Het onderscheid tussen de begrippen stroom en spanning blijkt voor veel leerlingen niet duidelijk te zijn. Er wordt in het geheel geen onderscheid gemaakt of er is sprake van een foutief onderscheid.

Deze alternatieve concepten worden door derde- en vierdeklas leerlingen (die dus al uitgebreid met het onderwerp elektriciteit in aanraking zijn gekomen) veelvuldig gehanteerd. Ik kom hier later op terug met percentages.

Het gevaar is groot dat we wat lacherig omgaan met deze intuïtieve ideeën van leerlingen en hen uitmaken voor dom of onlogisch redenerend. Dan wil ik u toch even meenemen naar de 18e en 19e eeuw en zien hoe gerenommeerde natuurwetenschappers omgingen met de genoemde problematiek. Ik put hier uit een colloquiumscriptie van Marco Snoek, student binnen de vakgroep didactiek natuurkunde aan de V.U.

1. Stroomverbruik

Zowel Peter Barlow (1776-1862) als Antoine-César Becquerel (1788-1878) gingen uit van een idee van stroomverbruik bij hun onderzoek naar het bestaan van één of twee elektrische vloeistoffen in 1825. Beiden gingen ervan uit dat, bij aanwezigheid van één elektrische vloeistof, de uitslag van magneetnaaldjes naast een stroomdraad moest afnemen van de ene pool van de Voltazuil, waar een maximale uitslag was, naar de andere pool van de zuil, waar een minimale uitslag was. Bij aanwezigheid van twee elektrische vloeistoffen zou de uitslag van de magneetnaaldjes afnemen van beide polen af naar het midden toe, waar de uitslag minimaal zou zijn.

Ze slaagden er geen van beiden in om een afname in de uitslag aan te tonen. Becquerel concludeerde daaruit dat er twee vloeistoffen moesten bestaan waarbij de uitslag van de magneetnaaldjes t.g.v. de ene vloeistof van de ene pool af, afnam tot een minimum aan de andere pool. Voor de uitslag van de magneetnaaldjes t.g.v. de andere vloeistof gold het omgekeerde, zodat de totale uitslag van de magneetnaaldjes langs de hele draad constant was.

(Barlow in: The Edinburgh Philosophical Journal, 12 (1825) pag. 105-106).

2. De constante stroombron

Volta's verklaring van het galvanisme vertoont opvallende gelijkenis met de ideeën van leerlingen ten aanzien van de batterij als een constante stroombron. De elektrische vloeistof krijgt volgens Volta een continue impuls.

(Uit: Volta; Phil. Trans., 90 (1800) 403).

Ook Oersted ging ervan uit dat de Voltazuil een constante stroom levert. Hij nam aan dat als 'het elektrische conflict' beperkt bleef tot een dunne draad, het resultaat in de vorm van warmte wordt uitgestraald. Bij verkleining van de diameter van de draad nam het elektrische conflict de vorm van uitgestraald licht aan. Een verdere beperking van de draaddiameter zou dan leiden tot de uitstraling van het elektrisch conflict in de vorm van een magnetische kracht. Hij nam dus aan dat een dunnere draad (een grotere

weerstand) leidde tot een sterker conflict, in plaats van tot een kleinere stroomsterkte. (Oersted in: The Edinburgh Encyclopaedia, XVIII, 1830).

3. Sequentiële redeneringen

Volta's aanname dat de zuil een elektrische vloeistof met een constante impuls voortstuwde, noodzaakte hem om sequentiële redeneringen te gebruiken bij de verklaring van het effect van een elektrische weerstand in een schakeling. Hij was zich bewust van het feit, dat de opname van een weerstand in een elektrische schakeling een verzwakking van de elektrische schok, gevoeld door het menselijk lichaam, tot gevolg had. Hij nam verder aan, dat de snelheid van de elektriciteit de grootte van de elektrische schok bepaalde. Dit had echter als noodzakelijk gevolg, dat de snelheid van de elektriciteit achter de weerstand kleiner moest zijn dan daarvoor. De elektriciteit verlaat de zuil dus met een bepaalde impuls. Deze impuls is onafhankelijk van de rest van de schakeling. De weerstand vertraagt vervolgens de elektriciteit zodat de impuls achter de weerstand kleiner is en een gevoelde elektrische schok zwakker.

4. Het onderscheid tussen stroom en spanning

Het onderscheid tussen de begrippen stroom en spanning werd pas na de ontwikkeling van de Voltazuil door de meeste onderzoekers consequent gebruikt. Hoewel dit onderscheid reeds rond 1820 door de onderzoekers Cavendish, Beccaria en Volta geïntroduceerd is, werd het pas twintig tot dertig jaar later door anderen overgenomen. Beslissend hierbij was de ontdekking van de Voltazuil. Met de termen Intensiteit (spanning) en Kwantiteit (lading, stroomsterkte) werd het namelijk mogelijk het verschil en de overeenkomsten tussen de wrijvingselectriciteit (grote intensiteit, kleine kwantiteit) en de galvanische electriciteit (kleine intensiteit, grote kwantiteit) aan te geven.

Ik hoop u duidelijk te hebben gemaakt dat de worsteling met deze begrippen ook in het verleden al neerkwam op een intens, moeizaam en langdurig proces. Ik bedoel met dit historisch uitstapje niet te zeggen dat deze worsteling noodzakelijkerwijs ook bij leerlingen moeizaam en langdurig moet zijn. Wel wordt uit de historie duidelijk dat we hier te maken hebben met een verzameling moeilijk van elkaar te onderscheiden begrippen, waarvoor het niet meevalt om de juiste woorden, de juiste taal te vinden.

Laat ons nu weer terugkeren naar het natuurkunde-onderwijs met leerlingen. Mijn conclusie uit de onderzoeken rond intuïtieve ideeën is, dat we de leerling niet mogen zien als leeg vat, waar wij (de natuurkundeleraren) de natuurkundige kennis in gieten. De leerling heeft al ideeën geconstrueerd en construeert weer nieuwe kennis met de door ons aangereikte begrippen. Een dergelijke kijk op het leerproces van leerlingen moet naar mijn idee consequenties hebben voor de opzet en de inhoud van het onderwijs.

3. Een hyposthese

De consequentie voor het onderwijs is dat we rekening houden met deze intuïtieve ideeën, door ze waar dat mogelijk is verder te ontwikkelen tot vakbegrippen of ze te veranderen in vakbegrippen. Versta mij goed. Ik zeg niet dat dit proces van worstelen met intuïtieve ideeën in het huidige onderwijs niet zou plaatsvinden. Ik zeg alleen maar dat dit worstelproces meer expliciet gemaakt zou moeten worden, wat kan leiden tot een verrijking van het onderwijs. De intuïtieve ideeën worden beschouwd als voorlopige modellen/denkschema's die voortdurend aan de praktijk worden getoetst en zo nodig aangepast.

Een en ander leidt tot een hypothese die mij belangrijk lijkt voor deze conferentie. Deze luidt:

Veel erkend moeilijke begrippen in het natuurkunde-onderwijs zijn zo moeilijk voor leerlingen, omdat ze indruisen tegen hun intuïtieve ideeën.

In dit verband wordt leren dus gezien als een aanpassing of verandering van reeds aanwezige begrippen. Hoe deze verandering tot stand gebracht kan worden, is langzamerhand geëvolueerd tot een centrale vraag voor onderzoekers. Uit deze kijk op het leerproces blijkt, dat de intuïtieve ideeën van leerlingen serieus worden genomen. Dit betekent dat ook de vakbegrippen in een ander daglicht komen te staan. Je zou haast kunnen zeggen dat de vakbegrippen

naast de intuïtieve ideeën een alternatieve beschrijving of verklaring geven van hetzelfde verschijnsel. Maar dit alternatief moet dan wel aantrekkelijk zijn voor de leerlingen. De vakbegrippen moeten op zijn minst dezelfde status hebben als sommige van de intuïtieve ideeën. Ze moeten dus begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar zijn. Door meer aandacht te besteden aan de intuïtieve ideeën van leerlingen worden de vakbegrippen zelf ook weer onderwerp van studie.

4. Het veranderen van ideeën; eerste versie van een strategie

Op grond van de eerder genoemde hypothese willen we rekening houden met de aanwezige intuïtieve ideeën. We doen dit door leerlingen hun verwachtingen m.b.t. bepaalde verschijnselen te laten expliciteren, op grond van hun intuïtieve kennis. Je moet dus met situaties de klas in komen, die leerlingen in de gelegenheid stellen hun intuïtieve ideeën uit te wisselen en te verhelderen. Je kunt dit op verschillende manieren doen, bijvoorbeeld aan de hand van een demonstratie of leerlingpraktikum. In het door ons ontwikkelde HAVO-VWO onderbouwpakket voor de elektriciteitsleer hebben we rond een tweetal hardnekkige intuïtieve ideeën gekozen voor een combinatie van demonstratie en leerlingpraktikum.

Het eerste idee is dat er in een lampje of apparaat stroom wordt verbruikt. Dit idee is uiterst hardnekkig en komt ook in de bovenbouw nog onder veel leerlingen voor. Onze wetenschap over dit intuïtieve idee baseren we overigens niet alleen op door ons zelf uitgevoerd onderzoek, maar ook op het onderzoek uitgevoerd in het buitenland.

Het tweede idee is dat een stopcontact of een batterij altijd even veel stroom levert. Dit heeft onder meer als consequentie dat een aangebrachte verandering in een schakeling geen gevolgen heeft voor de hoeveelheid geleverde stroom. De beschikbare stroom loopt alleen anders of wordt anders over de diverse componenten verdeeld.

Globaal kan de ontwikkelde lessenreeks als volgt in fasen worden ingedeeld:

- 1 les **oriëntatie** op de context 'gevaren en veiligheid' en op de begrippen die daarbij mogelijk een rol spelen. Uit eerder onderzoek weten we dat de context 'gevaren en veiligheid' de leerlingen aanspreekt en mogelijk een goede ingang is voor een eerste verkenning van leerlingideeën;
- 4 lessen **verheldering** van intuïtieve ideeën en **confrontatie** van deze ideeën met waarnemingen;
- 2 lessen **reconstructie** van ideeën door introductie van een model;
- 7 lessen **toepassing** van dit model in schoolsituaties (serie- en parallelschakelingen) en praktijksituaties (problemen rond gevaren en veiligheid);
- 1 les **terugblik** op de intuïtieve ideeën en de geïntroduceerde vakbegrippen.

Het eerste intuïtieve idee (stroomverbruik idee) hebben we in de fase van verheldering en confrontatie als volgt aangepakt:

* demonstratie van een gloeilamp/apparaat en twee stroommeters "aan beide kanten" van het apparaat geschakeld.

- bij het uitspreken van hun verwachtingen bleek ca. 90% van de leerlingen in klas 2 te redeneren in termen van geheel of gedeeltelijk stroomverbruik;
- we hebben de stroomsterkte vervolgens gemeten met twee analoge ampèremeters. Resultaat: de leerlingen zien een verschil in wijzeruitslag en weten hun hypothese bevestigd. Sommigen geven aan dat het verschil in uitslag minder is dan ze hadden verwacht, maar hun hypothese blijft onaangetast.

Pas later lukte het ons om te laten zien dat de stroomsterkte inderdaad aan beide kanten van een lamp even groot is. We voerden de demonstratie toen uit met twee digitale ampèremeters. De verrassing blijkt dan groot en reacties in de trant van: 'hier begrijp ik niks van, er moet toch iets verbruikt worden', zijn dan ook niet van de lucht.

- * leerlingpraktikum met een lampje, batterij en twee ampèremeters.
- bij het uitspreken van de verwachting, geven veel leerlingen nu aan dat de stroomsterkte "aan beide kanten" van het lampje even groot is;
- na het uitvoeren van de meting komt de docent (D) langs en vindt met drie leerlingen (L₁, L₂, L₃) en volgende gesprekje plaats:

- D. Ik heb nog een vraag over dit stukje. Je hebt de meters zo opgesteld dat er aan beide kanten van de lamp één staat. En wat meet je?
- L₁ Hetzelfde.
- D. Je meet dezelfde waarde.
- L₁ Dus hij verbruikt geen stroom.
- L₂ Hij verbruikt bijna geen ampère.
- D. Bijna geen of geen?
- L₃ Anders zou hij toch niet branden?
- L₂ Dat lampje brandt toch door ampères te verbruiken.
Het zal wel aan mij liggen.
- L₁ Dan hebben we niet precies genoeg gekeken.

In dit kleine stukje protocol zie je de worsteling met ideeën duidelijk terug. L₁ lijkt door te stoten naar een zeker vakbegrip. Maar voor beide andere leerlingen zegt de wijzeruitslag niet zozeer iets over de grootheid stroomsterkte, maar meer over de eenheid, het aantal ampères. We hebben hier te maken met twee problemen: het niet kunnen onderscheiden tussen grootheid en eenheid; en het uit de weg gaan van het conflict door het geringe verbruik te benoemen in termen van ampères. Dit laatste is dan niet in tegenspraak met het eigen idee van geheel of gedeeltelijk stroomverbruik.

Tijdens de observaties in de klas blijken de meeste leerlingen de praktikumopdrachten stuk voor stuk uit te voeren en, ondanks daartoe via de tekst te worden uitgenodigd, niet terug te kijken naar eerder uitgesproken verwachtingen. Een confrontatie tussen eigen ideeën en gedane waarnemingen wordt hiermee uit de weg gegaan. Of men geeft aan dat er geen stroom wordt verbruikt, maar wel ampères.

Vóór de lessen blijkt dat 54% van de leerlingen in de (experimentele) groep denkt in termen van stroomverbruik. Na de verhelderings- en confrontatiefase blijkt dit percentage slechts gezakt te zijn tot 42%.

Het tweede intuïtieve idee (het constante stroom idee) hebben we op een soortgelijke manier aangepakt via demonstratie en leerlingpraktikum. Hier blijkt de verhelderings- en confrontatiefase veel meer effect te sorteren. Blijkt vóór de lessen 33% van de leerlingen een constante stroom idee te hanteren in een aantal uiteenlopende situaties, na de confrontatiefase is dat percentage gezakt naar 15%.

De twee andere probleemvelden, te weten het lokaal en sequentieel redeneren en het niet kunnen onderscheiden tussen stroom en spanning, hebben we meer impliciet gelaten. We hoopten deze problemen voor een deel op te kunnen lossen met een model, dat ik nu kort aan de orde stel.

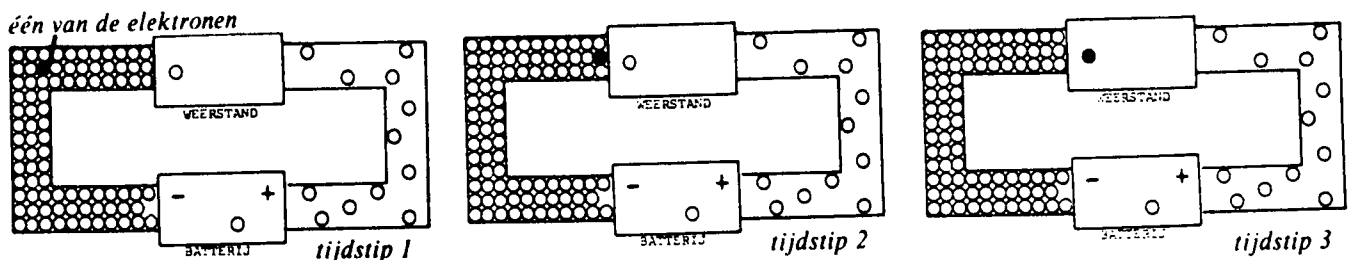
In de zogenaamde reconstructiefase hebben we de leerlingen een model aangereikt waarin de theoretische begrippen elektron en elektronenconcentratie een belangrijke rol spelen. Voor een uitvoerige beschrijving van dit model verwijs ik u naar het NVON-maandblad (Licht, 1987).

Willen de nieuw te leren begrippen een aantrekkelijk alternatief vormen voor leerlingen, dan moet het model voldoen aan de eis dat het een begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar alternatief kan zijn voor de aanwezige leerlingideeën.

Laat ik u met enkele kenmerken van het model demonstreren dat het in principe aan deze eis voldoet:

- de begrippen elektron en elektronenconcentratie zijn beide voorstelbare kiembegrippen, waaraan de overige elektriciteitsbegrippen kunnen worden gekoppeld;
- de begrippen stroom (bewegende elektronen) en spanning (verschil in elektronenconcentratie) hebben een duidelijk onderscheiden, maar wel met elkaar samenhangende representatie;
- het model is toepasbaar in uiteenlopende schakelingen met zowel gelijk- als wisselspanning;
- het model is uit te breiden met de begrippen energie, potentiaal en veldsterkte;

- e. het model biedt in principe een alternatief voor de eerder genoemde begrips- en redeneerproblemen bij leerlingen. Het alternatief voor een sequentiële redenering luidt als volgt: de verschillende elektronenconcentraties hangen samen met elkaar, omdat elektronen elkaar afstoten. De afstotende kracht kent geen voorkeursrichting. Deze werkt zowel 'stroomopwaarts' als 'stroomafwaarts'. Een verandering in een schakeling heeft dan niet alleen lokale of sequentiële gevolgen, maar leidt tot een herverdeling van elektronen in de gehele schakeling en dus tot een herverdeling van spanning over de diverse componenten.



5. De onderwijsresultaten na toepassing van de (eerste versie) strategie

In tabel 1 worden de kwantitatieve gegevens vermeld per probleemgebied. Voor het verminderen van de eerste twee problemen -'stroomverbruik idee' en 'constante stroom idee'- is gebruik gemaakt van de volledige strategie, dus inclusief de verheldering van intuïtieve ideeën en de confrontatie. Voor het verminderen van de beide andere problemen -'lokaal en sequentieel redeneren' en 'geen onderscheid tussen spanning en stroom'- is alleen gebruik gemaakt van het ontwikkelde model met elektronen en elektronenconcentraties.

Tabel 1. Kwantitatieve gegevens per probleemgebied (in % leerlingen)

begrips- en redeneerprobleem	experimentele groep N=70			controlegroep N=230		
	voor- test	eind- test	uitgest. eindtest	voor- test	eind- test	uitgest. eindtest
1. stroomverbruik idee	54	11	14	52	37	43
2. constante stroom idee	33	11	14	40	33	31
3. lokaal en sequentieel redeneren	75	39	54	69	51	64
4. geen onderscheid tussen spanning en stroom	95	52	67	96	66	66

Analysen we eerst alleen de resultaten van de experimentele groep, dan komen we tot de volgende conclusies:

1. de gehanteerde onderwijsstrategie lijkt een oplossing te bieden voor de probleemgebieden 1 en 2. Zelfs de resultaten op de uitgestelde eindtoets (dit is een toets 5 maanden na het onderwijs) zijn goed te noemen. Uit het voorgaande weten we dat het constante stroom idee bij de meeste leerlingen al veranderde na de verhelderings- en confrontatiefase. Het

stroomverbruik idee verandert pas meer definitief na introductie van het model;

2. het gehanteerde model lijkt slechts een tijdelijke en beperkte oplossing te bieden voor de probleemgebieden 3 en 4. Want hoewel de verbetering van voorttoets naar eindtoets in absolute zin op de probleemgebieden 3 en 4 groter is dan op 1 en 2, moeten de resultaten toch teleurstellend worden genoemd. De tamelijk theoretische en abstracte wijze waarop we deze problemen trachten te verminderen, schijnt slechts plausibel en vruchtbaar te zijn voor een korte periode. Het aantal verklaringen van leerlingen op toetsvragen die betrekking hebben op deze probleemgebieden gesteld in termen van elektronen en elektronenconcentraties, neemt op de uitgestelde eindtoets sterk af. Veel leerlingen blijken in staat de wetenschappelijke taal te leren en toe te passen, maar slechts voor een korte tijd. Een positief detailresultaat is dat het lokaal en sequentieel redeneren voor wat het spanningsbegrip betreft sterker afneemt dan voor het stroombegrip. De in tabel 1 gepresenteerde resultaten geven alleen een totaalbeeld.

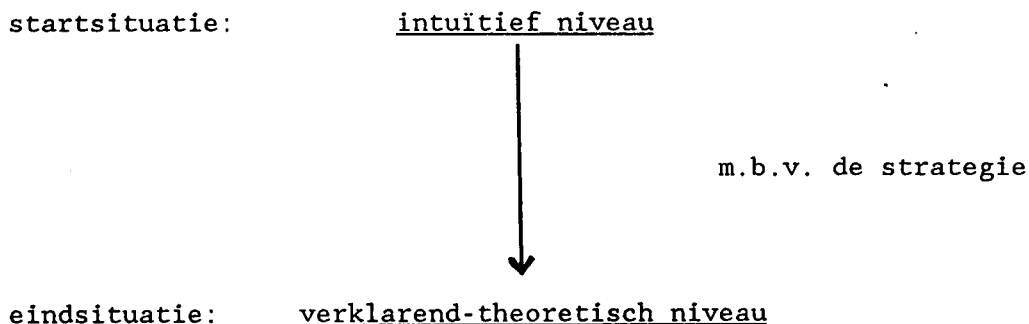
Vergelijken we vervolgens de resultaten van de experimentele groep met de resultaten van de controlegroep (dit is een groep met ander elektriciteitsonderwijs) dan concluderen we:

3. de gehanteerde onderwijsstrategie leidt tot betere resultaten op de probleemgebieden 1 en 2 dan meer traditioneel onderwijs;
4. het gehanteerde model leidt slechts tijdelijk tot betere resultaten op de probleemgebieden 3 en 4 dan meer traditioneel onderwijs.

Ondanks de vereiste voorzichtigheid bij de interpretatie van deze eerste resultaten met de strategie, menen we voldoende aanwijzingen te hebben om te kunnen stellen dat we bij het zoeken naar een oplossing voor de problemen in de goede richting gaan.

6. Een aanpassing van de strategie: de tweede versie

Ondanks deze wat positieve geluiden vraag je je wel af of de voortgaande lijn in de begripsontwikkeling niet wat te simpel is gedacht (zie fig. 1).



Figuur 1. Een niveau-schema voor de beschrijving van begripsontwikkeling.

Uit het feit dat leerlingen na vijf maanden weinig of geen gebruik meer maken van begrippen als elektronenstroom en elektronenconcentratie blijkt dat we te snel een verklarend-theoretisch niveau hebben willen bereiken. Bovendien heeft het naar mijn idee weinig zin om te spreken over de ontwikkeling van één op zichzelf staand begrip. Het gaat altijd om de relatie tussen begrippen. Het doel van de begripsvorming is immers gericht op het vinden van een representatie van het beschouwde onderdeel uit de werkelijkheid door middel van een stelsel van onderling gerelateerde begrippen. Per begripsniveau kan dan onderscheid worden gemaakt tussen één, twee, of meer-dimensionale relaties. Ik kom daar zo op terug.

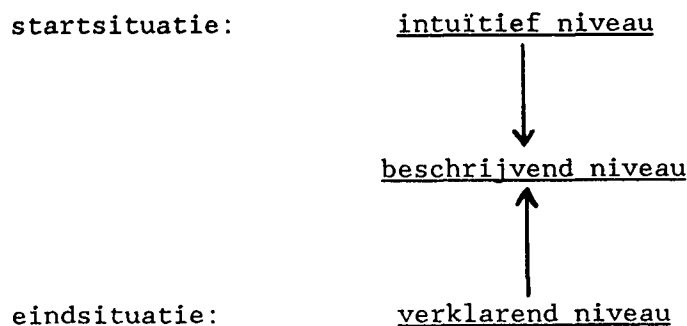
In de tweede versie van de strategie wordt er tussen het intuïtief niveau en het verklarend-theoretisch niveau een beschrijvend niveau geplaatst. Op het intuïtieve niveau komt de

leerling tot relaterende uitspraken op grond van bepaalde intuïties, preconcepten of algemeen taalgebruik. Op het **beschrijvend niveau** komt de leerling tot relaterende uitspraken op grond van waarnemingen (incl. metingen), zo mogelijk eerst met een kwalitatief later met een kwantitatief karakter. Je zou dit beschrijvende niveau ook het operationele niveau kunnen noemen. Alle grootheden op dit niveau zijn descriptief gedefinieerd en rechtstreeks meetbaar. Een prescriptieve definitie van de grootheid weerstand in de vorm van $R = V/I$ hoort op het beschrijvend niveau niet thuis. Deze relatie kan slechts op het beschrijvend niveau voorkomen als alle drie betrokken grootheden rechtstreeks gemeten zijn.

Op het **verklarend-theoretisch** niveau worden er relaterende uitspraken gedefinieerd of gededuceerd uit eerdere uitspraken op dit niveau. De gevonden relaties op dit niveau zijn vaak niet rechtstreeks controleerbaar in het waarnemingsveld, maar slechts via de relaties op het beschrijvend niveau. Ze dienen hun verklaringskracht dan ook te demonstreren in de terugkoppeling naar de relaties op het beschrijvend niveau. Zo bewijst het prescriptief gedefinieerde begrip elektrische veldsterkte pas zijn kracht als deze is gerelateerd aan het meetbare begrip spanning uit het beschrijvend niveau. Via deze relatie komt het begrip spanning zelf ook op een theoretische niveau.

In figuur 2 wordt dit schematisch weergegeven.

Het onderwijs start dan met een **empirisch-inductieve cyclus**, waarin de relaties op het intuïtieve niveau moeten worden aangepast of veranderd tot relaties op het beschrijvend niveau.



Figuur 2 Een aangepast niveauschema.

Voorbeelden van relaties op het intuïtieve niveau zijn:

één-dimensionaal: $I_{\text{voor}} > I_{\text{na}}$ bij een apparaat of weerstand.

twee-dimensionaal: $E - R$, hoe hoger de weerstandswaarde, hoe meer energie er wordt omgezet.

Voorbeelden van relaties op het beschrijvend niveau zijn:

één-dimensionaal: $I_{\text{voor}} = I_{\text{na}}$

$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2$ (parallel-schakeling)

$V_{\text{tot}} = V_1 + V_2$ (serie-schakeling)

$R_{\text{tot}} = R_1 + R_2$ (serie-schakeling)

als meer weerstanden parallel, dan $R_{\text{tot}} \downarrow$

twee-dimensionaal: als $V \uparrow$ dan $I \uparrow$ bij een bepaalde weerstand

als $R \uparrow$ dan $V_R \uparrow$ in een schakeling met meerdere weerstanden

als $R \uparrow$ dan $I_R \downarrow$ in een schakeling.

Alle relaties op het beschrijvend niveau betreffen relaties tussen begrippen die direct waarneembaar dan wel meetbaar zijn.

De kloof tussen het intuïtief niveau en het beschrijvend niveau wordt dus overbrugd door

confrontatie en empirische generalisatie van waargenomen regels.

Tussen het beschrijvend en het verklarend niveau wordt de kloof naar mijn mening op een geheel andere wijze overbrugd. We werken hier vanuit het abstracte naar het concrete toe, en bevinden ons zodoende in een **theoretisch-deductieve** cyclus. De relaties op het verklarend niveau worden uitgedrukt in grootheden als veldsterkte, potentiaal, potentiële en kinetische energie, elektron, elektronenconcentratie. Deze begrippen doen zich niet via rechtstreekse waarneming of meting aan ons voor. Ze passen binnen een abstract, wetenschappelijk model dat nieuwe kennis en verklaringen moet kunnen genereren. Een belangrijke eis is dat de gedefinieerde begrippen en relaties op het verklarend niveau ook werkelijk inzicht gaan geven in de gevonden relaties op het beschrijvend niveau. Is dat niet het geval, dan moeten we ons afvragen of dergelijke begrippen wel zinvol zijn in het voortgezet onderwijs. Als we het begrip elektrisch veld slechts in verband brengen met geladen bollen en geladen condensatorplaten, dan zijn we theoretische begrippen aan het invoeren zonder een empirisch-inductieve basis bestaande uit een gesystematiseerde verzameling van waargenomen regels. In onze bovenbouwactiviteiten (gestart in januari '87) streven we dan ook na dat deze theoretische begrippen werkelijk worden teruggekoppeld naar de relaties op het beschrijvend niveau, en dus toepasbaar zijn in elektrische schakelingen! Voordelen hiervan zijn dat er een grotere samenhang ontstaat in de leerstof en dat de kracht van het theoretisch model kan worden gedemonstreerd in alle tot dan toe ontmoete situaties.

Betekent dat nu automatisch dat we ons in de onderbouw bezig houden met relaties op het beschrijvend niveau en in de bovenbouw met relaties op het theoretisch niveau? Het is speculatief om aan te nemen dat we in de onderbouw niet verder zouden kunnen komen dan het beschrijvend niveau. Maar het zinvol werken op het verklarend niveau vereist wel de vorming van een verzameling gesystematiseerde relaties op het beschrijvend niveau. Het opbouwen van een dergelijke verzameling kost tijd.

Binnen het Projekt Bovenbouw Natuurkunde (PBN) zijn we samen met leraren bezig lesmateriaal te maken voor klas 4 en 5 VWO, gebaseerd op het zojuist besproken niveauschema.

7. Afronding

Ik kom tot een afronding van mijn betoog.

Plaatsen we de ontwikkeling van de vakdidaktiek zelf in het eerder gepresenteerde niveauschema met drie niveau's, dan zijn we bezig uit het intuïtieve niveau op te klimmen naar het beschrijvend niveau. Meende u wellicht in mijn verhaal iets verklarends te bespeuren dan moet ik u teleurstellen. De vakdidaktiek is nog niet zo ver dat zij al tot empirische generalisaties zou kunnen komen, laat staan theoretische generalisaties die de empirische verklaren. Ik heb u alleen willen demonstreren dat de aanwezige intuïtieve ideeën bij leerlingen een belemmering kunnen zijn bij de ontwikkeling van vakbegrippen. Dit leidt automatisch tot de vraag of de vakbegrippen als alternatief wel aantrekkelijk genoeg zijn.

Ik hoop dat veel leraren bereid zijn om samen met een didactisch instituut te zoeken naar empirische regelmatigigheden in het leren van natuurkundige begrippen door hun leerlingen. De leraar als onderzoeker van zijn eigen onderwijs behoeft geen vrome wens te blijven.

Wie van u neemt de uitdaging aan?

Literatuur

Driver R., Guesne E., Tiberghien A., *Children's Ideas in Science*. Philadelphia: Open University Press, 1985.

Licht P., Begrips- en redeneerproblemen in beginnend elektriciteitsonderwijs. *Tijdschrift voor didaktiek der β -wetenschappen*, 4, 88-107, 1986.

Licht P., Snoek M., *Elektriciteit in de onderbouw*. NVON-maandblad, 11, 32-36, 1986.

Licht P., Een model voor het elektriciteitsonderwijs. NVON-maandblad, 12, 264-267, 1987.

Solomon J., Learning about energy: how pupils think in two domains. *Eur. Journal in Science Educ.*, 5, 49-59, 1983.

Wolff P.F.J., Katu N., Dulfer G.H., *Conceptions of force and movement*, Basic Science Projects Unit, Free University Amsterdam, Satya Wacana Christian University Indonesia, 1987.

Diskussie lezing P. Licht

Magda Man in 't Veld: Je geeft een uitstekende illustratie van de weerstand van leerlingen tegen nieuwe ideeën. Het is niet alleen een cognitief, maar ook een emotioneel probleem. We weten nog niet hoe we de leerlingen duidelijk kunnen maken welke de beloning is van het vakmatig denken.

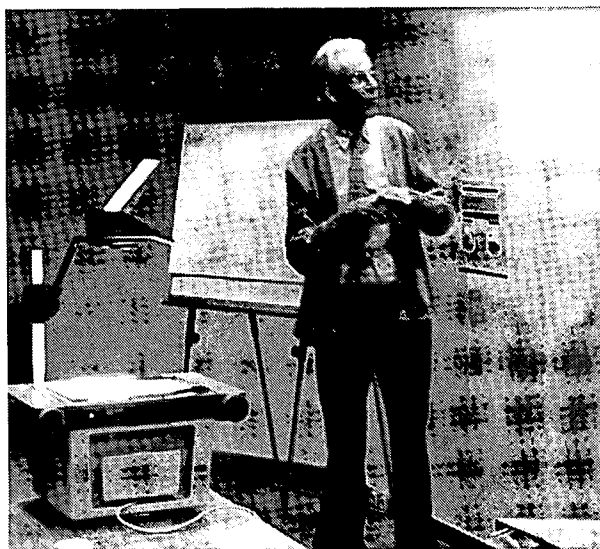
Licht: Misschien zijn er daarin ook wel verschillen tussen jongens en meisjes. Dat zou onderzocht moeten worden. Bij dat onderzoek moeten we ons wel beperken tot een aantal cruciale begrippen zoals spanning en stroomsterkte, voor meer is er geen tijd.

BEGRIJPEN, WAT VALT DAARAAN TE BELEVEN?

D.A. Lockhorst

Thuis vertellen

Vroeger, als jongen, vertelde ik mijn moeder honderduit over hetgeen ik op school geleerd had. Ze was niet exact geschoold; desondanks luisterde zij belangstellend naar mijn verhalen over de natuurkunde, mijn favoriete vak. Met trots legde ik uit wat die mooie zin betekent: "warmte is een vorm van arbeidsvermogen" en we maakten ons samen vrolijk over mijn vader. Hij kon zo overtuigd zijn welbehagen uitdrukken door krachtig in zijn handen te wrijven. We zagen daarin een voorbeeld van de zopas geleerde wet; in gedachten zagen we de vonken eraf springen.



Wanneer ik nu in het kader van scholing of nascholing lessen volg bij collega's of toekomstige collega's en vanuit de zijlijn de leerlingen observeer, dan moet ik vaak aan mijn eigen schooltijd terugdenken. Ik vraag me dan af wat zij thuis zullen vertellen over deze les. Zou dat meer zijn dan de toevalligheden, de anecdotes en de roddels? Of zou het ook over de inhoud van het vak gaan, over het practicum, de demonstraties, de wetten en de verrassingen?

Voor mij zou het een bewijs zijn dat de leerlingen iets van de natuurkunde begrepen hebben. Een eerste omschrijving van wat "begrijpen" inhoudt kan ik aan die verhalen thuis ontlenu.

"Begrijpen" betekent dat je de inhoud aan een ander kunt vertellen.

"Begrijpen" betekent dat je om je heen de voorbeelden kunt aanwijzen.

"Begrijpen" ten slotte betekent dat je er een emotie bij hebt, je bent er trots op dat je het kunt uitleggen en je bent aangenaam verrast om in de omgeving de theorie in praktische situaties te herkennen. Begrijpen is eigenlijk een heel vreugdevolle belevenis.

Overigens, die verhalen thuis zijn voor mij wel een voldoende bewijs dat de leerling begrijpt waar het over gaat, maar ze zijn niet noodzakelijk. Veel leerlingen zijn zo gesloten als een pot en vertellen nooit iets thuis; dat wil zeggen dat ze er op school niets van begrijpen!!

Zo'n vreugdevolle ervaring zou de school in de plaats moeten zetten van de zorg over het proefwerkresultaat of van de onverschilligheid ten opzichte van de schoolse kennis die zo mijlen ver afdijkt van het dagelijks leven. Natuurlijk zijn er leerlingen die lol in het vak hebben, maar het gaat me juist om die andere helft (?) van teleurgestelden en zorgelijken. Ik zou ze zo graag dat warme gevoel van binnen gunnen: "Hé, zit dat zo! Wat leuk!" en de trots van: "Dat ga ik thuis vertellen!".

Uiteraard is dat het doel dat leraren altijd nastreven in hun werk en dat ze ook met een redelijk percentage leerlingen bereiken, maar de vraag is of we het rendement in dat opzicht kunnen verbeteren, zodat de leerlingen die zo vaak geconfronteerd worden met hun eigen mislukkingen op school ook dat trotse gevoel kunnen beleven.

Daartoe moeten we zorgvuldig analyseren, wat het verschijnsel "begrijpen" inhoudt.

Een primaire behoefte

Welke betekenis heeft "begrijpen" in het functioneren van de persoon? Hoe komt het dat "begrijpen" zo'n diepe voldoening kan geven en dat deswege de behoefte aan inzicht zo'n sterke drijfveer kan zijn voor het menselijk handelen?

Daarover valt de volgende theorie op te stellen:

Uit veiligheidsoverwegingen is het voor ieder levend wezen van belang de omgeving te verkennen. Om te overleven moet je de wereld om je heen kennen om daarin adequaat te kunnen handelen.

Wanneer je niet begrijpt wat er in je omgeving gebeurt, geeft dat een onaangenaam gevoel. Inzicht daarentegen neemt de dreiging weg en geeft voldoening. Daaruit ontstaat de fundamentele nieuwsgierigheid die levende wezens kenmerkt en die je ook bij dieren goed kunt herkennen.

In onze ingewikkelde technische en sociale wereld is de relatie tussen "begrijpen" en overleven minder direct zichtbaar en voelbaar maar ongetwijfeld onder de oppervlakte nog altijd aanwezig.

Slechte leerlingen missen niet alleen de goede cijfers en het succes van een voorspoedige schoolloopbaan, ze missen ook voor een deel fundamenteel menselijke zekerheid doordat ze steeds geconfronteerd worden met hun eigen onbegrip. Om hun een steviger identiteit te geven moeten we hun het gevoel leren kennen, dat ook zij kunnen begrijpen hoe de wereld in elkaar steekt.

Eén uit vele motieven

Om misverstand te voorkomen: ik ga geen pleidooi houden om van nu af het onderwijs puur in te richten op basis van de menselijke nieuwsgierigheid. Er zijn meer motieven op grond waarvan mensen handelen. Ze hebben in de school allemaal hun eigen waarde. Normen en waarden van huis uit of van de groep leeftijdsgenoten, verwachtingen van ouders, een toekomstperspectief, beloning en straf en wedijver vormen samen met de nieuwsgierigheid het krachtenveld waarbinnen het leren en werken op school zich afspeelt. Het is goed wanneer het onderwijs op genuanceerde wijze bij al die krachten tracht aan te sluiten.

Waar ik me zorgen over maak is dat het erop lijkt alsof het onderwijs voor grote groepen kinderen de nieuwsgierigheid als gedragsbepalende faktor heeft uitgeschakeld en daarmee ook meer mikt op begrip bij die leerlingen. Ook de minder begaafde kinderen, in het bijzonder de leerlingen van het beroepsonderwijs, hebben recht op de vreugde van het begrijpen.

Abstrakt en concreet

Maar, kan men tegenwerpen, dat is de ervaring! Veel leerlingen hebben maar beperkte mogelijkheden; ze zijn niet geïnteresseerd en begrijpen weinig. Allicht dat men zich dan tevreden stelt met acceptabele examenresultaten en het voor de rest een beetje gezellig tracht te maken. Echt begrijpen is in ons moeilijke abstracte vak voor de happy few. Ik geef toe, de schijn is tegen me, maar ik geef me niet zo snel gewonnen. Laten we eerst analyseren welke factoren in de didaktiek het begrip bevorderen. Dat zijn o.a. het gebruik van de taal, de dosering in de aanbieding, de structuur van het aanbod en de relatie die gelegd wordt tussen concreet en abstrakt. Die laatste faktor wil ik in dit verhaal verder uitwerken.

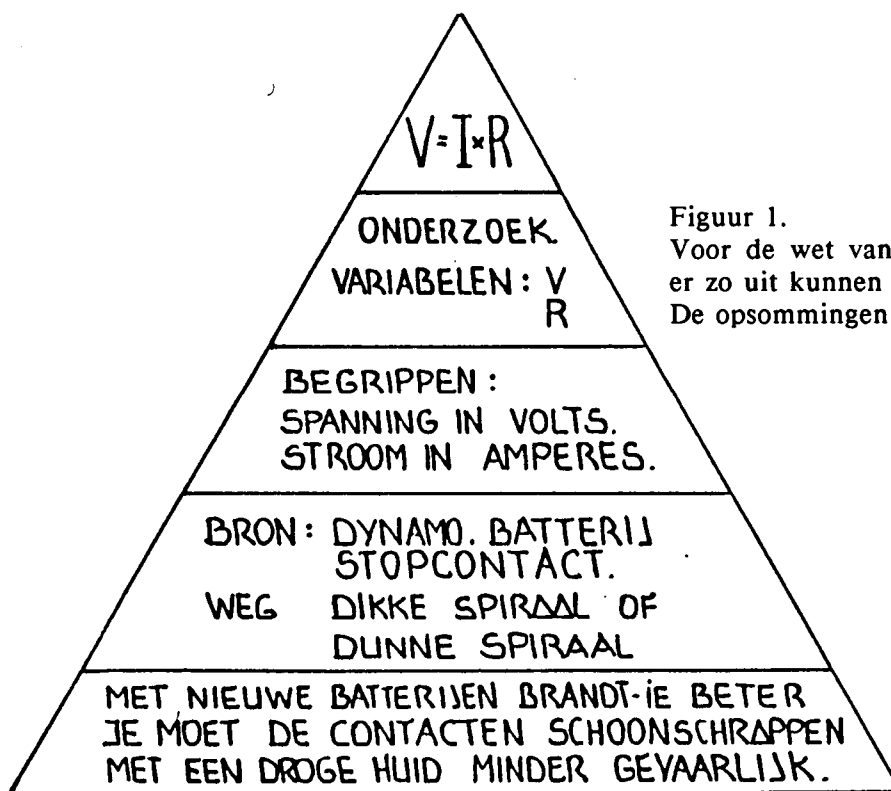
Het concrete deel van het vak bestaat uit zichtbare of anderszins waarneembare verschijnselen, uit materialen, processen en apparaten. De wetenschappelijke begrippen, de wetten, de symbolentaal en de formele redeneringen vormen het abstracte deel. Het is voor het begrip van belang hoe de relatie tussen het concrete en het abstracte in de didaktiek wordt opgebouwd.

De pyramide-structuur in de leerstof

Mijn natuurkundeleraar, ruim veertig jaar geleden, haastte zich de abstrakties in te voeren. Voorbeelden en toepassingen kwamen wel aan de orde, maar terloops. Het leeuwedeel van de tijd werd besteed aan het doorwerken van de abstrakties.

Later werd "aansluiten bij de ervaring van de leerling" een belangrijk principe in de didaktiek. Men startte een onderwerp met het inventariseren van die ervaringen. "Vertel eens wat jullie weten van geluid". Prakticum werd ingevoerd en veranderde ook daarna van karakter, het werd meer verkennend en kwalitatief. Het kreeg ook een andere plaats, vooraan in de lessenserie i.p.v. aan het eind als een soort verificatie achteraf. De term "aanrommelpracticum" ontstond ook als aanduiding voor een minder gestructureerde en meer speelse vorm van kennis, te maken met een verschijnsel.

De didaktiek volgde daarmee een weg die kan worden weergegeven met een pyramide. Een brede basis van zeer uiteenlopende verschijnselen verenigt zich via ordening, experiment en begripsdefiniëring tot een wet waarin alles wordt samengevat.



Figuur 1.

Voor de wet van Ohm zou zo'n pyramide er zo uit kunnen zien.

De opsommingen zijn niet uitputtend.

Leerpsychologen, waaronder Jerome Bruner bij wie ik graag in de leer ben, benadrukken het belang van de weg van concreet naar abstract in de didaktiek. Het is van belang om imitatiëren tegen te gaan, d.w.z. het klakkeloos herhalen van definities zonder er voorstellingen bij te hebben of voorbeelden te kunnen geven, waardoor de kennis dode kennis blijft die niet gebruikt kan worden bij de oplossing van echte problemen. Door o.a. gebruik te maken van de methode van het zelfontdekkende leren, worden de begrippen rijker aan inhoud en de theorie wendbaar en hecht vastgelegd in het geheugen.

De waarde van de concrete werkelijkheid

Russische leerpsychologen, met name Davydov, vragen juist de aandacht voor de omgekeerde weg: van abstract naar concreet. In hun denken ligt de grootste rijkdom voor het menselijk brein niet in de theoretische begrippen en wetmatigheden. De theorie is slechts een hulpmiddel om de essentie in de concrete werkelijkheid te ontdekken. De echte rijkdom aan kennis, informatie en betekenis ligt in datgene wat om ons heen direct voorhanden is, de directe concrete werkelijkheid. Maar de geschoolde geest kan die waarde beter doorzien van de ongeschoolde. De theorie helpt het wezenlijke karakter van de werkelijkheid te doorgronden. Wie de theoretische begrippen en wetmatigheden kent, kan door de directe aanschouwelijkheid heen het wezen van de werkelijkheid ontdekken. De theorie is eerst uit het concrete geabstraheerd, maar vanuit de abstraktie keren we tenslotte terug naar het waarneembare.

Een paar voorbeelden uit eigen ervaring ter verduidelijking:

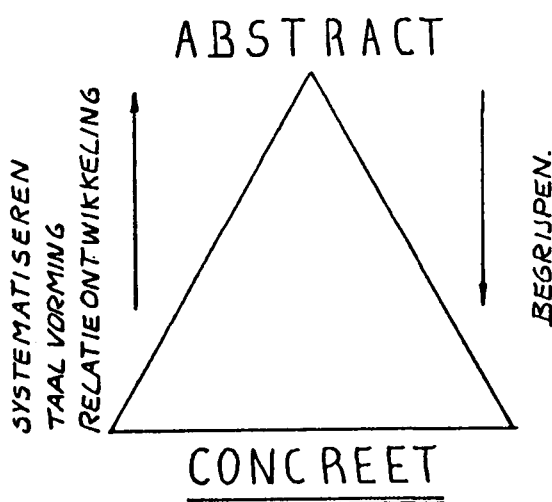
- * We kwamen al roeiend in een wherry op de Nieuwe Maas in Rotterdam in moeilijkheden door de hoge golven tussen een losse riviersleepboot en de kademuur. Plotseling realiseerde ik me: terugkaatsing tegen een los uiteinde, vandaar!!! Een vreugdevol moment in een penibele situatie.
- * Die prachtige buigingsverschijnselen daar waar de sloten uitkomen in de tocht. Door je kennis van de golftheorie zie je ook veel duidelijker het golfpatroon. Heel goed te zien vanuit de trein wanneer de wind loodrecht op de baan staat.

Of voorbeelden uit andere vakgebieden:

- * Het moment waarop ik daar zittend, me plotseling realiseerde dat ik het haakje op de WC-deur doe ook al ben ik alleen thuis. Prachtig, een Pavlov!!
- * Rijdend met de trein van Luzern naar Lugano en de spanning of dat nu eindelijk de Gotthardtunnel is na al die kleinere tunnels. Dan aan de andere kant zeker weten omdat de rivier in tegengestelde richting stroomt. Dat is immers wat je een waterscheiding noemt!
- * Een huis in Sneek waarin je plotseling de kenmerken van Jugendstil terugziet.

Steeds krijgt je eigen omgeven en je eigen ervaring een diepere betekenis door de theoretische bril waarmee je ernaar kijkt.

LEERSTOF PYRAMIDE



Figuur 2.

Nu de konklusie: Een mens kent de theorie en heeft de beschikking over de abstrakties maar hij begrijpt hoe de werkelijkheid in elkaar zit. Hij heeft greep op de wereld om zich heen.

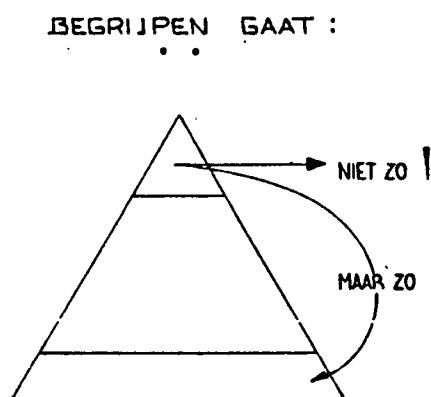
En nu de didaktiek ervan

Hoe helpen we onze minder begaafde leerlingen aan dit soort ervaringen? Hoe leer je leerlingen met theoretische ogen om zich heen te kijken?

Ik heb geen afgerond antwoord op die vraag, wel een aantal ideeën die de moeite van een nader onderzoek waard zijn.

- * We moeten de weg van abstrakt naar concreet niet terloops invlechten in de lessen maar er heel uitvoerig tijd voor inruimen, nadat we de behandeling van de theorie hebben afgerond.
Aan het begin van de lessenserie beschikken de leerlingen nog niet over het theoretische kader om tot begrip te komen, aan het eind wordt de aandacht vaak in beslag genomen door de verwerking van de abstrakties.
- * We moeten ons ervoor hoeden als afsluiting van een onderwerp te blijven oefenen op abstract niveau door jongleren met begrippen en formules.

Figuur 3
"Begrijpen", dat is terugkeren
naar de verschijnselen.



- * We moeten de leerlingen uitnodigen om zich heen te kijken met een theoretische bril op.
"Is je accu leeg? Geen stroom meer? Denk daar eens over na met behulp van de wet van Ohm. Welke voorlopige conclusies kun je trekken? Meet eens na."
"Brandt je lamp van je fiets slecht? Praat daar eens over met behulp van de theoretische begrippen die je geleerd hebt."
- * We moeten voorkomen dat leerlingen toepassingen en voorbeelden gaan zien als extra's "die zo ook nog moeten leren". Het is heel gemakkelijk om als leraar over verschijnselen te praten vanuit een theoretische achtergrond zonder dat dat tot werkelijk begrip bij de leerlingen leidt. In dat geval worden ze ertoe verleid - of gedwongen - om die toevoegingen ook maar weer te gaan "leren" wat dan al gauw weer imitatieleren is. De leraar moet dan ook niet praten over de verschijnselen maar moet de leerlingen uitnodigen dat te doen door de juiste probleempjes in hun midden te leggen.
- * Ingeklede vraagstukken dient men te wantrouwen. Een vraagstuk over weerstanden, spanningen en stromen van een autoverlichting, klinkt aardig. Maar eigenlijk worden leerlingen uitgenodigd die auto zo snel mogelijk te vergeten en de getallen in de formules in te vullen. En natuurlijk vergeten ze die auto dan ook.
- * Tenslotte denk ik dat het allerbelangrijkste middel dat we in handen hebben ons eigen voorbeeld is. In hoeverre beleven we zelf nog vreugde aan ons vak en hoe tonen we dat aan onze leerlingen? Leerlingen zouden uit de verhalen van hun leraren moeten begrijpen dat natuurkunde overall om hen heen is. Maar zouden veel leraren zich niet voordoen als mensen die de hele dag bezig zijn met bladzijden uit het leerboek, met sommen en met proefwerkcijfers? Welk beeld krijgen de leerlingen van die natuurkundige daar voor de klas? Een goed voorbeeld?

LEUK EN LEERZAAM GAAT DAT SAMEN?

(Uit: Projectenbulletin maart '86, nr. 2)

M. Brekelmans, H. Créton en Th. Wubbels

Wanneer de leerlingen de sfeer in de lessen prettig vinden, wanneer ze er zich thuis voelen, kunnen ze er dan óók veel leren? Of anders geformuleerd: Wanneer leerlingen bij een leraar of lerares hoge cognitieve prestaties leveren, kunnen ze dan tegelijkertijd de prestaties plezierig vinden? Twee vragen waarop verschillende opvattingen bestaan.

Sommigen zeggen dat leerlingen pas veel leren wanneer ze onder druk gezet worden: "Leerlingen zijn uit zichzelf niet altijd geneigd om te werken en leraren moeten vaak controleren en hoge eisen stellen, zodat leerlingen ertoe gebracht worden hard te werken en goed hun best te doen. De lessen plezierig maken kan de aandacht van het "echte" werk afleiden. Gezelligheid leidt niet tot prestaties. "Anderen verdedigen een andere mening: "Zorg ervoor dat leerlingen graag naar je lessen gaan en zich er prettig voelen; dat is een belangrijke voorwaarde voor het leren. Door leerlingen de ruimte te laten voor eigen verantwoordelijkheid en initiatieven wordt het leren van de leerlingen bevorderd. Het belonen van goede prestaties is belangrijker dan het wijzen op en corrigeren van fouten."

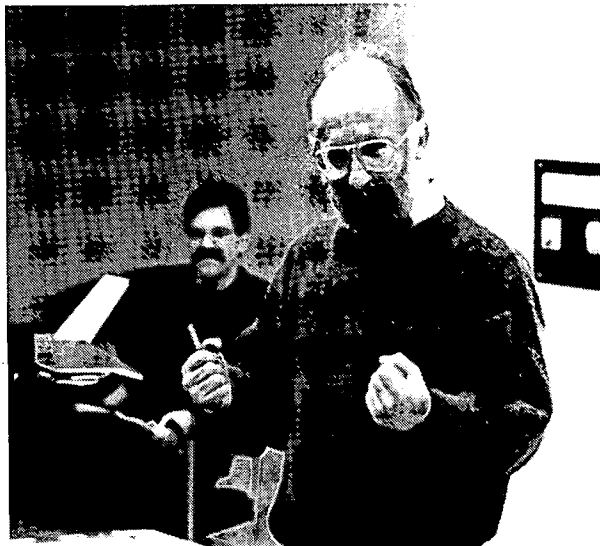
Het woordgebruik verradert vaak al de positie van de spreker. Wie denkt dat leerzaam en leuk niet samengaan, spreekt misprijzend van gezellige lessen. Wie de tegenovergestelde mening heeft praat over aantrekkelijke lessen. In dit artikel proberen we de vraag te beantwoorden of leraren zich zo kunnen gedragen dat lessen tegelijkertijd prettig en leerzaam zijn. We maken daarbij gebruik van resultaten uit onderzoek waarin leraarsgedrag in verband wordt gebracht met zowel de houding van leerlingen ten opzichte van lessen en het vak dat de leraar geeft, als met de cognitieve prestaties in dat vak.

Dit onderzoek werd uitgevoerd bij het vak natuurkunde in derde klassen MAVO, HAVO en VWO. De resultaten zijn verkregen door leerlingen een vragenlijst over leraarsgedrag af te nemen, de Vragenlijst voor Interactioneel Leraarsgedrag (VIL, zie kader volgende pag.) Verder werd leerlingen die deze vragenlijst over hun natuurkundeleraar hadden ingevuld ook een natuurkundetoets afgenomen, alsmede een vragenlijst over hun waardering over de lessen en motivatie voor het vak natuurkunde.

Het onderzoek vond plaats in het kader van de Second International Science Study (zie Ten Bruggencate en Pelgrum 1985 en Bekelmans e.a. 1986). Om een beeld te krijgen van het relatieve belang van verschillende aspecten van leraarsgedrag die met de VIL in kaart worden gebracht, bespreken we eerst enkele kenmerken van leraarsgedrag.

Kenmerken van leraarsgedrag

Aan leerlingen op VWO-afdelingen van drie scholengemeenschappen werd gevraagd de VIL in te vullen voor de beste leraar waarvan ze les hadden en ook voor de slechtste. De figuren 2a en 2b laten zien hoe leerlingen gemiddeld het interactionele gedrag van hun beste, respectievelijk slechtste leraar zien. Figuur 3 geeft het gedrag van 'de gemiddelde VWO-leraar'. Dit laatste is verkregen door leerlingbeelden te verzamelen over 118 leraren op VWO-afdelingen van vier scholengemeenschappen. Wij kunnen daarbij nog opmerken dat we aanwijzingen hebben dat op het MAVO/HAVO/VWO het interactionele gedrag van een leraar in de klas in



DE VRAGENLIJST VOOR INTERACTIONEEL LERAARSGEDRAG

Met de Vragenlijst voor Interactioneel Leraarsgedrag (VIL) kan onder meer worden nagegaan hoe leerlingen en de leraar zelf het gedrag van een leraar in de klas zien wat betreft het interactionele aspect. Daaronder verstaan we alle gedragsaspecten die verwijzen naar de relatie tussen de leraar en zijn leerlingen en die tot uiting komen in hun onderlinge interactie in de classesituatie.

Interactionele gedragsaspecten kunnen worden weergegeven in een model (fig. 1). In dit model worden gedragsuitingen, in navolging van Leary, circulair geordend met behulp van twee dimensies, een machtsdimensie (Boven-Onder) en een nabijheidsdimensie (Samen-Tegen). Deze dimensies worden met twee onderling loodrechte assen in een figuur weergegeven. Door in het assenstelsel met nog twee lijnen de vier kwadranten te halveren, wordt het assenstelsel verdeeld in acht sectoren. Net als in een windroos worden de sectoren naar hun ligging benoemd met BS, SB, etc. Hierbij betekent bijvoorbeeld BS, dat in deze sector in het gedrag het Bovenkarakter sterker is dan het Samenkarakter:

beide kenmerken zijn echter aan het BS-gedrag te onderkennen. Om de betekenis van elke sector te verduidelijken, hebben we in figuur 1 voor elke sector karakteristieke gedragsuitingen vermeld.

De Vragenlijst voor Interactioneel Leraarsgedrag bestaat uit 77 items, verdeeld over acht subschalen die overeenkomen met de acht sectoren van het model. Voorbeelden van items zijn: 'toont belangstelling voor leerlingen' (SB) en 'als hij boos is, merk je dat' (TB). Elk item wordt beantwoord op een vijfpuntsschaal. Door samenstelling van de itemscores van een subschaal ontstaan schaalcores.

Een hoge score betekent dat een leraar het gedrag uit de betreffende sector sterk of vaak vertoont, terwijl een lage score betekent dat de leraar dit gedrag (erg) weinig vertoont. De resultaten van vragenlijstafnames kunnen ook in een figuur worden weergegeven door per sector een gedeelte te arceren en wel zodanig, dat de straal van het gearceerd deel een maat is voor de grootte van de subschaalscores (zie de overige figuren bij dit artikel).

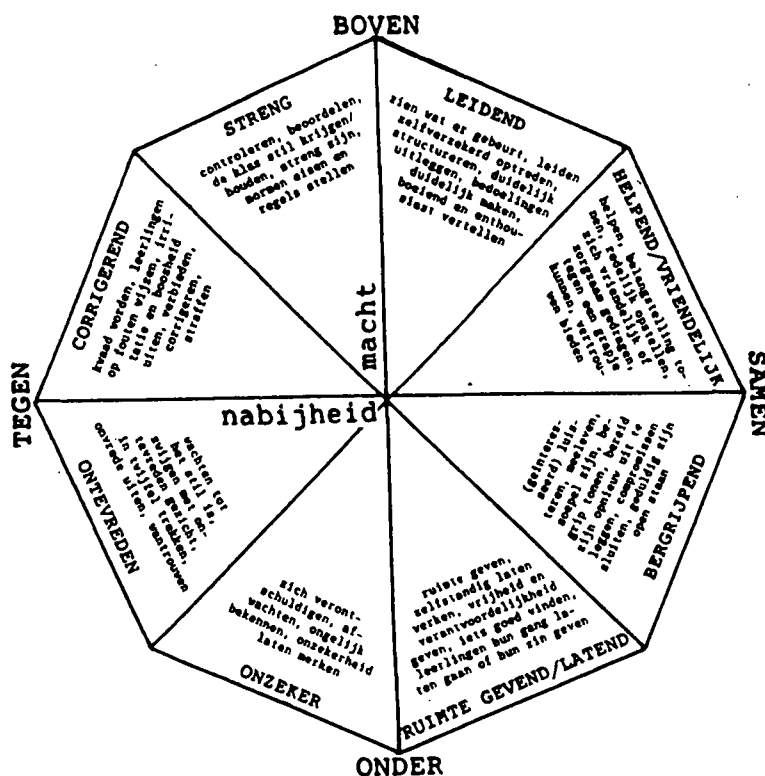


Fig. 1. Het model voor Interactioneel Leraarsgedrag.

de ogen van leerlingen niet sterk afhangt van de school en het schooltype waar hij lesgeeft. Ter vergelijking geven we in figuur 4 ook het gemiddelde beeld dat leerlingen hebben van 72 leraren over wie in het kader van het iSG-project de VIL is afgenomen. Deze leraren (voornamelijk deelnemers aan de werkgroepen 'leerlingenbegeleiding') lijken volgens leerlingen meer dan de gemiddelde leraar op de beste leraar.

Bezien we het gedrag van de 'gemiddelde leraar' dan valt op de relatief hoge score op de sectoren BS (leidend), SB (vriendelijk) en SO (begrijpend), terwijl vooral de scores op de sectoren OT (onzeker) en TO (ontevreden) laag zijn. Een dergelijk interactieplaatje met een hoger percentage Boven- en Samen-gedrag dan Onder- en Tegen-gedrag is kenmerkend voor het leraarsberoep. Dit hangt onder meer samen met het feit dat de leraar zich bevindt in de rol van deskundige tegenover lerende, van volwassene tegenover kind en in de rol van helper en stimulator.

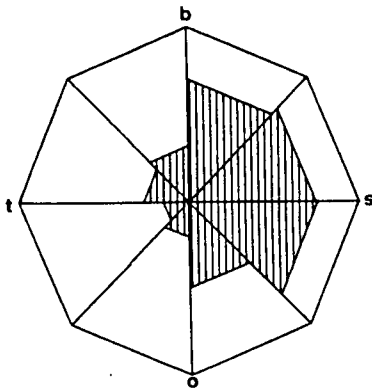


Fig. 2a. Beeld dat leerlingen hebben van hun beste leraar.

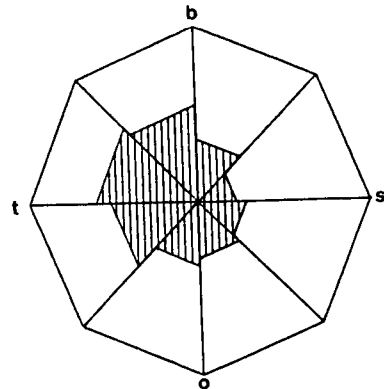


Fig. 2b. Beeld dat leerlingen hebben van hun slechtste leraar

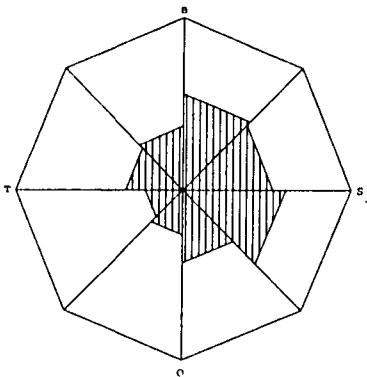


Fig. 3. Het interactioneel leraarsgedrag zoals dat gemiddeld door VWO-leerlingen wordt gezien.

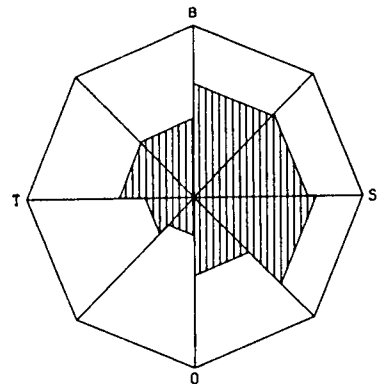


Fig. 4. Het interactioneel leraarsgedrag van 72 leraren uit de werkgroepen leerlingenbegeleiding van het ISG volgens leerlingen.

Ten aanzien van het gedrag dat leerlingen zien bij de beste leraar, kan worden opgemerkt dat dit sterke gelijkens vertoont met het gedrag dat leraren van de 'ideale' leraar verwachten. Zowel onder de beste leraren (in leerlingogen) als onder de ideale docenten volgens leraren, treffen we twee typen aan: een ruimtegevende en een duidelijkheid biedende leraar (zie fig. 5a en b).

Leraarsgedrag en onderwijseffecten

Bij natuurkundeleraren in de derde klas HAVO en MAVO blijken leerlingen hogere cognitieve prestaties te leveren naarmate leraren (volgens leerlingen) meer leidend (BS-) en streng (BT-) gedrag en minder onzeker (OT-) gedrag vertonen. Bij VWO-leraren is er vrijwel geen verband tussen cognitieve prestaties van leerlingen en het vertoonde leraarsgedrag. Het is goed voorspelbaar dat leerlingen die in het VWO terecht komen, minder afhankelijk zijn voor hun leren van het leraarsgedrag dan hun leeftijdgenoten op MAVO en HAVO.

De waardering voor de lessen en de motivatie voor het vak natuurkunde zijn groter naarmate leraren meer leiding geven of zich meer helpend, vriendelijk en begrijpend opstellen.

Daarentegen leidt een meer corrigerende of ontevreden opstelling van leraren ertoe dat leerlingen de lessen minder plezierig en interessant vinden. Tenslotte blijkt dat vooral bij MAVO-leraren de waardering voor lessen toeneemt wanneer de leraar minder streng en meer ruimte gevend optreedt.

Bezien vanuit de leraar blijkt leidend en onzeker gedrag dus de meeste invloed te hebben: Leidend gedrag gaat in positieve zin samen met leerprestaties, leswaardering en motivatie voor het vak. Onzeker gedrag heeft een negatieve invloed op deze effecten. Naarmate een leraar zich meer helpend/vriendelijk en begrijpend opstelt zal hij leerlingen met name tevredener over de lesatmosfeer weten te stemmen en hen gemotiveerd voor het vak weten te maken. Corrigerend en ontevreden gedrag heeft de tegenovergestelde invloed op leswaardering en motivatie.

Een interessant verschijnsel doet zich voor bij het strenge en ruimte gevende gedrag. Bij natuurkundeleraren op het MAVO gaat een strengere opstelling van de leraar samen met hogere cognitieve prestaties van leerlingen, maar tegelijkertijd ook met minder leswaardering en motivatie. Het tegenovergestelde gedrag (ruimte geven) levert minder leerwinst, maar weer meer plezier op bij leerlingen. Op HAVO en VWO komen dergelijke verbanden niet naar voren.

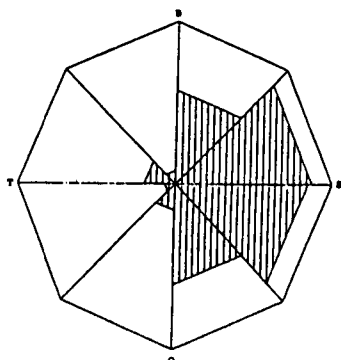


Fig. 5a. Het ruimtegevend ideaal.

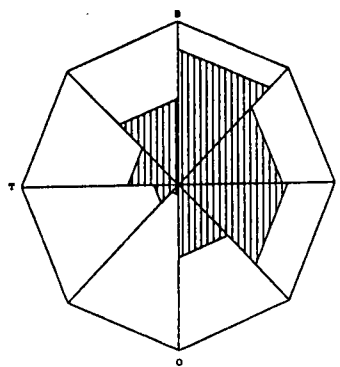


Fig. 5b. Het duidelijkheidbiedende ideaal.

Conclusie

Globaal gesproken kunnen we zeggen dat leidend, vriendelijk en begrijpend gedrag goed is om lesplezier te bevorderen, terwijl onzeker, ontevreden en corrigerend gedrag daarvoor slecht is. Cognitieve prestaties worden vooral bevorderd door leidend en streng gedrag en belemmerd door onzeker leraarsgedrag. Deze globale uitspraken kunnen per schooltype worden genuanceerd en worden aangevuld.

Ten aanzien van het VWO blijkt het leraarsgedrag wel invloed op de leswaardering en

motivatie te hebben, maar vrijwel niet op de cognitieve prestaties. Voor deze leraren blijkt de vraagstelling van dit artikel dus minder relevant. MAVO-leraren komen bij het strenge en ruimtegevend gedrag voor een dilemma te staan. Voor het verkrijgen van een hogere cognitieve opbrengst is een strengere en minder ruimtegevende opstelling dienstig. Om meer waardering van leerlingen voor de lessen en een hogere motivatie te krijgen moet de opstelling van de leraar juist in tegenovergestelde richting wijzigen. HAVO-leraren nemen een tussenpositie in ten opzichte van VWO- en MAVO-leraren.

Voor verder onderzoek is nog de vraag interessant hoe de besproken relaties in het LBO liggen.

Literatuur

Créton H.A. en Wubbels Th. (1984): Ordeproblemen bij beginnende leraren. Te bestellen door f 45,- over te maken op giro 5687839 t.n.v. Uitgeverij W.C.C. te Utrecht onder vermelding van "Ordeproblemen".

Bekelmans J.G.M., Wubbels Th. en Hooymayers H.P.: Interactioneel leraarsgedrag, curriculum en onderwijsopbrengsten. In: W.T. Nijhof en W. Warries (red.). De opbrengst van onderwijs en opleiding, Lisse: Swets en Zeitlinger (in druk).

Bruggencate G.C. en Pelgrum W.J.: Eerste uitkomsten van het internationale deel van de Second Science Study in Nederland. Paper gepresenteerd op de ORD 1985 te Enschede.

OVERTUIGEND UITLEGGEN: RATIONELE EN IRRATIONELE ASPECTEN

Drs. F.B. de Mink

Ik wil beginnen met herinneringen van twee oud-leerlingen aan hun natuurkundelessen. Het gaat om ervaringen van 20-30 jaar eerder:

"Ik herinner me de eerste les van een nieuwe leerkacht. De docent kwam binnen en zette een grote fles met knikers op zijn tafel. Hij nodigde ons uit om te raden hoeveel knikers er in zouden zitten. Een paar jongens riepen wat: ongeveer 50, misschien 30, waarschijnlijk zo'n 100. Hij vroeg om meer suggesties: 78, 56, 101, steeds meer leerlingen deden een poging. Het waren vooral de jongens



die er plezier in hadden een zeer groot of precies antwoord te geven, en ze schreeuwden om het hardst.

Ik vond het maar een rare vraag. Hoe kon je dat nou raden? Als ik me goed herinner deden de meeste meisjes niet mee.

Na enige tijd vroeg de docent om stilte. Ik herinner me dat hij met een soort ijzige glimlach, waaruit minachting voor ons sprak, het goede antwoord gaf. Hoe konden we zo dom zijn geweest om in zijn val te lopen. Daarna zei hij zo iets als:

"Jullie hebben zojuist een belangrijke les over natuurkunde geleerd. Vertrouw nooit zomaar op wat je ziet."

Nu, 30 jaar later, kan ik proberen te raden wat die docent in gedachten had toen hij dat zei. Misschien zag hij zichzelf als iemand die leerlingen uitnodigt voor een mysterieuze boeiende ontdekkingsreis in gebieden die niet met het blote oog zichtbaar zijn, maar die je alleen kunt ontdekken met behulp van wetenschappelijke methoden en instrumenten.

Maar als vijftienjarige kon ik die uitnodiging niet accepteren, of zelfs zien als uitnodiging.

Mijn beeld van mijzelf als iemand die kennis verzamelt was nogal vaag. Het was gebaseerd op het idee dat ik mijn eigen ervaring en wat ik zelf zag zou kunnen gebruiken om na te gaan of iets waar was. Deze docent zei eigenlijk dat zo'n idee fout is. Hij ontnam mij het belangrijkste idee over kennis en hij bood geen alternatief.

Ik herinner me dat ik me onmachtig voelde en bang. Ik heb een hekel gekregen aan die leerkracht en dat vak door zulke ervaringen. Ik deed toen het enige wat ik kon doen: ik liet het vak vallen, en sinds die tijd heb ik een hekel aan exacte vakken."

Een tweede oud-leerling vertelt een soortgelijk verhaal, met een tegenovergestelde uitwerking:

"Een docent bracht op een dag een grote kubus van karton de klas in. Hij zette hem neer voor zich op de tafel en vroeg de klas, wat dit was. Iedereen gaf daarop het volgens ons enig juiste antwoord: dat is een kubus. Hij vroeg toen wat een kubus eigenlijk is. We antwoorden hem dat een kubus zes gelijke vierkante zijkanten heeft. Toen vroeg hij ons hoe we wisten dat er zes gelijke vierkanten aan deze kubus zaten. Door er naar te kijken natuurlijk, zeiden wij. Maar hoe kun je dat nu weten, vroeg hij opnieuw, en wees op de zijden die voor ons onzichtbaar waren. Hij tilde hem op en wees ook naar de onderkant, die we natuurlijk niet gezien hadden.

Toen zei hij: "We kunnen niet naar alle vlakken van deze kubus tegelijk kijken. Dus we kunnen eigenlijk niet precies zien, wat jullie net het kenmerk van een kubus genoemd hebben. En toch heb je gelijk, je weet dat het een kubus is. Maar je weet dat niet omdat je ogen hebt en daarmee kijkt: je weet dat omdat je intelligentie hebt. Je bedenkt de zijkanten

die je niet kunt zien. Je gebruikt je verstand om de waarheid over kubussen te construeren." Door dat idee, ben ik laaiend enthousiast geworden. Misschien vind je dat gek, maar ik kwam thuis en vertelde mijn vriend, tot welke ontdekking ik was gekomen. Ik ben er niet zeker van dat hij dat begreep, en misschien begreep ik het zelf ook niet helemaal. Maar ik weet nog wat ik toen voelde: het was alsof ik er nu echt bij hoorde, over wetenschappelijke dingen kon gaan nadenken, of ik echt volwassen was geworden."

Beide herinneringen van deze oud-leerlingen gaan over de beperkingen van het waarnemingsvermogen: je kunt niet eenvoudig zien wat het geval is, bij de fles knickers en bij de kubus.

Bij de knickers leerden de leerlingen dat ze hun indrukken en zintuigen niet moeten vertrouwen.

Bij de kubus leerden de leerlingen dat ze op hun verstand konden vertrouwen.

In beide gevallen was het mogelijk voor de leerlingen om het antwoord te vinden op de gestelde vraag.

In het eerste geval, zouden ze kunnen tellen. Door er een raadspelletje van te maken, werd er een competitiefteer geschapen. Doordat de docent het antwoord wist, moesten ze vertrouwen op zijn kennis. Zijn autoriteit werd bevestigd door wat hij zei, hoe hij het onder woorden bracht en wat hij deed.

De les die deze docent wilde overbrengen, was dat je niet moet afgaan op je indrukken, of wat je ongeveer denkt te zien.

Dat veroorzaakte een gevoel dom te zijn en afhankelijk van een expert.

Bij de kubus, wist iedereen het antwoord: iedereen was gelijkwaardig en competent. De docent wilde dat iedereen werd aangemoedigd om het eigen gezonde verstand te gebruiken. Hij verschaftte de leerlingen het gevoel van zelfvertrouwen, door hen te laten zien dat ze dat al konden. Dat vermogen gebruikten ze zonder de hulp van ingewikkelde apparaten of zonder hulp van een docent.

De les die hij wilde overbrengen was, dat waarneming en ervaring alleen onvoldoende zijn: we gebruiken ons verstand en onze ideeën als we waarnemen. Door na te denken over wat je ziet, kun je er achter komen wat waar is en hoe de werkelijkheid in elkaar zit. Het was een les waarmee leerlingen meer zelfvertrouwen kunnen krijgen, in hun vermogens om kennis te verzamelen

Tot zover deze herinneringen.

Mijn achtergrond:

De rationele en irrationele aspecten van uitleggen, begrijpen en overtuigen is het onderwerp van deze inleiding.

Ik ben daarin geïnteresseerd om drie redenen:

Ten eerste: Ik werk aan het Onderwijskundig Centrum van de Universiteit Twente, waar veel uitgezocht is over leren problemen oplossen in exacte vakken. Dat is een rationele analyse van onderwijs en leerprocessen geweest. Van de vruchten wordt dankbaar gebruik gemaakt in het hoger beroepsonderwijs. We passen onze inzichten op gamma en alpha-vakken toe en dat blijkt zeer stimulerend te zijn. Toch probeert een aantal van ons grenzen te overschrijden van zo'n rationele analyse, maar we weten nog niet goed met welke modellen en begrippen. De verkenning die hierna volgt is een oriëntatie daarvoor.

Ten tweede worden we net als U met een vraag geconfronteerd:

wat kun je doen om exacte vakken meer aantrekkelijk te maken voor vrouwelijke studenten. Misschien dat we in de niet-rationele gebieden, waaronder gevoelens en gewaarwordingen ingangen vinden voor deze vraag. Door mijn betoog heen, U zult regelmatig met voorbeelden en onderzoeksresultaten horen over verschillen tussen jongens en meisjes. De conferentie-leiding heeft de sprekers gevraagd hieraan aandacht te besteden, dus wil ik daaraan graag voldoen.

De derde reden voor mijn interesse in dit onderwerp is dat docenten aan de universiteit bij ons cursussen komen volgen in hoorcollege geven. Dat is waarschijnlijk ook de reden dat de organisatoren van deze conferentie mij hebben gevraagd hier vanuit mijn ervaringen een bijdrage te leveren. De docenten die zo'n cursus volgen staan drie dagen te oefenen voor de camera en analyseren hun manier van uitleggen. Door dat werk heb ik de ervaring opgedaan dat docenten die zo'n cursus nog niet volgden te veel kijken naar wát ze zeggen en niet naar de manier waarop. Dat ze de inhoud en de rationele aspecten van een les het belangrijkste vinden, en de vorm en de niet-rationele effecten op de tweede plaats zetten. Na zo'n cursus komen docenten vaak tot de tegenovergestelde opvatting.

Hierna volgt een drieluik:

1. Het eerste paneel gaat over **communicatie** tussen mensen.
Hoe komt het dat we elkaar vaak zo slecht begrijpen? Wat is er in de les aan de hand als we iets uitleggen?
2. Daarna volgt een uiteenzetting over de ontwikkeling in stadia van het **denken** van de leerling over **kennis**: dus wat is waar/onwaar, en hoe dat verandert naar mate mensen groeien. We zullen daarin een aantal belemmeringen herkennen die in onze lessen leiden tot botsingen tussen onze doelstellingen als natuurkunde-leraar en het ontwikkelingsstadium van de leerling.
3. Daarna volgt een betoog over **overtuigen**, mede gebaseerd op inzichten uit argumentatieleer en retorica: door welke niet-rationele elementen blijken we ons te laten overtuigen? U zult niet alle reclame en manipulatie technieken willen en kunnen hanteren, maar U kunt zien waar we tegenin moeten knokken.

In dit verhaal zal ik vooral nadruk leggen op wat rationele en niet-rationele aspecten gezamenlijk teweeg brengen, en in sommige delen vooral aandacht vragen voor de niet-rationele aspecten, omdat die mogelijk onderschat worden.

1. Een opvatting over communiceren en uitleggen

Een model voor communicatie:

Bij communicatie tussen mensen kun je drie kanalen onderscheiden waarlangs tegelijk informatie loopt:

1. het inhoudelijke kanaal (wat er wordt gezegd),
2. het para-linguïstische kanaal (hoe het wordt gezegd: tempo, harheid, stiltes) en
3. het nonverbale kanaal (gebaren, houding, gezichtsuitdrukking).

Deze drie kanalen kunnen elk op zich, zeer veelzeggende informatie doorgeven. Boodschappen die U heeft zullen, bewust of onbewust, lopen langs die drie kanalen, in dit model. Elk kanaal zou een verschillende boodschap kunnen doorgeven. Je zou die kanalen kunnen bestuderen door:

1. uit te schrijven wat iemand heeft gezegd: lesprotocollen. Je hebt dan alleen het inhoudelijke kanaal.
2. een audio-bandopname te beluisteren, dan heb je het inhoudelijke en para-linguïstische kanaal samen.
3. een video-opname en het geluid afzetten, en je hebt het nonverbale kanaal.

Hoe ontstaan misverstanden?

Nu zijn er vijf axioma's in de theorie van de pragmatische aspecten van communicatie die adequaat verklaren waarom er zoveel niet begrepen wordt, en waarom door praten zoveel misverstanden ontstaan. Deze axioma's volgen hieronder met voorbeelden van boodschappen:

1. er is altijd iemand die domineert (op een bepaald moment);
Misschien denkt U dat de docent de baas is, als hij tenminste orde heeft. Als docent kun je echter ook ervaren dat je eigen gedrag, bijvoorbeeld wat je uitlegt, sterk bepaalt kan worden door een paar leerlingen. Dus het is niet altijd de spreker die de boodschappen bepaalt.
2. het meeste gaat nonverbaal;
misschien straalt een leerkracht uit:
 - jullie zijn een goede klas.
 - deze stof vind ik altijd erg leuk om te vertellen.
3. elke boodschap bevat een relatie-wens;
iemand die uitlegt zegt in de boodschappen waarschijnlijk ook:
 - je moet naar me luisteren als je dit te weten wilt komen.
 Als leerlingen U aankijken, spreekt daaruit een verwachting over hoe zij willen dat U hen behandelt.
4. boodschappen zijn onvolledig, onduidelijk en spreken elkaar vaak tegen:
Hoe vaak gebeurt het niet dat we iets hebben uitgelegd, en we vinden daarvan niets terug. Leerkrachten herhalen vaak, en terecht.
Als we zeggen: "zijn er nog vragen?", kan onze houding of toon als boodschap doorgeven: "ik heb het zo duidelijk uitgelegd, dat ik verwacht dat nu iedereen het begrijpt." En dan blijft het om die reden stil.
5. elke zin en elk woord heeft veel betekenissen;
 - woorden als: druk, lichaam, energie, spanning, stroom, enz. worden voor zoveel situaties gebruikt in het dagelijks leven.
 Tot zover deze aannamen, die je vanzelfsprekend en onbewezen kunt noemen; daarvoor zijn het axioma's. Ze kunnen natuurlijk vervangen worden door andere.

Verschillen m/v.

Bij deze axioma's zou ik iets willen opmerken over jongens-meisjes-verschillen.

1. Dominantie: In klessediscussies zijn het veelal de jongens die domineren en het meeste de aandacht opeisen. Ze moeten voortdurend in toom gehouden worden. Ze vallen het meest op. Ze onderbreken vaker dan meisjes het gesprek.
2. Nonverbaal: Uit onderzoek naar docent-gedrag blijkt dat we jongens nonverbaal volstrekt anders benaderen dan meisjes.
3. Relatie-wens: Uit onderzoek blijkt dat leerkrachten naar meisjes vaker doorseinen: als je iets niet begrijpt, wil ik je wel helpen. Naar jongens daarentegen laten we vaker weten: doe een beetje beter je best, je kunt het zelf, als je je inspant.
Evenzo kun je stellen dat meisjes in hun gedrag vragen om hulp, terwijl dat zich lijken te generen voor hulp.
4. Onduidelijke boodschappen: Een onbedoelde, maar vaak doorgegeven boodschap in natuurkunde-lessen kan zijn: natuurkunde is niets voor meisjes. Het kan zijn dat U dat uitstraalt. U bent in meer dan 90% van de gevallen een man. En alleen al dat feit houdt een boodschap in. Ook al probeert U in Uw woorden het tegenovergestelde te zeggen.
Daarbij komt natuurlijk dat ook leerlingen onder elkaar die boodschap doorgeven.
5. Dat woorden iets anders betekenen, weten jongens heel goed als ze in de begrippen die ook naar seksualiteit kunnen verwijzen, voortdurend aanleiding zien om daarop toespelingen te maken: lichaam, aantrekkingskracht, heet worden, enz. Toen ik een jaar of vijftien was, bracht een groot deel van de dag door met daarop toespelingen maken.

We zullen in het twee deel zien welke gevolgen dit onderscheid in behandeling heeft voor het denkproces bij jongens en bij meisjes.

De voorbeelden en illustraties bij elk axioma zijn niet uitsluitend bij dat axioma te plaatsen, maar passen bij situaties die mij voor de geest staan. Ik hoop dat ze verduidelijken, maar ik ben daar niet zeker van, omdat de sociale werkelijkheid, net als de natuurwetenschappelijke

werkelijkheid, zich niet in één model laat vangen.

Ik vind het model erg stimulerend vanwege de overzichtelijkheid en eenvoud. Dat zijn vaak doorslaggevende redenen geweest om bij rivaliserende modellen een bepaald fysisch model verlopig te accepteren.

Stoppen met uitleggen?

Als deze theorie er eerder was geweest dan ons onderwijssysteem, dan zouden we nooit het beroep van leerkracht hebben uitgevonden. U heeft een zeer moeilijk beroep, dat onvoldoende maatschappelijke waardering krijgt. Het mag een wonder heten, dat U nog zoveel succes heeft, en dat ligt waarschijnlijk aan Uw vermogen om met alle beschikbare middelen leerlingen aan het werk te zetten.

Als docent merk je pas hoe beperkt je mogelijkheden zijn en wat er allemaal gebeurt langs die kanalen, als je er toe komt een analyse met een video-camera te maken. In universitair onderwijs worden docenten soms getraind in hoorcolleges geven. Na zulke cursussen stappen ze vaak af van die werkvorm, of ze maken er meer spaarzaam gebruik van. Als reden geven ze dan, wat U allen tijdens Uw studie waarschijnlijk ook hebt ervaren, dat een uitleg aanhoren nog iets anders is dan een leerproces bevorderen.

Paradox.

Daar zit een bekende paradox in: als je iets heel goed uitlegt, krijgt iedereen het gevoel alles te hebben begrepen, wat later bij het zelf toepassen vaak wordt afgestraft. Als het gehoor één en ander als nogal lastig ervaart, zullen met name de leerlingen met zelfvertrouwen geneigd zijn zelf aan de slag te gaan om alles op een rij te zetten.

Samengevat vijf conclusies:

- misverstanden en misconcepties horen bij elke communicatie, dus ook bij uitleggen in de klas.
- zwijgende leerlingen, met name na onze vraag: hebben jullie het begrepen, seinen ook boodschappen uit, die we moeten zien te achterhalen.
- analyse van band-opnamen van onze uitleg, kan ons tot bescheidenheid en verbetering brengen.
- de boodschappen die we onbedoeld uitzenden in toon en houding, verdienen onze extra aandacht; dus vraag uw leerlingen, een collega of stageaire om reacties.
- meisjes krijgen volstrekt andere boodschappen te horen: omdat onze boodschappen dubbelzinnig en onduidelijk zijn, en omdat we hen anders benaderen.

We hebben nu van uit de docent gekeken naar de boodschappen die de klas ingaan. Maar hoe worden die ontvangen? Wat verwachten leerlingen? Hoe leren ze, hoe kijken ze aan tegen wat de docent doet? Daarover gaat het tweede paneel van het drieluik.

2. Denken over kennis

Hoe ontwikkelt zich het denken over kennis bij leerlingen?

Uit recent onderzoek naar opvattingen over kennis en leren bij meer dan honderd vrouwen en meisjes is een aantal stadia gevonden die vrouwen doorlopen. Twintig jaar eerder was dat al eens voor studierend jongens uitgezocht. De twee herinneringen aan natuurkunde-lessen waarmee ik ben begonnen zijn uit dat soort onderzoek afkomstig.

In het kort komt het hier op neer:

In het eerste stadium is kennis iets wat je van een docent krijgt.

Denkers in het tweede stadium vinden dat kennis voor iedereen iets anders is.

In het derde stadium wordt geaccepteerd dat waarneming en bewijsvoering nodig zijn om tot een goed oordeel te komen.

In het vierde stadium realiseer je je dat je zelf kennis construeert, dat je uitgangspunten moet kiezen en daarvoor verantwoordelijk bent.

Ik ga hierna op elk stadium wat dieper in, geef verschillen tussen jongens en meisjes aan, en haal de natuurkundeles erbij.

Stadium 1. Weten door luisteren (received knowledge)

Kennis is voor leerlingen in dit stadium iets wat je ontvangt van iemand die het weet. Ze leren door te luisteren.

De ideeën en idealen die ze horen in de woorden van anderen zijn concreet en dualistisch: dingen zijn goed of slecht, waar of niet waar, wit of zwart. Zelf zeggen ze weinig, of ze praten de docenten na.

Vragen hebben voor hen éénduidige antwoorden.

Ze zijn niet in staat uit eigen ervaringen of door nadenken, feiten en ideeën te bedenken.

Wat in boeken staat, is voor hen waar.

Ze komen er niet toe om zelf conclusies te trekken dan wel een mening of oordeel te geven.

Ze hebben behoefte aan het goede antwoord. Niet aan argumenten, een redenering. Zelfs niet aan feiten, of eigen ervaring. Ze hebben een grenzeloos vertrouwen hebben in iemand die het weten kan.

Ze hebben er geen behoefte aan om te worden overtuigd. Als ze iets denken te begrijpen, zullen ze het letterlijk proberen te herhalen in de woorden van de leerkracht.

Jongens in zo'n stadium vereenzelvigen zich eerder met de mannelijke autoriteit, en praten hen zo vaak als dat maar kan na.

Voor meisjes gaat het om kennis van "die anderen", en ze komen er minder toe die kennis onder woorden te brengen.

Het lijkt mij moeilijk om aan leerlingen in dit stadium de rol van experimenteren uit te leggen. Waarschijnlijk vinden zij proeven doen tijdsverspilling, of alleen maar leuk voor de afwisseling.

"Waarom legt U het niet gewoon uit?" hoor ik ze nog vragen.

Of: "Dat heeft U niet behandeld, dat kunnen we niet weten," verweten ze mij als ik in een repetitie een eenvoudige toepassing vroeg die niet was behandeld in de les. Een demonstratie-experiment zal in dit stadium wel aanslaan, maar dan moet U wel precies vertellen wat er gebeurt, en wat ze daarvan moeten kennen. Ze vertrouwen niet op hun eigen ervaringen. Ze zijn nog niet goed in staat conclusies te trekken uit waarnemingen en metingen. Leerlingen in dit stadium zijn één en al oor, bij Uw uitleg. Ze kunnen een uitleg of waarneming ook meestal niet in eigen woorden opschrijven.

Maar zodra het op zelf doen aankomt in een proef of opgave, haken ze af. Bij het maken van een nieuwe opgave, gaan ze niet zelf uitzoeken, wat ze moeten doen. Als de methode op een bladzijde terug staat, zul je ze daar op moeten wijzen.

Meisjes voelen zich in dit stadium onzeker om initiatief te nemen.

Ze willen voortdurend weten of ze het goed doen. En ze vragen na een meting: is het goed wat ik er uit heb? Alsof niet om een meting gaat maar om een som, met een goed of fout antwoord.

Jongens in dit stadium gaan, eerder aan de gang. Ze vinden dat ze dat moeten kunnen, net als de docent. Zonder systeem of plan, zonder achterliggende redenering, kunnen ze met proefjes bezig zijn of aan het rekenen slaan.

Ze zijn tevreden met een gevonden antwoord, zonder het te controleren. Ze zullen niet gauw bekennen dat ze iets fout gedaan hebben, want ze identificeren zich met degene die het weet. Hoewel jongens spelen dat ze beter in natuurkunde zijn, is dat volgens meisjes niet zomaar het geval.

Stadium 2: Kennis is willekeurig (subjective knowledge)

Kennis is in dit stadium persoonlijk en willekeurig. Inzichten en keuzes komen in een flits.

Leerlingen in dit stadium houden niet van onzekerheden. Iets is waar als het voor hen werkt. Maar ze zien wel dat er niet altijd één antwoord mogelijk is.

Leerlingen worden nu hun eigen autoriteit. We noemen dat misschien: eigennuttig, niet voor rede vatbaar, puber-gedrag. (Maar het komt natuurlijk ook bij volwassenen voor.)

Ze hebben een hekel aan logica, analyse, abstractie en ook aan taal.

Ze zeggen nu dat ze het meeste leren van kijken naar zichzelf of kijken naar anderen.

De meeste meisjes en vrouwen in dit stadium wijzen wetenschap en wetenschappers af. Ze vertrouwen meer op hun intuïtie en persoonlijke ervaringen.

Jongens in een soortgelijk stadium treden sterk naar buiten. Zodra zij ontdekken dat er twee waarheden zijn, proberen ze het niet veel voorkomende standpunt uit door er een debat over aan te gaan. Ze zijn op winnen uit en kijken nog niet erg naar de argumenten.

Meisjes nemen aan zulke gesprekken meestal niet deel. Ze zijn vaker bang om afstand te scheppen, ook bang voor kritiek, en houden hun mening voor zich.

Als U met leerlingen in dit stadium praat over alledaagse ervaringen, kunnen ze enthousiast meedoen. Meisjes zullen vaker beheerst worden door angst voor gevaarlijke dingen (electriciteit). Jongens voelen die angst misschien ook, maar tonen eerder bravour-gedrag; dus ze proberen die angst te ontkennen, zoals past bij hun mannenrol.

Meisjes in dit stadium zullen onze uitleg langs zich heen laten gaan, als die niet aansluit bij hun eigen inzichten en ervaringen.

Ik denk dat U in dit stadium nog niet met hypothesen en modellen kunt aankomen. Hypothetisch deductief denken om tot een theorie of model te komen zullen ze verwerpen.

Ik denk nu achteraf dat ik toen ik voor de tweede klassen, tien jaar geleden, het molecuulmodel en de daarbij horende hypothesen behandelde zoals Schweers en Van Vianen dat aangaven, eigenlijk onbegonnen werk deed.

Stadium 3: Weten is relatief (procedural knowledge)

In dit stadium worden leerlingen (studenten) zich er van bewust dat er weinig gebieden zijn waarover iets met zekerheid te zeggen is. Ze hebben nu sterk aandacht voor manieren om tot kennis te komen. Ze zien nu in dat doordenking, analyse en redeneren nodig zijn om na te gaan of iets waar is.

Tot kennis kom je in dit stadium door je goed in te leven in de persoon of situatie, of door goed afstand te nemen en objectief te kijken. Leerlingen zijn nu meer geneigd onzekerheden te accepteren. Ze zien dat een mening afhangt van het perspectief dat je inneemt. Ze voelen zich nog niet in staat om de verantwoordelijkheid voor hun eigen mening te dragen. Dat kun je merken in ontwijkende antwoorden als je naar hun mening vraagt: het hangt er van.

Ze staan meer open voor opvattingen van anderen, voor de wereld: sommige dingen zijn meer waar dan anderen en waarheid kun je uitwisselen.

Jongens in dit stadium proberen in gesprekken alle standpunten omver te krijgen. Met hun vragen testen ze de argumenten. Ze denken vooral relativistisch: het hangt er van af, zonder daarin zelf een standpunt in te nemen. Jongens komen sneller met hun oordeel, terwijl voor meisjes het juist gaat om goed inleven en luisteren. Meisjes aarzelen meer om hun mening onder woorden te brengen.

In natuurkunde-lessen van de hogere klassen zijn het waarschijnlijk de leerlingen die uit zichzelf een redenering of bewijsvoering helemaal nagaan.

Ik citeer uit een interview met het meisje dat als hoogste eindigde in de Natuurkunde Olympiade:

"Ik vind het bij practicum leuk om precies te werken en na te denken over wat er allemaal aan de hand kan zijn. Ik wilde het graag helemaal goed doen. Niet om de hoge cijfers, maar gewoon omdat ik het graag wilde snappen, wilde weten, omdat het me interesseerde. Veranderlijke stromen was minder grijpbaar. In het boekje leken de verklaringen in feite gezocht bij de uitkomst die ze wilden hebben. Exacte vakken zijn leuk omdat het klopt. Als iets helemaal klopt vind ik het heel leuk."

Bij natuurkunde en samenlevingsonderwerpen zouden leerlingen in dit stadium weliswaar redeneringen kunnen analyseren, maar wel eens moeite kunnen hebben hun eigen standpunt te formuleren.

Pas in dit stadium zullen leerlingen waarschijnlijk bereid zijn het belang van experimentele toetsing van modellen te accepteren. Ze zien nu het nut van een foutenbeschouwing in. Daarvoor deden ze dat wel braaf, maar niet omdat ze dat echt inzagen.

Stadium 4: Kennis maak je zelf (constructed knowledge)

Dit stadium zullen we waarschijnlijk nog niet bij middelbare school leerlingen vinden, maar wordt voor de volledigheid kort weergegeven.

Het gaat in dit stadium om de wens om persoonlijke, intuïtieve kennis te integreren met kennis van buiten, van anderen. Het gaat hier om de combinatie van gevoel en verstand, van objectief en subjectief weten. Volgens mensen in dit stadium is alle kennis geconstrueerd, en degene die iets weet is innerlijk verbonden met datgene wat geweten wordt.

Ook hier geldt: Wat waar is, hangt er van af. Maar nu volgt een toelichting en een eigen standpunt. Theorieën zijn niet meer waar of onwaar, maar het zijn modellen die de werkelijkheid benaderen. Omdat men in dit stadium erkent dat kennis relatief is, voelt men zich zelf verantwoordelijk voor onderzoeken, vragen stellen en ontwikkelen van eigen gedachten-gangen van waaruit je tot kennis kunt komen.

Tegenspraak en twijfel zijn nu een uitdaging. Ze beseffen dat er geen eenvoudige antwoorden mogelijk zijn. Er is een ongebreidelde behoefte om kennis te verwerven, en die te gebruiken voor het welzijn van mensen.

Mannen in een soortgelijk stadium zijn vooral met hun carrière bezig, dus met de vraag: wat kunnen zij doen, met hun mogelijkheden.

Voor vrouwen gaat het om integreren van verschillende rollen en afstemming van hun mogelijkheden op het bouwen aan een mensgerichte wereld.

Ik citeer weer uit het interview: "Ik wil letten op de doelstellingen van onderzoek waaraan ik werk. Het moet iets goeds zijn, niet in de cosmetica en niet bij een bedrijf dat niet let op het milieu.

Tot zover de beschrijving van de stadia.

Als we aan zouden nemen dat deze stadium-theorie tot dezelfde soort conclusies leidt voor onderwijs als bijvoorbeeld de ontwikkelingstheorieën over morele en sociale ontwikkeling dan kunnen we naar analogie enige lijnen proberen door te trekken. We zouden hieruit dan het volgende kunnen halen als suggesties voor in de natuurkunde-les:

Suggesties:

1. Ga na in welk stadium Uw leerlingen zich bevinden door met hen te praten over wanneer iets waar of onwaar is, wat ze doen als ze iets ongeloofwaardigs horen. Wat vinden ze van het Zwarte Gat, de Veronica-uitzending over bovenaardse zaken?
2. Sluit aan bij de stadia waarin ze denken. Omdat er altijd verschillende stadia in een klas zullen zitten, kun je ook zeggen vermijd te hoge stadia. Of Uw redenering vinden ze niet overtuigend.
3. Daag Uw leerlingen uit met redeneringen van één stadium hoger. Als we overgang naar een volgend stadium willen bevorderen, kunnen we in onze uitleg en vragen proberen de gedachtesprong te maken van één stadium naar het volgende.
Van 1 naar 2 en van 2 naar 3.
4. Laat leerlingen kiezen uit opdrachten. Zorg voor gesloten opdrachten (recepten) en open opdrachten. Varieer toepassing van begrippen en principes met ontdekken van begrippen en principes.
5. Wissel praktikum en theorie af. Vroeger werden experimenten vaak gebruikt om een theorie te verduidelijken, en kwamen na een uitleg. Daarna is het mode geworden om zoveel mogelijk theorie uit experimenten tot laten voortkomen. De eerte manier past meer bij lagere stadia, de tweede bij hogere. Dat wil zeggen dat die tweede manier waarschijnlijk doel mist in de lagere klassen.
6. Begin met ervaringen. Voor elk stadium heeft de eigen ervaring, een andere betekenis voor het verwerven van kennis. In het eerste stadium is een ervaring nog geen bewijs, maar kan dat door de bevestiging van de docent wel worden. In het tweede stadium kan een eigen ervaring veel belangrijker zijn om fysische begrippen aan op te hangen. Je kunt er niet meer langs, als leerlingen iets anders menen te zien, dan de theorie suggereert.

7. Verschaf zekerheid en zelfvertrouwen. In de stadia zit besloten hoe kennis vergaren verbonden is aan identiteitsbesef. In sommige uitlatingen kunnen we zelfvertrouwen onbedoeld ondermijnen, zoals geïllustreerd in de herinneringen van leerlingen waarmee ik ben begonnen.
8. Laat doorvertellen. Onder woorden brengen van nieuwe kennis heeft effect op zelfbeeld en kennisbesef. Verzin oefeningen waarbij een deel van de leerlingen extra kennis krijgen die ze moeten doorgeven aan de anderen in hun groep.
9. Bevorder transfer, gebruik kennisdilemma's. Als we vinden dat natuurwetenschappelijke methoden een algemeen vormende functie hebben, zullen we er niet van uit kunnen gaan dat leerlingen onze methode vanzelf toepassen op andere gebieden van het leven. Een kennisdilemma vraagt leerlingen een keuze te maken uit twee elkaar tegensprekende claims op de waarheid. De redenen voor hun keuze moeten worden uitgewisseld, om de grenzen van het denken in een stadium uit te dagen.
10. Houd rekening met verschil j/m. Bij elk stadium zijn enkele opmerkingen gemaakt over verschillen tussen jongens en meisjes. Mijn keuze zou zijn om die verschillen niet te accentueren, omdat ze ongelijke kansen tussen mannen en vrouwen in onze maatschappij versterken. Je zou meisjes moeten aanmoedigen met elkaar te werken in een praktikum proef, aan opdrachten die je hebt verzonnen op jongensgedrag uit te lokken.

Tot zover het tweede paneel.

Twee conclusies uit de eerste twee luiken:

1. We sluiten niet goed aan in de natuurkundeles bij het kennisbesef van jongens en meisjes.
2. Vooral door onze niet bewust uitgezonden boodschappen belemmeren we de ontwikkeling van het kennisbesef bij leerlingen.

Nu over naar truiks om leerlingen te overtuigen. Met andere woorden: Hoe geef je ze het gevoel dat ze iets begrepen hebben?

3. Hoe overtuig je?

(de niet-rationele aspecten)

In de klas ben je vaak door je uitleg aan het proberen om leerlingen van iets te overtuigen. Misschien is begrijpen, of het gevoel iets begrepen te hebben wel vooral: overtuigd zijn.

Dat wil zeggen niet alleen de logische structuur, en de kwaliteit van de argumenten is doorslaggevend. Bij het gevoel overtuigd te worden, spelen veel meer beïnvloedingskanalen een rol dan alleen het inhoudelijke. Terwijl door het inhoudelijke kanaal, ook de niet rationele elementen wel eens doorslaggevend zouden kunnen zijn.

Hieronder gaan we na of er suggesties in argumentatie, retorica en reclame- en marketing-technieken te vinden zijn, die zich lenen voor toepassing in de klas.

In de argumentatie wordt veel nadruk gelegd op de rationele argumenten en de fouten die daartegen gemaakt kunnen worden. In de rethorica, zoals te vinden bij Perelman vinden meer aandacht voor de praktijk van het niet-formele redeneren, met name ook op de overtuigingskracht van hetgeen je zegt.

Reclame maken lijkt voor de buitenstaander geheel te zijn gebaseerd op gebruik (sommigen zeggen misbruik) van irrationele beïnvloeding. Het doel is verkopen, en dat staat voorop. De potentiële klanten moeten zich identificeren met het produkt, moeten worden enthousiast gemaakt, ze moeten de noodzaak van de aanschaf van het produkt zien. Daar wordt voor de oppervlakkige buitenstaander de psychologie op zijn smalst toegepast.

Hieronder zullen we deze inzichten in drie gebieden presenteren:

- a. Hoe kun je in de argumentatie-vorm overtuigen?
- b. Hoe kun je door de plaatsing van je argumenten overtuigen?
- c. Hoe kun je door je relatie met de groep overtuigen?

a. Hoe overtuig je in de argumentatie?

1. Problematiseer.

Zorg dat het gehoor een probleem ervaart. Ga niet zo maar iets uitleggen. Een uitleg overtuigt eerder als die wordt ervaren als een antwoord op een probleem. In universitair onderwijs, met name hoorcolleges, komt het nogal eens voor dat docenten dit vergeten. Voor hen is een theorie een zinnig antwoord op bepaalde problemen. Maar ze vergeten vaak de studenten eerst bekend te maken met die problemen.

Reclame maakt gebruik van deze techniek. De campagne Kies Exact lijkt bij leerlingen het besef te willen bijbrengen dat je zonder exacte vakken een groot probleem zult ervaren. Wij weten allemaal dat dit fabeltje uitsluitend door het onderwijssysteem wordt hooggehouden. We kennen allemaal zeer gelukkige en zelfs maatschappelijke geslaagde mensen die geen exacte vakken hebben gehad. Verder weten we zeer goed dat de meeste schoolse kennis in exacte vakken volstrekt irrelevant is voor het echte leven.

Toch weet zo'n campagne de indruk te wekken, net zoals reclame voor een nieuw soort vierkante tv U zal proberen aan te praten dat er iets niet goed is met Uw oude tv.

Zoiets hebben we ook nodig op kleinere schaal. Uw leerlingen zouden moeten ervaren dat elke les antwoorden geeft op voor hen relevante problemen.

2. Vereenvoudig.

Een redenering is meer overtuigend naarmate ze eenvoudiger is. Dat geldt natuurlijk niet voor U, maar verder wel voor ieder ander in deze zaal. Als ik het te ingewikkeld heb gemaakt, dan ben ik minder overtuigend. Ook al is de werkelijkheid daarmee geweld aangedaan! Want U weet, dat het meestal niet eenvoudig in elkaar zit.

In de retorica gebruikt men het begrip: dissociatie, het uit elkaar halen van iets dat voorheen als een geheel werd beschouwd. Zoiets gebruik je bijvoorbeeld als je een onverenigbare tegenstelling tegenkomt. Je zou dan kunnen spreken over het begrippenpaar: schijn-werkelijkheid. In de natuurkundeles kun je dat gebruiken als je probeert uit te leggen wat er aan de hand is, als je een stok gedeeltelijk in het water steekt, en het voor de waarnemer lijkt alsof die gebroken is. Om dat begrijpelijk te maken, kan de waarnemer het begrippenpaar schijnwerkelijkheid invoeren.

Het aardige van dissociaties is, dat ze problemen oplossen, maar ook nieuwe problemen scheppen. Het gaat bij onderscheiden immers niet om twee verschillende dingen die te scheiden zijn. Zo zijn de meeste filosofische begrippenparen, die nodig waren voor een bepaald probleem, tegelijk oorzaak van nieuwe verwarringen:

denk eens aan de volgende dissociaties: theorie-praktijk, gevoel-verstand, vorm-inhoud, middel-doel, natuur-cultuur, mannelijk-vrouwelijk, enz. Heeft U ooit het één gezien zonder het andere? Het zijn gemaakte tegenstellingen, die ons helpen om de werkelijkheid te ordenen, of voor anderen overzichtelijk te maken (dat is immers overtuigen).

Een ander voorbeeld van dissociatie: We moeten bij de invoering van natuurkundige begrippen de leerlingen nadrukkelijk wijzen op de natuurkundige betekenis van een begrip, als het ware geplaatst tegenover de alledaagse betekenis. Bij de invoering van het begrip druk, schreef ik dat altijd met hoofdletters op het bord om leerlingen te leren wennen aan de nieuwe betekenis.

3. Schematiseer.

Een verdergaande vereenvoudig kan neerkomen op het gebruik van schema's, een verzameling van begrippen in onderling verband met elkaar gebracht, of een serie stappen die je moet doorlopen.

Het kan bij schema's gaan om een verband tussen begrippen dat gewoonlijk niet wordt gezien. Als tegenstelling met de vorige aanbeveling wordt dit in de retorica genoemd: associatie, het bijeenbrengen van elementen die tevoren nog los van elkaar stonden.

In natuurkundelessen over fase-overgangen zullen we bijvoorbeeld bepaalde veranderingen in materie die voor een oppervlakkige kijker niet veel overeenkomst vertonen, kunnen associëren en tot het begrip stollen of smelten komen. Daarvoor is een overzichtelijke rangschikking nodig, welke in een schema kan worden aangeboden.

Zo zullen we ook geneigd zijn om onze leerlingen in schema overeenkomsten te laten zien van golven in materie, van licht en geluid. Pas in schema worden de overeenkomsten over-

zichtelijk en daarmee overtuigend.

Van een schema gaat pas overtuigingskracht uit als het overzichtelijk is. Je kunt zowel overeenkomsten als verschillen in schema's accentueren.

4. Metafoor.

Gebruik een beeld, een plaatje om iets overtuigend en begrijpelijk uit te leggen. Een metafoor is pas overtuigend als makkelijk de overeenkomst is in te zien tussen het beeld en datgene wat je wilt uitleggen, en als het beeld bekender en vertrouwder is, dan wat je wilt uitleggen.

Deze vorm van associeren of verbinden komen we in de reclame veel tegen: een produkt wordt gekoppeld aan een beeld, en sfeer die wordt uitgestraald door een situatie, en dat kan op de tv of een foto zijn. Bij een metafoor gaat het om een totaliteit, een gevoelsassociatie.

Als we in de natuurkundeles atomen en moleculen balletjes noemen, gebruiken we een metafoor. Misschien denkt de leerling aan eigenschappen van balletjes, die we niet nodig hebben: de elasticiteit, ondoordringbaarheid voor licht, de ronde vorm, enz. Elke metafoor kan ook misvattingen veroorzaken die we bij een volgende verfijning van het model moeten zien kwijt te raken.

5. Personificatie.

Een bijzondere vorm van een metafoor is die waarin menselijke kenmerken worden ingevoerd om iets uit te leggen. Soms doen we dat per ongeluk: electronen "willen" een bepaalde kant op. Zodra leerlingen zich kunnen voorstellen dat er ergens een klein mensje zit met althans enkele menselijke eigenschappen, zullen zij alleen al daardoor eerder overtuigd kunnen raken. Misschien zegt U, ten onrechte, maar dat zou je van elk van deze niet-rationele overtuigingstechnieken kunnen zeggen. Dat het werkt heeft U waarschijnlijk al eens ervaren. Met name geboeid en gebiologeerd raken zou je kunnen teweeg brengen met behulp van de inbreng van menselijke kenmerken bij alles wat beweegt in micro- of macro-cosmos.

Redenaars en tekenaars gebruiken personificaties als ze een land, een politiek of visie voorstellen met menselijke kenmerken, om daarmee hun instemming of kritiek scherper en dus overtuigender neer te zetten.

6. Analogie.

Beide voorgaande toepassingen maken gebruik van verzonnen overeenkomsten en zijn bijzonder vormen van analogiën. In de natuurkundeles hebben we vaak iets op aanschouwelijk nivo uitgelegd, en kunnen dat later gebruiken, om iets uit te leggen dat niet te aanschouwen valt, door een overeenkomst te postuleren.

Zo kun je in natuurkundelessen wel horen: "in een atoom draaien de electronen om de kern, als planeten om de zon". Ook wordt bij elektrisch stroom vaak gebruik gemaakt van een vergelijking met waterstromen. Door overeenkomsten te laten zien met een bekend gebied kun je eerder overtuigen.

7. Voorbeeld.

Hoewel we beseffen dat één voorbeeld niets bewijst, is het gangbaar en zinvol om bij uitleggen voorbeelden te gebruiken. Hier gaat het er om dat een voorbeeld als argument gebruikt kan worden om te overtuigen. We kunnen met een voorbeeld een algemene regel of een principe verduidelijken. Het voorbeeld moet zorgvuldig worden gekozen, en de algemene regel moet eenvoudig er in herkenbaar zijn. Als de regel voor de leerlingen een breed terrein betreft is twee voorbeelden geven vaak overtuigender.

8. Herhaal.

Als we leerlingen iets voor de tweede of derde keer vertellen, en het is nog steeds bij een aantal leerlingen niet begrepen, zal alleen al het feit dat die leerlingen iets herkennen, het vertrouwder en dus overtuigender doen zijn. Misschien betekent het woord begrijpen onder meer: vertrouwd in de oren klinken. De reclame-wereld maakt veelvuldig gebruik van het principe van herhaling en met succes. Waarom zouden wij daar dan ook niet vaker gebruik van maken? Waarschijnlijk zijn natuurkunde-docenten vooral uit op "echt begrijpen", door de voor hen logische structuur in de leerstof te accentueren. Maar het zou kunnen zijn dat we de rationele aspecten van begrijpen en overtuigen dan erg overschatten.

9. Synoniem.

In plaats van iets zoveel mogelijk letterlijk te herhalen, kunnen we het natuurlijk ook in andere woorden zeggen, dus door gebruik van synoniemen en parafrases. Dat is voor een zichzelf als intelligent beschouwend publiek waarschijnlijk overtuigender.

De reclame-wereld heeft voor elke doelgroep een eigen wijze van benaderen. Zo zouden wij in de klas voor jongens en meisjes misschien moeten zoeken naar verschillende formuleringen van argumenten om te overtuigen. We worden pas gehoord als we woorden gebruiken die aansluiten bij een deel van de klas. Voor een ander deel zullen andere formuleringen van het zelfde nodig zijn om te overtuigen.

10. Toepassen.

Als laatste suggestie om door argumentatie te overtuigen kunnen we noemen: het toepassen. In algemene zin gebruikt iedereen dit, als we een toepassing van een wet, regel of principe laten zien. We kunnen nog verder gaan en vragen of leerlingen onze uitleg doorgeven aan een andere leerling. Het onder woorden brengen van een al dan niet half-begrepen argumentatie, heeft op de persoon zelf een uitermate grote uitwerking. Er wordt vaak op gewezen hoe leerzaam dit kan zijn voor de luisterende leerling, om een uitleg nog eens van een ander te horen en die te kunnen bediscussiëren. Hier wijzen we op het effect van uitleggen op degene die uitlegt. Dit principe wordt wel toegepast in therapiën, bij mensen die weinig zelfvertrouwen hebben. Door hen nadrukkelijk te laten uitspreken dat ze zichzelf kunnen vertrouwen, kan die gedachte gaan behoren tot de overtuiging van de persoon in kwestie. Een zelf uitgesproken redenering maakt een diepere indruk en wordt zo als het ware meer eigen gemaakt. Dat zou er voor kunnen pleiten reeds in een vroeg stadium leerlingen te vragen een stukje leerstof aan elkaar te gaan uitleggen, omdat het henzelf meer overtuigd.

b. Hoe overtuig je door de plaatsing van je argumenten?

Er is geen universele volgorde te vinden als suggestie uit de retorica of argumentatie-leer. In tegenstelling tot wat wel wordt beweerd is er geen bewijs voor: altijd de beste argumenten het eerst, of juist het tegenovergestelde: bewaar de beste argumenten tot het laatst. Argumenten hebben geen onveranderlijke kracht.

De kracht van een argument hangt af van de wijze waarop het overkomt. Elk publiek heeft een eigen aanpak nodig. Wat we er wel over kunnen zeggen is het volgende:

1. Verbind nieuwe argumenten met bekende.

Wilt U overtuigen, herhaal dan een bekend argument en voeg er een nieuw aan toe. Of breidt een bekend argument uit en gebruik dat voor een bredere argumentatie.

In de natuurkunde-les zijn argumenten vaak verschijnselen en leerlingen zullen die slechts een deel van de verschijnselen door eigen waarneming kennen. Daar zullen we bij moeten aansluiten, om nieuwe verschijnselen begrijpelijk te maken.

Dit komt in de argumentatie-leer overeen met: "begin met de feiten", dat wil zeggen hetgeen voor iedereen zonder verder bewijs voor waar wordt gehouden. Beginnen met een makkelijker argument is hier natuurlijk ook van af te leiden.

2. Alleen de sterkste argumenten.

Om te overtuigen hoeven we niet volledig te zijn. Het is niet overtuigend om alle of zoveel mogelijk argumenten uit te leggen. Dat komt eerder over als een zwakte in redenering.

Als U wilt overtuigen selecteer dan een beperkt aantal sterke argumenten.

3. Van twee blijft het eerste argument hangen.

Als er vlak na elkaar twee argumenten worden gegeven voor eenzelfde stelling, zal de eerst blijven hangen. Dus als U twee verschijnselen in herinnering aanroept om een wetmatigheid te illustreren, zal in het algemeen alleen het eerste blijven hangen.

4. Het laatste argument blijft hangen.

Als straks iemand een tegenwerping maakt op iets wat ik heb gezegd, zal dat langer blijven hangen dan wat ik heb gezegd, ook al is het tegenargument van geringere waarde.

Pas dus op met ervaringen en redeneringen van leerlingen, die ze toevoegen aan die van U.

Ze kunnen meer indruk maken dan Uw eigen uitleg en daarmee het effect van Uw betoog teniet doen.

Het is een beperkte oogst suggesties die we kunnen vinden over de plaatsing van de argumenten bij het overtuigen.

Er is meer te zeggen over het derde onderdeel: overtuigen door je contact met de groep.

c. Hoe overtuig je door je relatie met de groep?

1. Ga aan hun kant staan.

Doe alsof U één van hun bent, voor zover mogelijk. Praat zo vaak U kunt in termen van wij en ons. Draag dezelfde soort kleding, als het even kan.

2. Versterk het groepsgevoel.

Praat over anderen, de ouders, andere klassen, alsof wij anders zijn.

3. Versterk de overeenkomsten binnen de groep.

Voorkom in de klas groepen tegen elkaar uit te spelen. Doe alsof iedereen hetzelfde moeilijk zal vinden.

4. Vergroot het gezamenlijke probleem, maar geef dan haalbare oplossingen en alternatieven.

Doe alsof de taak waarvoor de klas staat een zeer moeilijke maar haalbare klus is, die met ieders inspanning tot een goed einde is te brengen.

5. Werk via opinion-leaders.

Probeer eerst de leiders in de klas op Uw hand te krijgen. Als zij overtuigd zijn volgt de rest vanzelf.

6. Bevorder participatie.

Vermijd om hen te overtuigen door een monoloog van Uw kant. Als ze kunnen reageren op wat u zegt werkt dat overtuigender.

7. Versterk zelfvertrouwen.

Laat nooit na te zeggen bij elke gelegenheid die zich voordoet hoe goed U vindt dat ze het doen, elke leerling afzonderlijk en als groep.

Tot zover een selectie van suggesties voor leerkrachten die meer overtuigend willen zijn voor hun leerlingen. Door toepassing van deze suggesties is niet gezegd dat het leerproces in kwaliteit stijgt, dat leerlingen hogere resultaten halen, of meer leerlingen hetzelfde resultaat bereiken.

De suggesties illustreren alleen maar dat er in de klas veel niet-rationele elementen een rol spelen om het gevoel op te roepen bij leerlingen dat ze "het begrijpen".

Samenvatting:

Uitleggen in de klas is een vorm van communicatie. In communicatie worden naast de inhoud, ook boodschappen uitgezonden door de manier van praten en de gebaren. Elke communicatie roept dan ook misverstanden op. In die boodschappen zitten niet-bedoelde en niet-rationele kanten die het identiteitsbesef en het kennisbesef van de leerlingen beïnvloeden. Door ons rekenschap te geven van de stadia waarin onze leerlingen denken over kennis en hun relatie tot kennis, kunnen we niet bedoelde en voor meisjes ongunstige invloeden proberen te vermijden.

Vatten we begrijpen op als overtuigd zijn, dan kunnen we iets leren van onze concurrenten in de reclame-media die gewoonlijk effectiever gebruik maken van beïnvloedingstechnieken dan wij in het onderwijs gewend zijn.

Samengevat in vier conclusies:

1. Boodschappen van de leerkracht langs elk van de drie kanalen hebben grote invloed op het besef of natuurkunde past in het zelfbeeld van een leerling(e).

2. We kunnen rekening houden met het kennisbesef van de leerling en onze doelen wat het aanleren van natuurwetenschappelijke methoden betreft aanpassen aan het stadium waarin onze leerlingen denken.

3. Om te overtuigen moeten we over natuurkundige feiten, ervaringen en verklaringen spreken in de taal van het kennisbesef van de leerling.
4. Daarvoor zullen we, wat we zeggen in de les tegen onze leerlingen, en de wijze waarop we het zeggen, moeten aanpassen aan het rationele, maar vooral ook irrationele proces dat leren heet.

Gebruikte literatuur:

Bij hoofdstuk 1:

Watzlawick, P. et al.: De pragmatische aspecten van de menselijke communicatie. Deventer 1972.

Schuts von Thun, F.: Hoe bedoelt U, een psychologische analyse van menselijke communicatie. Wolters-Noordhoff 1982.

Bij hoofdstuk 2:

Perry jr, W.G.: Forms of intellectual and ethical development in the college years. New York 1968.

Belenky, M.F. a.o.: Women's ways of knowing. New York 1986.

Bij hoofdstuk 3:

Perelman, Ch.: Retorica en argumentatieleer, Ambo 1979.

Eemeren, F.H. van, e.a.: Argumenteren. Wolters-Noordhoff 1984.

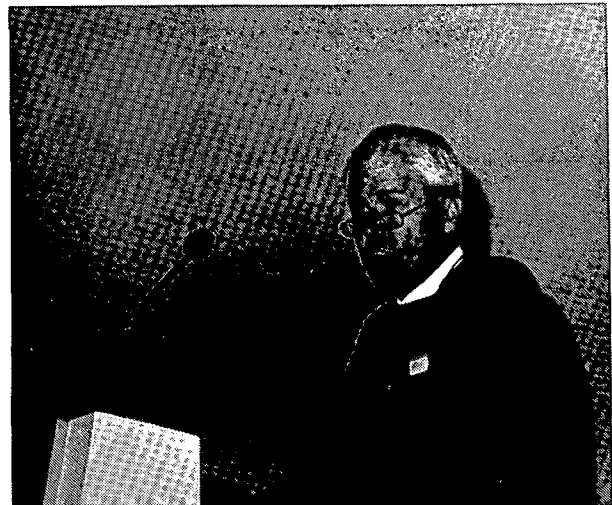
Keers, C.: Argumentatie. Samson 1976.

EEN STAP OPZIJ DOEN

L. Streefland

1. Inleiding

De kwaliteit van het 'uitleggen en begrijpen' bepaalt de effectiviteit van het leerproces. De leraar legt uit en de leerling moet het dan maar begrijpen. Of niet. In dit artikel bekijken we beide activiteiten zowel vanuit de gezichtshoek van de leraar als die van de leerling. Uitleggen vraagt van de leraar om af te zien van eigen inzichten, van het eigen kennisniveau. Uitleggen vraagt erom dat de leerling zijn kennisniveau en inzichten met medeleerlingen deelt tot beider voordeel. Goed uitleggen



vraagt van de leraar het vooraf plegen van een fysisch-didactische, chemisch-didactische of mathematisch-didactische analyse van de leerstof. Dit betekent zich bezinnen op de verschijnselen, proeven, vraagstukken, contexten, experimenten die aan de orde zijn met het oog op de verwerving van de betrokken natuur-, schei- of wiskunde in het leerproces door de leerlingen. Zoiets vergt begrip voor (en inzicht in) de inzichten, ideeën en voorstellingen die de leerlingen in verband daarmee hebben. En ook om daarbij aan te sluiten in het beoogde onderwijs.

Wanneer zò tegen 'uitleggen en begrijpen' wordt aangekeken en er dienovereenkomstig naar wordt gehandeld, betekent dit: het zich (kunnen) stellen op het standpunt van de ander, het zich aan de ander spiegelen; bereid zijn buiten jezelf te treden, een stap opzij te doen. Dat is niets nieuws, niets spectaculairs of revolutionairs. Ook de voortgang in het historische leerproces van wis-, natuur- en scheikunde kenmerkt zich door dergelijk reflectief gedrag. Daar is het dan ook dat we te rade gaan en bij het leren van kinderen van uiteenlopende leeftijd om na te gaan, wat het op gezette tijden doen van een stap opzij ons kan leren over het onderwijzen en leren van kinderen anno negentien-nu, met name wat de kwestie van de voortgang in het leerproces aangaat.

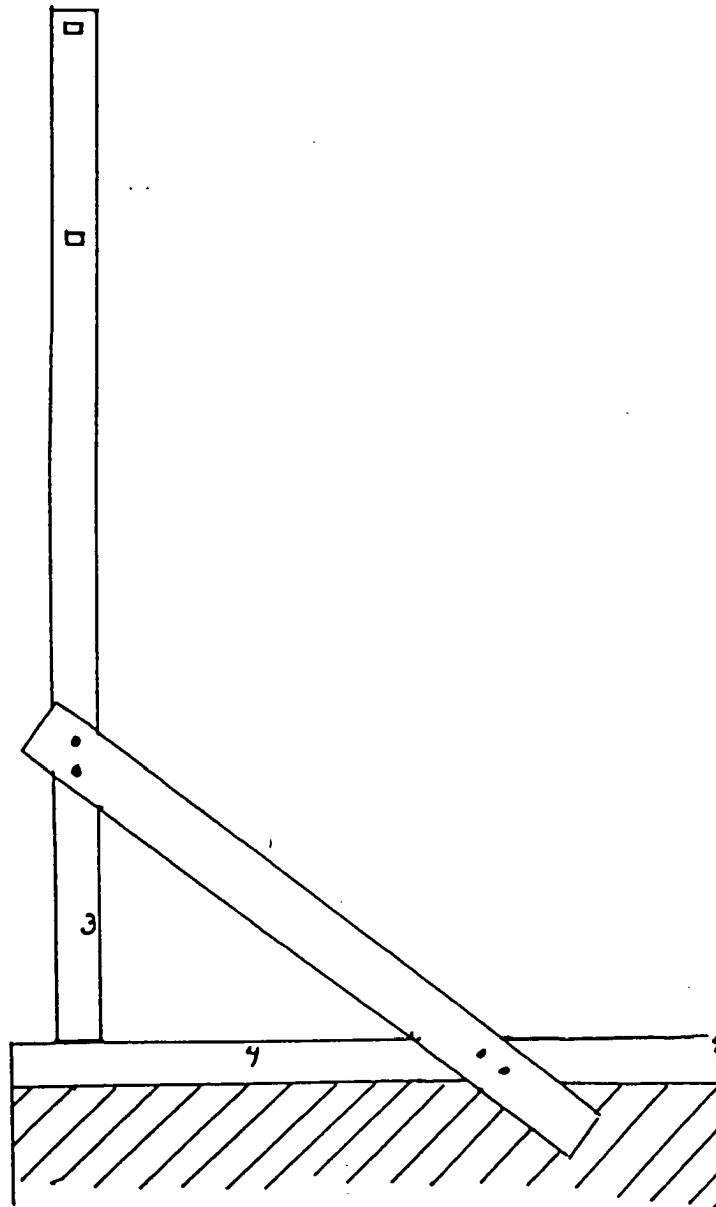
2. Van Thales van Milete tot Gödel

Het begin van het historische leerproces van de wiskunde, of beter van de meetkunde, kan worden gekenschetst als het afleggen van de weg van aanschouwelijkheid naar deductie. Met Thales van Milete (eind zevende eeuw - eerste helft zesde eeuw voor Chr.) begint het gebruik de meetkunde logisch op te bouwen en elementsgewijs in te richten. Vóór die tijd had de meetkundige constructie de kracht van een bewijs.

Zo kon men met een gesloten touw, waarin 12 knopen op onderling gelijke afstand, een rechte hoek uitzetten. Een methode die de Babyloniërs vermoedelijk al kenden gezien hun kennis van de stelling van Pythagoras. Een methode ook, die vandaag de dag, zij het zonder knopentouw, door timmerlieden in de bouw nog wordt toegepast om kozijnen te stellen (fig. 1).

De keuze van passende maatgetallen in de vaste verhouding 3 op 4 (op 5) blijkt het gewenste resultaat zichtbaar op te leveren. Behoeftte aan zoiets als bewijs van de zojuist genoemde stelling bestond (en bestaat) hierbij niet.

Vanaf Thales begint men zich af te vragen of constructies als existentiebewijzen nog wel aanvaardbaar zijn. Het antwoord luidt ontkennend en men doet een stap opzij. Men begint zich van het aanschouwelijke af te keren. Platonisme avant la lettre, want met Plato's



Figuur 1.

ideeënleer bereikt deze beweging een hoogtepunt (die leer zegt: alleen het denken kan echte wiskundige kennis voortbrengen; de rede is de enige ware bron van inzicht: de observeerbare werkelijkheid is slechts een zwakke afspiegeling van de werkelijkheid van de ideeën die anders, hoger is).

Koeien van waarheden werden sinds Thales bewezen, zoals het gelijk zijn van overstaande hoeken, of de gelijkheid van de basishoeken in een gelijkbenige driehoek, of het feit dat een lijn door het middelpunt van een cirkel deze halveert. De ontwikkeling van de meetkunde erna kenmerkte zich door toenemende abstractie, het terugdringen van het aanschouwelijke en het afleiden door deductie. Dit proces bereikte met de Elementen van Euclides (300 voor Chr.) een hoogtepunt. Het meetkundige kennisbestand werd door Euclides deductief geordend en wellicht hier en daar wat uitgebreid. De meetkunde was netjes, element na element, ingericht. De toegepaste ordening ademt een sfeer van systeemdwang. De aan de verschijnse- len ontlokte meetkundige theorie is voorop komen te staan, de historische gang van zaken is op zijn kop gezet.

In een nabij verleden heeft het meetkunde-onderricht in het voortgezet onderwijs schipbreuk geleden, omdat men in navolging van Euclides eveneens beginnend met haarkloverijen en het intrappen van open deuren dezelfde deductieve voortgang meende te kunnen navolgen. Zo werd het ontstaansproces van de meetkunde verdoezeld, en aan de leerlingen onthouden. Dit druiste tegen hun leernatuur in, vandaar het échec.

In de Elementen zijn de sporen van de bewijskracht van constructies en het vooropstaan van het aanschouwelijke niet helemaal uitgewist. Aan het stereotiepe 'wat te bewijzen was' (q.e.d. quod erat demonstrandum) gaat in de eerste drie stukken van Elementen I het 'wat te construeren was' (q.e.f. quod erat faciendum) vooraf. Bijvoorbeeld het verschil van twee lijnstukken werd door constructie bepaald.

Het bewijzen was tot principe geworden, en omdat zich niet alles liet bewijzen begon men met definities, postulaten en axioma's.

Een voorbeeld is het zogenaamde parallellenpostulaat, het vijfde bij Euclides, namelijk: door een punt buiten een lijn gaat één en slechts één lijn, die met de gegeven lijn evenwijdig is. In deze pijler van Euclides deductieve bouwwerk schuilde het instortingsgevaar.

Het zou echter nog zo'n twintig eeuwen duren, voordat dit aan het licht kwam. Het bleek om de beeldspraak nog even door te trekken - overigens geen betonrot te zijn. Ik kom hier zò op terug.

Dus, door het meetkundige doen en laten in ogeschouw te nemen, en deze in twijfel te trekken, ontstond de behoefte aan bewijzen. Men trad daarmee buiten de grenzen van het gangbare.

Zo'n twintig eeuwen ging men er daarna vanuit, dat onder meetkunde verstaan diende te worden wat Euclides had gesystematiseerd. Het kon zijn dat de Elementen nog leemten vertoonden, die konden worden opgevuld. Echte vooruitgang in de meetkunde, zo meende men echter, viel alleen te boeken door Euclides uit te breiden.

Dit idee werd in de negentiende eeuw ondergraven door de min of meer gelijktijdige ontdekking van de niet-euclidische meetkunde door verschillende wiskundigen; een ontdekking die hun wereldje schokte en die het idee, dat wiskunde nog iets met de werkelijkheid van doen had, ernstig op de proef stelde. Wat was namelijk het geval? De Duitse wiskundige Gauss (1777-1855) was de eerste die - als twaalfjarige jongen al - vooruitgreep op de niet-euclidische meetkunde. Het probleem zat hem in het parallellenpostulaat en dit probleem was nog onopgelost. Het duurde echter nog tot na zijn twintigste, voordat het inzicht bij hem doorbrak, dat dit vijfde postulaat onafhankelijk was van de overige vier. Het is niet precies bekend, wanneer Gauss een sluitend, ander meetkundig bouwwerk kon optrekken, dat niet meer gehoorzaamde aan de evenwijdigheidskwestie. Zeker is echter wèl dat hij als eerste beschikte over de voornaamste bouwstenen voor de zgn. hyperbolische meetkunde.

De Rus N.L. Lobachewsky (1793-1856) publiceerde zijn complete systeem in 1829 vóór J. Bolyai (1802-1860, Hongaar) die het zijne in 1833 als appendix aan een publikatie van zijn vader toevoegde.

Een mooi voorbeeld van stap opzij doen is tenslotte het werk van Gödel (1906-). Wiskundigen poogden al ruimschoots voor Gödel expliciet te maken wat een bewijs nu eigenlijk is. Als zodanig kan ook Gödels werk beschouwd worden. Het belangrijkste wat men daarbij in het oog dient te houden is: bewijzen is het demonstreren van de juistheid van zekere uitspraak of stellingname binnen een vast systeem van stellingen. Gödel ging uit van het werk 'Principia Mathematica', dat Whitehead en Russell, twee Britse wiskundigen en filosofen tussen 1910 en 1913 publiceerden. Gödel formuleerde een stelling die globaal hierop neerkwam. De 'Principia Mathematica' zijn onvolledig. Het is mogelijk ware uitspraken over getaltheorie te formuleren, waarvoor de bewijsmethoden in het werk van Whitehead en Russell te zwak zijn om dit te demonstreren. Anders, formeler, gezegd: alle consistente formuleren van getaltheorie omvatten onbeslisbare stellingen. Deze grote stap opzij kreeg de naam van 'onvolledigheidsstelling van Gödel' (1931).

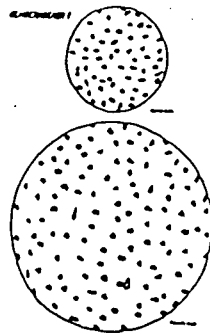
De geschetste voorbeelden

- van construeren naar bewijzen;
- van euclidische naar niet-euclidische meetkunde, en
- van vermeende volledigheid naar onvolledigheid, hebben dit gemeen, dat er steeds sprake is van buiten het systeem treden, van 'een stap opzij doen' door het systeem, hetzij in zijn geheel dan wel op een onderdeel aan te vechten, hetzij vanuit een andere gezichtshoek, een hoger standpunt te beschouwen.

De vraag is wat men hieraan heeft met het oog op het leren van kinderen in het heden. Wel, laten we om te beginnen eens nauwkeurig kijken naar enkele leerprocesjes van basisschoolkinderen.

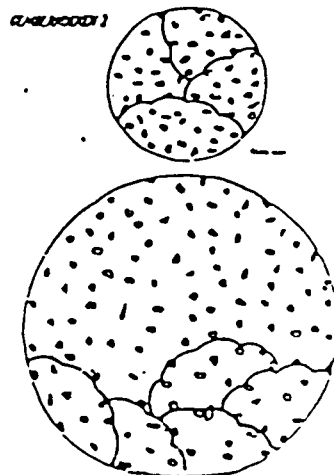
3. Een kwestie van smaak en optellen

In een onderwijsthema over verhoudingen bakt een bakker boterkoeken van twee grootten en 'besprenkelt' deze met stukjes gember (fig. 2).



Kinderen uit groep 5 van de basisschool zoeken uit - met het oog op het recept - hoeveel stukjes gember beide koeken bevatten. Eerst schatten, dan tellen door groepjes maken. De 'rekenzinnen' die het tellen verkort samenvatten, kunnen bijvoorbeeld $12 \times 5 = 60$ en $24 \times 5 = 120$ zijn. Dergelijke uitkomsten zijn op zichzelf wellicht al verrassend. De ervaring leerde namelijk dat de kinderen geneigd waren 'evenveel' te schatten voor beide koeken. Tot zover gebeurt er niets nieuws. Alles past binnen de theorie van tellen en rekenen die de kinderen tot dusverre ontwikkeld hebben. Deze zijn gericht op absolute uitkomsten.

De juf neemt nu het initiatief voor een stap opzij. Wie nadenkt over recepten is benieuwd naar de smaak van wat er uiteindelijk uitkomt, nietwaar? (fig. 3).



Welke koek smaakt het meest naar gember?

Deze vraag ondergraaft het wiskundewerk van zoëven. De kleine koek met het geringste aantal stukjes blijkt desondanks het meest naar gember te smaken, want, zo luiden enkele redeneringen van kinderen:

'Op een hap van de grote koek zitten bijvoorbeeld maar vijf stukjes gember en op een even grote hap van de kleine koek, veel meer stukjes', of, met het oog op hetzelfde recept: 'De grote koek is vier keer de kleine. Als de kleine net zo was, moesten er maar 30 stukjes op zitten'.

Dus de grote koek heeft de meeste stukjes gember, maar naar verhouding heeft de kleine koek de meeste stukjes gember, zo besluiten juf en de kinderen deze activiteit.

Op een heel kwalitatief en intuïtief niveau is de vrucht van tellen en rekenen gerelativeerd, door deze aan een resultaat van kwalitatief meten te koppelen: méér of minder stukjes gember per hap.

Daarmee is een stapje gezet op de weg alwaar uitkomsten van enkelvoudige wiskundige of fysische operaties niet meer in absolute zin beschouwd worden, doch relatief. Met dergelijke verdelingsdichtheden dienen de leerlingen op de basisschool ruime ervaring op te doen, opdat deze later model kunnen staan voor meer verborgen dichtheden in de β -vakken van het voortgezet onderwijs, zoals dichtheid, druk, gemiddelde snelheid, de wet van Proust, concentratie, enz.

Uit het gegeven voorbeeld blijkt dat de leerkracht de eerste aanzet geeft tot het doen van een stap opzij, doch dat de leerlingen op grond van de zinvolle vraagstelling zèlf het relatieve standpunt construeren. Er kan op deze manier reeds lang voor dit expliciteit en formeel gemaakt wordt, op het begrip (verdelings) dichtheid worden geanticipeerd. Het volgende voorbeeld toont hoe het initiatief tot een stap opzij ook door een leerling kan worden genomen.

optellen

De leerkracht wilde wat rekenvaardigheden oefenen met zijn klas, waaronder het optellen van vijf getallen van vier cijfers. De groep noemde een getal van vier cijfers. De leerkracht 'voorspelde' daarop de uitkomst (achterop het bord). Vervolgens noemden groep en leerkracht om en om ieder nog twee getallen van vier cijfers (fig. 4).

Op het bord kwam de som zó tot stand:

G(roep)	:	6411	
G(roep)	:	5813	
L(eerkracht)	:	4186	
G	:	1626	
L	:	8373	
		<hr/>	+
		26409	

Alom verrassing toen de prognose van de leerkracht bleek te zijn uitgekomen.

'Hoe doet-ie dat? 't Heeft natuurlijk iets met die getallen te maken!' De leerlingen willen nog meer van zulke voorbeelden om daarachter te komen. Eén leerlinge hield zich echter op een uitdagende manier afzijdig. Zij deed niet meer mee! Desgevraagd kwam er als verklaring: 'Doet u het maar met getallen van één cijfer, dan zeg ik u wel wat erachter zit.' De anderen waren kennelijk nog niet zover, want zij gingen gewoon door met het aandragen van getallen van vier cijfers. Deze verrieden overigens al gauw doorbrekende vermoedens, getuige keuzen als 8888, 1000 en tenslotte 9999. Die ene leerlinge wist uit te breken uit de 'couleur locale' van deze activiteit en een stap opzij te doen. Was haar suggestie gevolgd, dan zou het geheim van de leraar onmiddellijk aan het licht gekomen zijn.

We gaan opnieuw terug naar de geschiedenis, van de scheikunde in dit geval.

4. Zuurstof en oxyderen

In 1772 gaf Lavoisier bij de secretaris van de Academie Francaise een verzegelde envelop in bewaring. Deze bevatte reeds het idee, dat er iets mis was met de flogiston-theorie en dat de opvatting dat brandende objecten een deel van de atmosfeer opslochten, niet deugde

(flogiston, zo meende men was het fluidum inherent aan elke brandbare stof en de veroorzaker van de verbranding bij het verlaten van de stof).

Het duurde enige jaren, voordat Lavoisier aan zijn gevoel, dat er iets mis was met de heersende verbrandingstheorie, vorm en structuur kon geven. Dit gebeurde vanaf 1777. Zijn geschriften speelden niet zozeer in op de ontdekking van alswel op de verbranding door zuurstof. Een proef van 1774 (het verhitten van tin in een gesloten ruimte in tegenwoordigheid van lucht, waarmee behoud van massa werd aangetoond), werd in 1777 met kwikzilver herhaald. Lucht werd ermee geanalyseerd en de aanwezigheid van zuurstof en stikstof daarin aangetoond. Aldus ontwikkelde Lavoisier een theorie van het oxyderen door lucht. Deze theorie bracht een omwenteling in de ontwikkeling van de scheikunde teweeg.

Treffend is de overeenkomst met de rol van Gauss in het historische leerproces van de wiskunde. Zowel Lavoisier als Gauss hadden bij het onderwijzen van gangbare theorieën een betrekkelijk lange incubatietijd nodig, en: beiden veroorzaakten uiteindelijk aanzienlijke sprongen in de historische leerprocessen voor hun vakgebieden, gelijk revoluties om in termen van Thomas Kuhn te spreken.

Overigens wekten niet alleen heersende theorieën of opvattingen bepaalde verwachtingen. Ook het beschikbare instrumentarium deed dit. Immers, aan de beslissing, dat zeker apparaat zal worden ingezet en hoe, ligt de veronderstelling ten grondslag over of en welke omstandigheden zich zullen voordoen. Dergelijke verwachtingen kunnen al dan niet bewust zijn.

Bij het verhaal van Lavoisier dienen we nog een kanttekening te maken, namelijk deze, dat het historische leerproces voor scheikunde ook gekenmerkt wordt door misvattingen en onbegrip. De flogiston-theorie is daarvan een duidelijk voorbeeld.

De scheikunde bezit trouwens wat dit aangaat, niet het alleenrecht. Zo is bijvoorbeeld van de Franse wiskundige d'Alembert bekend, dat hij op grond van ten onrechte veronderstelde symmetrie, het simpele twee keer werpen met een munt van een onjuist kansmodel voorzag (fig. 5).



Opgave

- 1 Als ze een tijdje gespeeld hebben, blijkt dat Obelix veel vaker verliest. Had hij dit kunnen verwachten?

Panoramix heeft belangstellend toegekeken. Na verloop van tijd merkt hij op dat het spel niet eerlijk verloopt. Hij zegt:

Er zijn drie mogelijkheden:

- Óf Asterix gooit 'kop' en wint.
- Óf hij gooit 'munt' en Obelix 'kop'.
- Óf beiden gooien 'munt'.

Dus in twee van de drie gevallen wint 'Asterix', aldus Panoramix. Asterix stelt dan voor om twee everzwijnen in te zetten tegen Obelix één.



Panoramix

Foutief kansmodel (Panoramix):

uitkomst	K	KM	MM
kans	1/3	1/3	1/3

Mogen we - dit wetende - van onze leerlingen dan nog eisen, dat zij alles in één keer weten en begrijpen?

Het volgende voorbeeld uit het scheikundeonderwijs weerspiegelt - wat mij betreft - het retorische karakter van deze vraag.

5. Chemische reactie als empirisch begrip leren zien

Een opmerkelijke trek van overeenkomst tussen vakdidactisch onderzoek voor wis-, natuur- en scheikunde van de laatste jaren is, dat men, zoals het in vakjargon heet, mathematisch-conceptuele en dito fysisch- of chemisch-conceptuele aansluiting nastreeft van de inhoud van het onderwijs bij het leren van de leerlingen. Anders gezegd: in dergelijk (ontwikkelings)-onderzoek probeert men de leerinhoud af te stemmen op de voorstellingen, noties en ideeën die de leerlingen in verband daarmee al (eventueel in buitenschoolse ervaringen) verworven hebben.

Uit een dergelijk onderzoek, over de mogelijkheden en beperkingen van corpusculaire voorstellingen in elementair-scheikundeonderwijs, verricht door De Vos en gepubliceerd onder de veelzeggende titel 'Corpusculum Delicti' kies ik een voorbeeld in verband met de empirische vorming van het begrip chemische reactie. Binnen dit kader laat zich niet veel meer dan een enkel proefje van De Vos te vertellen. Daarmee wordt de leergeschiedenis van de betrokken leerlingen tekort gedaan, evenals trouwens het gevaar bestaat, dat de geschiedenis van wis-, natuur- en scheikunde ontlusterd wordt door slechts hap en snap, dikwijls ook nog uit de tweede of derde hand, een voorbeeld te kiezen. Wat is het geval?

Als inleiding op een wrijfproef in een mortiertje met wat loodnitraat en kaliumjodide doen de leerlingen eerst enkele andere wrijfproeven. Daarbij zijn stoffen van uiteenlopende kleur in het spel die niet met elkaar reageren. De mengkleuren die door het wrijven worden voortgebracht voldoen aan de verwachtingen die de leerlingen ervan hebben. Deze passen binnen hun theorie over het mengen van kleuren.

Dan moet de verwachting worden uitgesproken over het kleurresultaat, wanneer de genoemde twee witte poeders samengewreven zullen gaan worden. Zonder uitzondering is de reactie (van de leerlingen): 'Wit!' De betrokken stoffen wilden echter anders. De onderzoeker beoogde met zijn keuzen het contrast tussen verwachting en waarneming te versterken. Echter, de gele stof als resultaat van de wrijfproef werd door de leerlingen niet gezien als het gevolg van de combinatie van twee stoffen. Integendeel. Zij zagen deze stof als het resultaat van het kapotwrijven van korreltjes (of moleculen) die vantevoren al met deze gele stof gevuld waren. Daarbij werden de korreltjes of deeltjes nogal eens met kleine eitjes in verband gebracht. (Eerst meenden zij zelfs voorafgaande aan de wrijfproef het geel al te hebben waargenomen.) De leerlingen probeerden dus het waargenomen verschijnsel binnen de hun beschikbare theorie over kleurmenging (het geel moet er al ingezet hebben) te verklaren. Zij lieten zich door de contrastwerking niet van hun stuk brengen en kregen geen cognitief conflict. Ook in het historische leerproces, zoals we aanstonds zullen zien, kon een theorie of model stand houden in geval zich ermee contrasterende waarnemingen voordeden. Om de leerlingen in staat te stellen uit hun systeem van denkbeelden te springen werd in de rij van proeven het afzonderlijk wrijven van beide poeders opgenomen. Hierdoor konden de leerlingen de noodzakelijke (eerste) stap opzij realiseren.

Merk op, hoe het leergedrag van deze leerlingen vergelijkbaar is met de hardnekkigheid waarmee lange tijd werd vastgehouden aan Euclides' opvattingen aangaande meetkunde (en ook met het nog komende planetenvoorbeeld).

Wat het leerproces voor chemische reactie betreft, liet de onderzoeker nieuwe proeven volgen op de zojuist geschetste om dit begrip steeds verdergaand nader empirisch te profileren. Het geleide ontdekken wat zich voltrok, was een omvangrijk proces van begripsaanpassing dat ook de historische ontwikkeling kleurt. Omdat de bedoelingen met dit voorbeeld uiteengezet zijn, laten we het verhaal van De Vos nu verder voor wat het is.

Voor de laatste keer wenden we ons tot de historie.

6. De ontdekking van de planeet Neptunus

In 1781 ontdekte Herschel de zevende planeet van ons zonnestelsel, Uranus. In de baan van deze planeet werden na verloop van tijd afwijkingen geconstateerd, die in strijd waren met de volgens Newtons gravitatie-theorie voorspelde baan. Dit vormde geen aanleiding om deze theorie nu maar overboord te zetten.

(Dit zou overigens in strijd geweest zijn met de uitgangspunten van het wetenschapsbedrijf, waarvan Newton uitging. Dit betekende o.a. dat men de waargenomen verschijnselen beschouwde als grondslag voor de af te leiden natuurwetten. Was een op die manier afgeleid beginsel in strijd met een veronderstelling waarvan werd uitgegaan, dan diende de empirie voor nieuwe feiten te zorgen. Deze konden eerder verkregen resultaten bevestigen alsook aanleiding zijn tot het onderscheiden van (voorlopige) uitzonderingen.)

Zoals gezegd: de afwijkingen in de baan van Uranus vormden geen aanleiding Newtons theorie bij te stellen of te weerleggen. Integendeel. Onafhankelijk van elkaar stapten Leverrier in Frankrijk en Adams in Engeland als het ware buiten het zeven-planeten-model. Zij veronderstelden de aanwezigheid van een achtste planeet om de waargenomen afwijkingen te verklaren. In 1846 berekenden zij de baan van deze hypothetische planeet. Nog in datzelfde jaar werd op grond van waarnemingen van Galle het bestaan van de planeet Neptunus bevestigd. Newtons gravitatie-theorie kwam hiermee sterker te staan dan ooit. Pikant detail in deze geschiedenis is, dat de planeet Neptunus al enkele decennia voor zijn ontdekking was waargenomen. Niemand hechtte echter geloof aan deze waarnemingen, wat eens te meer bewijst, dat het onverwacht waargenomene niet gezien hoeft te worden. Begrijpelijk, omdat de waarneming niet verder rijkt dan de achterliggende theorie. Voor Neptunus was daarin eerst nog geen plaats.

Eerst toen Leverrier en Adams buiten het heersende model stapten, kon, wat al veel eerder was waargenomen in de theorie worden opgenomen en als zodanig onderbouwd. Toch heeft de hele gang van zaken ook iets onbegrijpelijks, omdat de grondregels van het wetenschapsbedrijf in dergelijke mogelijkheden voorzagen zoals zojuist gesteld werd. Deze had men dus in de wind geslagen.

Moeten wij niet des te meer beducht zijn voor het ongeloof van onze leerlingen in wat wij ze laten waarnemen en erover uitleggen, wanneer hun noties en voorstellingen, hun theoretische modellen daarvoor nog geen ruimte bieden?

De Vos komt in ieder geval in verband met de ontleding van malachiet tot de conclusie, dat de voorstelling, die veel leerlingen zich van dit proces maakten, belangrijk van de kijk van chemici erop, afweek.

We gaan opnieuw - voor de laatste maal - terug naar enkele voorbeelden uit het onderwijs van nu.

7. Vooruitgrijpen op kans

Tijdens de ontwikkeling van het boekje 'Kansrekening' in het HEWET-project (HERverkaveling Wiskunde Een en Twee) voor de bovenbouw van het VWO werd de volgende ervaring opgetekend door Heleen Verhage, medewerkster aan het project.

Het ging om het vraagstuk:

In een vaas zitten 9 balletjes, namelijk 6 blauwe en 3 rode. Negen mensen trekken elk een balletje uit de vaas (zonder teruglegging).

- Hoeveel verschillende trekkingsresultaten zijn er mogelijk?
- Hoe groot is de kans, dat het vierde getrokken balletje rood is?

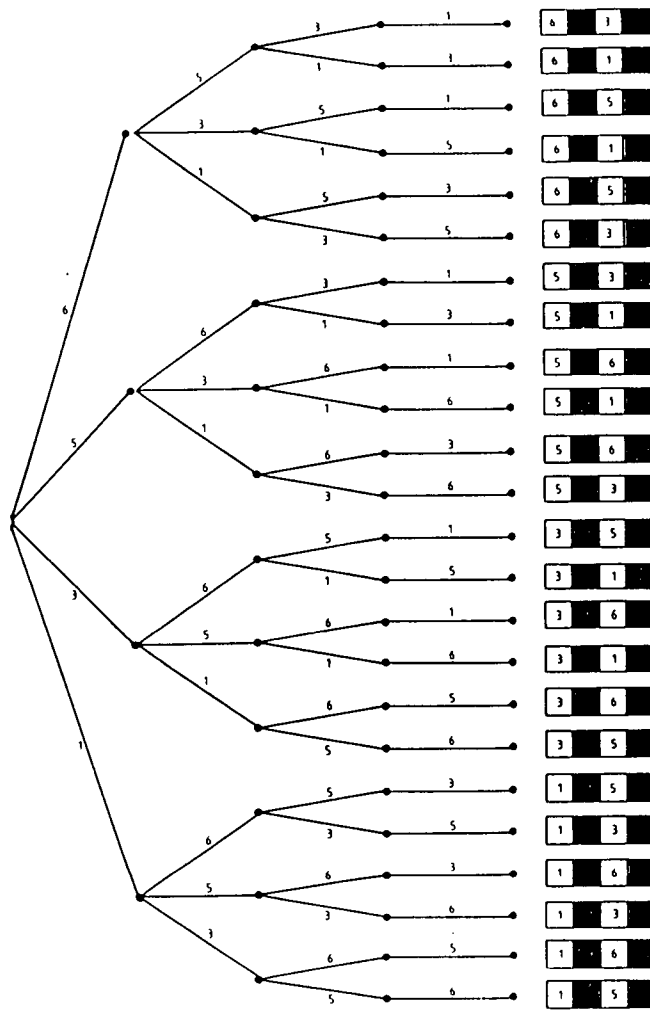
De wiskundige context is bepaald. Door de plaats van het vraagstuk in het aparte boekje over kansrekening, krijg je als leerling ook nog aanwijzingen over de toe te passen wiskundige middelen. Helemaal zeker ben je natuurlijk nooit.

Boomdiagram of driehoek van Pascal (fig. 6).

('Het staat niet voor niets in dit hoofdstuk dus het zal wel met de driehoek van Pascal moeten').

Een groepje van boomdiagramtobbers had al een aantal mogelijke trekkingsuitkomsten uitgeschreven. Het vermoeden vatte post dat het korter, efficiënter moest kunnen. De betrokken leerlingen vonden hun methode te bewerkelijk. Desondanks gingen ze ermee door, daarbij overwegende - en daar gaat het om -: 'Als we nu zó doorgaan, kunnen we zien wat er uitkomt en aan de hand daarvan proberen een kortere oplossing te vinden.'

Deze leerlingen kwamen in feite in conflict met de door hen gekozen oplossingsweg. Ze voelden aan, dat de lokale werkzaamheden aan de probleemoplossing, namelijk het uit de hand



1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3	6	10	15	21	28	36	45	
1	4	10	20	35	56	84	120		P
1	5	15	35	70	126	210			
1	6	21	56	126	252				
1	7	28	84	210					
1	8	36	120						
1	9	45							
1	10								

Figuur 6.

lopend vertakken van het boomdiagram, op gespannen voet stond met het globale vermoeden, dat er een kortere oplossingsweg moest bestaan. Dit reflecteren op de eigen oplossingsweg, het afwijzen ervan en het desondanks erin volharden om aldus vooruit te grijpen op een elegantere oplossing, zijn eveneens kenmerkend voor het historische leerproces.

De geschiedenissen over de meetkunde en het oxyderen van metalen bevatten hiervan elementen. Het doen van de stap opzij is het meest karakteristieke van het leerproces. In dit geval lag het initiatief weer bij de leerlingen.

8. Intermezzi

In het voorbeeld van de boterkoeken met gember voltrok het opzij stappen zich op initiatief van de leerkracht. Het diende om de leerlingen te leren zelf een verhoudingenstandpunt in te nemen met het oog op dichtheid. Hadden we ook de grootte van de stukjes gember op beide koeken verschillend gekozen, dan pas zou het voorbeeld volledig model hebben kunnen staan voor dichtheid in de natuurkunde.

Wat het op andere gedachten brengen van de leerlingen aangaat zijn er de laatste tijd alternatieve mogelijkheden voor het toetsen van realistisch wiskundeonderwijs onderzocht. Bijvoorbeeld de leerlingen zelf een proefwerk laten bedenken bij een bepaald thema. Dit vraagt van de leerling het in ogenschouw nemen van het eigen leerproces. De vraag naar de produktie van een proefwerk brengt deze stap opzij teweeg. Het proefwerk kan ook de leraar een spiegel voorhouden over het onderwijs dat gegeven is.

Een ander voorbeeld is het afnemen van wat Jan de Lange Jzn, een tweetrapstoets noemde. Hij liet op een klassiek schriftelijk proefwerk op tijd - nadat dit gecorrigeerd en van enkele kanttekeningen voorzien was teruggegeven - de opdracht volgen: maak er nu thuis eens 'iets moois' van. Daarvoor kregen de leerlingen dan zo'n drie weken de tijd. Het ingeleverde werk verried, dat de leerlingen de wiskundige modellen die in het gewone proefwerk aan de orde waren geweest, kritisch beschouwden en analyseerden. De reductie die zo'n model op het realistische probleem aanbracht, werd, in geval dit te grof bevonden werd, opgeheven door het model (het ging om Leslie-matrices) aan te passen. De tweede trap in de toets veroorzaakte in de meeste gevallen zo'n stap opzij.

Soms is het nodig dat we de leerlingen bepaalde dingen afleren. In termen van het historische leerproces komt het erop neer, dat zij dan nieuwe verschijnselen binnen een (over)heersende theorie verklaren, terwijl dit onjuist is. Een bekend en hardnekkig verschijnsel in het onderwijs is het niet respecteren van het rationale in breuken en verhoudingen bij het uitvoeren van bewerkingen ermee.

Bijvoorbeeld $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} = \frac{2}{5}$ of voor het vraagstukje

'Peter maakt paars met ecoline, twee druppels rood op drie druppels blauw. Hoeveel druppels blauw moet hij nemen op vier druppels rood om dezelfde kleur paars te krijgen?', reageren met: 'vijf druppels blauw, ook twee meer.'

De theorie van de natuurlijke getallen met hun bewerkingen overtemt de begrippen breuk en verhouding.

$\frac{1}{2} + \frac{1}{3} =$ verwijst door de symbolen voor de cijfers en voor de bewerking, sterk naar deze theorie waarmee de leerlingen meer vertrouwd zijn en die in hun onderwijs ook nog gedurig versterkt wordt.

Het onderwijs in breuken en verhoudingen zou met dit verschijnsel rekening moeten houden door aan de neiging tot het maken van dergelijke fouten - een neiging die zeer hardnekkig kan zijn, zoals veel onderzoek uitwijst - aandacht te besteden en de leerlingen te leren dergelijke fouten met kracht van argumenten te weerleggen (in de geest van Lakatos' 'Proofs and Refutations'). Zij moeten de beperkingen van hun theorie voor natuurlijke getallen voor dergelijke gepaarde getallen leren inzien.

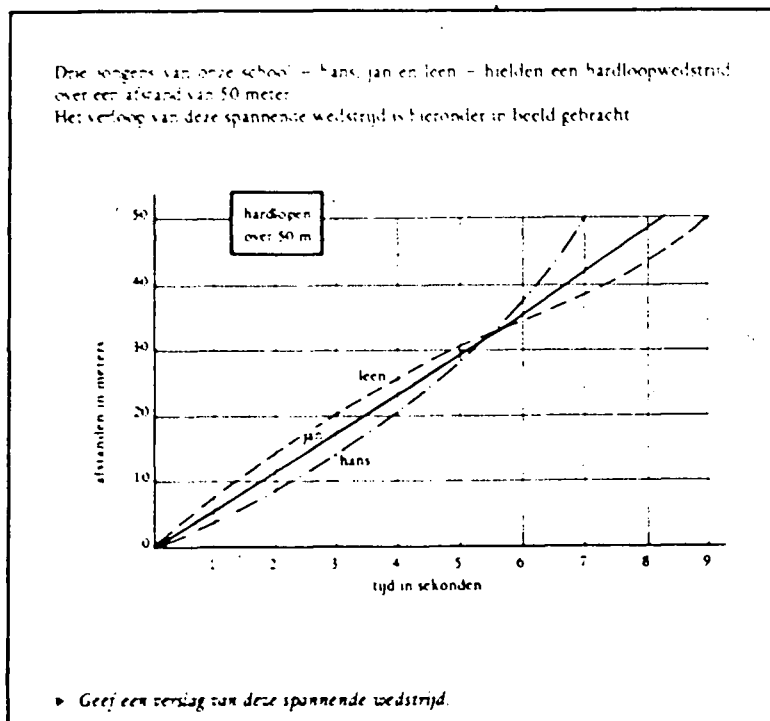
Goed uitleggen betekent - in verband met het voorgaande - al tijdens het ontwerpen en uitlijnen van materiaal dergelijke fouten voorzien of tijdens de lesvoorbereiding, wanneer het materiaal in deze tekort schiet, daarop anticiperen. Dit vraagt om stappen opzij van de ontwerper, de leraar.

Tot besluit een voorbeeld hiervan. Het komt uit experimenteel materiaal van Martin Kindt uit het zogenoemde HAWEX-project (HAWEX = Havo Wiskunde EXperiment).

9. Hardlopers in soorten

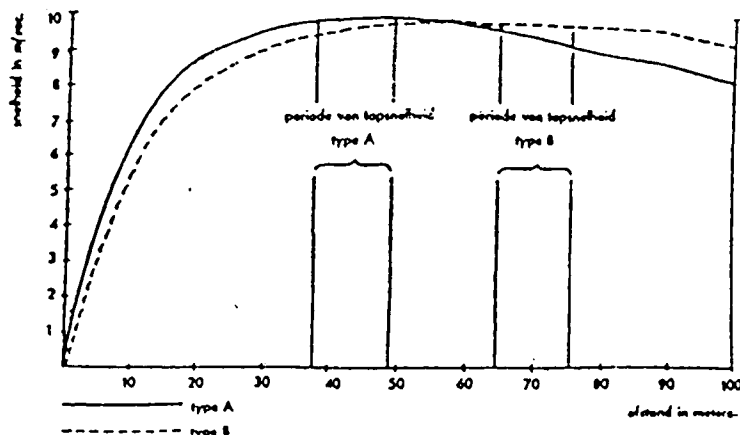
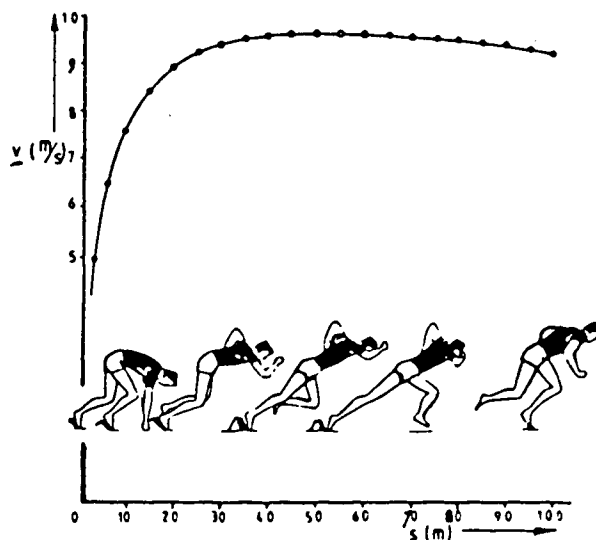
Een gebruikelijke gang van zaken in realistisch wiskundeonderwijs is, dat grafieken waarin afstand - en later snelheid - tegen de tijd zijn afgezet, worden toegepast om het begrip snelheid van de leerlingen van oneigenlijke elementen te zuiveren. Door snelheid grafisch weer te geven kan men met allerlei subjectieve ervaringen afrekenen, die het fysische begrip snelheid vertroebelen (zoals geluid, omvang van het bewegende voorwerp, afstand tot het object en dergelijke; waarom loopt de maan met je mee en staat-ie stil als jij stilstaat?).

Bij het samenstellen en analyseren van weg-duur-grafieken moeten de leerlingen bijvoorbeeld leren inzien, dat de grafiek niet vereenzelvigd mag worden met de weg, want daartoe zijn sommigen geneigd (fig. 7).



Deze weg-duur-grafieken - van drie hardlopers - geven het verloop van een wedstrijd weer. Ook valt eruit af te leiden, dat de lopers elkaar na ruim 30 m hebben ingehaald. De vraag naar een eventuele botsing van de lopers is bedoeld om van het zojuist genoemde misverstand te leren afzien. Enkele van dergelijke ervaringen kunnen bij de leerlingen het theoretje doen postvatten dat in afstand-tijd-grafieken elkaar snijden 'inhalen' betekent.

Speelt men vervolgens in op het gebruik in de sport om snelheid tegen de afgelegde afstand af te zetten, dan werkt voorgaand theoretje van de leerlingen storend, althans er kan een storende invloed van uitgaan (fig. 8, 9).



Waarom geeft het snijpunt van de grafieken niet de plaats van het passeren aan?

Om ze van deze moeilijkheid bewust te maken speelt de vraag bij fig. 9 hierop in. De overeenkomst met het voorbeeld uit het onderzoek van De Vos is treffend, namelijk pogen noties (theoretietjes) die de leerlingen door het onderwijs gekregen kunnen hebben, te weerleggen, indien nodig. Naarmate in ontwikkelingsonderzoek steeds meer van dit soort feiten aan het licht gebracht worden, kan in het onderwijs op voorhand hierop worden ingespeeld. Er is ook een parallel met het historische leerproces. De ontwerper is zich in ieder geval bewust geweest van het feit, dat 'snelheid' om een langlopend leerproces vraagt, waarin zich obstakels kunnen voordoen, die een proces van gedurige begripsaanpassing bij de leerlingen noodzakelijk maakt.

10. Besluit

De vooruitgang in alles wat de mens onderneemt - kunst, wetenschap, enz. - berust op de hardnekkige neiging een stap opzij te doen, uit het gangbare systeem te breken. Men neemt zijn leerweg in ogenschouw, probeert omwegen in te zien en zo mogelijk af te snijden. Wat overtollig is, wordt aan de kant gezet. Men herordent zijn materiaal telkens weer. Iets nieuws wordt in verband gebracht met vroegere vondsten. Men verandert van standpunt, abstraheert, specialiseert, unificeert en generaliseert. Kortom, de grote leerstrategieën in het historische leerproces kenmerken zich hierdoor, dat:

- bestaande theorieën in twijfel getrokken werden,
- misvattingen rechtgezet,
- bestaande theorieën werden uitgebreid, of
- werd uitgegaan van andere fundamenteën en
- op grond van diepere inzichten werd eenheid geschapen in ogenschijnlijk uiteenlopende zaken.

Hieruit valt een les te leren met het oog op het uitleggen en begrijpen in het onderwijs in de β -vakken van nu.

De maatregelen die zich laten nemen en die zich kenmerken door het doen van een stap opzij, zijn vele.

Ik herinner u aan:

- door zinvolle vragen de leerlingen nieuwe gezichtspunten laten construeren;
- aansluiten bij noties en inzichten van leerlingen en hiervan de consequenties overzien;
- de beperking van theorieën van leerlingen onderkennen en maatregelen nemen om hen dit te leren inzien;
- complexe begrippen een lange incubatietijd gunnen en geduld leren oefenen (niet te snel de vrucht van een leerproces willen binnenhalen);
- leerlingen zelf proefwerken (of vraagstukken) laten produceren;
- zoeken naar alternatieve, bij het onderwijs passende evaluatievormen;
- stappen opzij van leerlingen exploiteren in het onderwijsleerproces.

Dit zijn allemaal maatregelen om de vooruitgang in het leren in zekere zin te waarborgen.

De bouwstenen voor dit verhaal werden ontleend aan:

Bell E.T.: The development of mathematics. New York, London, 1945 (niet euclidische meetkunde).

Beth H.J.E.: Newtons Principia. deel I en II, Groningen 1932 (Newton).

Bunt L.H.M.: Van Ahmes tot Euclides. Groningen 1968 (meetkunde voor Euclides).

Dessen J. en W. Janssen: Operationaliseren, Traditie en Kritiek. Utrecht 1987 (ontdekking van Neptunus).

Dijksterhuis E.J.: De elementen van Euclides, deel II. Groningen 1930 (over bewijzen).

Dijksterhuis E.J.: De mechanisering van het wereldbeeld. Amsterdam 1950 (Newton).

Freudenthal H.: Konstrueren, Reflektieren, Beweisen in phänomenologische Sicht, in Dörfler W. en Fischer R. (eds.): 'Schriftenreihe Didaktik der Mathematik. Beweisen im Mathematikunterricht'. Wien 1979 (meetkunde voor Euclides).

Hofstadter D.R.: Gödel, Escher, Bach. New York 1979 (Euclidische meetkunde, Gödel).

Kindt M. en J. de Lange Jzn: Kansrekening. Culemborg 1984 (voorbeelden uit de kansrekening).

Kuhn T.S.: De structuur van wetenschappelijke revoluties. Meppel 1973 (Lavoisier, historische begripsvorming).

Kuhn T.S.: De noodzakelijke spanning. Meppel 1979 (idem).

Lange J. de Jzn: Mathematics Insight and Meaning. Utrecht 1987 (tweetrapsstoetsen).

Mulder H.: Sport en Wiskunde, in 'Euclides' 63 (3), 1987, pag. 81-84 (hardlopers).

Streefland L.: Probleemoplossen, heuristische en realistisch wiskundeonderwijs, in 'Euclides' 60 (10), 1985, pag. 343-348 (optellen).

Streefland L.: Dichtheden in leerprocessen, in 'Tijdschrift voor Didactiek der Natuurwetenschappen' 2 (2), 1984, pag. 72-87 (dichtheid).

Vos W. de: Corpusculum Delicti. Utrecht 1985 (chemische reactie, Neptunus).

BATTERIJEN, MOLECULEN en ATOMEN

De termen theorie en model in het natuurwetenschappelijk onderwijs

J.G. Hondebrink

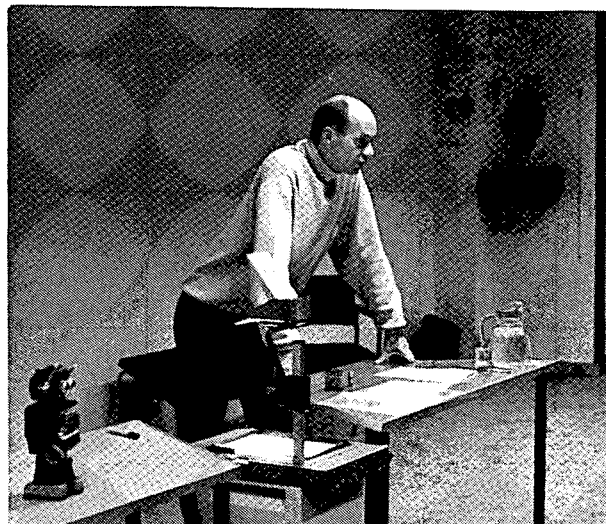
Inleiding

Batterijtjes zijn er in vele soorten: staafbatterijtjes, platte batterijen, knooppellen, loodaccu's, nikkel-cadmiumbatterijen, brandstofcellen, "alkaline"-batterijtjes, enzovoort.

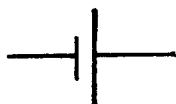
Als je leerlingen de werking van een batterij wilt laten begrijpen is het verstandig het centrale principe (de theorie) uit te leggen: een redox-reaktie-op-afstand.

Dit voorbeeld illustreert het gebruik van onder meer de termen theorie en model. We doen dat ook aan de hand van de molecuul- en atoomtheorie.

De conclusie is dat in het onderwijs de termen theorie en model niet door elkaar gebruikt moeten worden. Slordigheid in taalgebruik van wetenschappers onder elkaar is niet erg, maar in het onderwijs, en zeker in het beginonderwijs, dient men de duidelijkste woorden te kiezen.



Iedere natuur- en scheikundeleraar weet wat het volgende voorstelt:



Het is het afgesproken symbool voor een gelijkstroombron. Niemand noemt dit een model, hoewel je met veel goede wil er een (zeer gestileerde) afbeelding van een elektrochemische cel in kunt zien.

Van de gelijkstroombronnen beperken we ons tot de elektrochemische cellen, meestal batterijen genoemd, hoewel er officieel pas sprake is van een batterij als er meer cellen gekoppeld zijn.

De werking van een batterij hoort tot de standaardonderwerpen op school; tenminste voor de leerlingen die scheikunde gekozen hebben. In de onderbouw zal de batterij bij natuurkunde alleen genoemd en gedemonstreerd worden: een ding dat een spanning heeft tussen de twee polen en daardoor (gelijk)stroom kan produceren. De scheikunde van een batterij is te ingewikkeld om in het enige verplichte jaar scheikunde, klas 3, te kunnen behandelen. Trouwens, andere onderwerpen verdienen voorrang in de 66 lessen die 2 lessen per week in totaal opleveren.

In de bovenbouw behandelen we dus wel de werking van een batterij.

Batterijen

Batterijen zijn er in diverse vormen. Staafbatterijen, platte batterijen, de accu, de knooppellen, enzovoort. Sommige batterijen zijn oplaadbaar, de meeste niet. Verder zijn er verschillen in grootte. Veel mensen weten dat er lood in een accu zit (het is dan ook loodzwaar), dat je nikkelcadmiumbatterijen en "alkaline" batterijtjes hebt (die duurder zijn) en dat je uitgeputte knooppellen bij de fotohandel moet inleveren omdat er kwik in zit.

Er zijn dus heel wat uitvoeringsvormen van de batterij en het is heel goed mogelijk dat een leerling bij een dergelijke konfrontatie door de bomen het bos niet meer ziet.

En hier komt de kracht van de theorie en van het model.

Alle elektrochemische cellen werken volgens het principe van figuur 1. Er zijn twee verschillende stoffen, waarvan de ene elektronen zou willen opnemen en de andere elektronen zou willen afstaan. Ze raken elkaar niet, ze zijn gescheiden door een ionaire oplossing. Als je de twee stoffen "buitenom", met behulp van een geleidend materiaal, verbindt, gaan de elektronen daardoor.

Figuur 1 komt uit een scheikundeboek voor MAVO. Figuur 2 komt uit dezelfde serie, nu uit het HAVO-boek. Daar wordt de officiële terminologie gebruikt. De elektronenopnemende stof heet in de scheikunde de oxidator, afgekort OX. (Ezelsbruggetje: een Ox neemt elektronen op).

De elektronenafgeevende stof heet de reductor, afgekort tot RED.

Als een oxidator en een reductor met elkaar reageren heet dat een redoxreactie. Daarbij veranderen OX en RED in een batterij langzaam in andere stoffen. Als de reactie compleet is, is de batterij uitgewerkt. De positieve en negatieve ionen van de ionaire oplossing dienen primair voor het ladingstransport: de ionen moeten dus kunnen bewegen; een pasta in plaats van een oplossing mag dus ook. In de regel is echter de elektrolyt-oplossing ook betrokken bij de reacties aan de oppervlaktes van de oxidator en de reductor. Reductor en oxidator heten ook vaak de elektroden of de polen van een batterij. Als hulp bij het elektronentransport én om draadaansluitingen mogelijk te maken wordt in een batterij vaak grafiet en koper gebruikt.

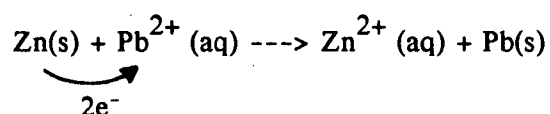
Alle batterijtjes die in de winkel te koop zijn, zijn uitvoeringsvarianten van het model dat in figuur 1 (of 2) is afgebeeld:

- twee verschillende stoffen, de ene de RED, de andere de OX;
- gescheiden door een elektrolyt.

De stoffen die als RED en OX fungeren kunnen variëren. Zink als RED en mangaan(IV)-oxide (bruinsteen) als OX zijn het bekendst.

De constructie kan variëren: zo is in de staafbatterij de reductor zink tegelijk het omhulsel. En door seriekoppeling van een aantal cellen kan de spanning van een batterij gevarieerd worden.

Chemisch gezien berust de werking van een batterij op een redoxreactie-op-afstand. Voorafgaand aan deze redoxreactie-op-afstand leren de leerlingen dan ook eerst "gewone" redoxreacties: reductoren en oxidatoren reageren in direct contact met elkaar. Een mooi voorbeeld daarvan is de reactie tussen zink en een loodzout, die neerkomt op een elektronenovergang van Zn atomen naar Pb^{2+} ionen:



Dit is een illustratie van de theorie voor deze chemische reacties. Die theorie is dat een (groot) aantal chemische reacties beschreven en begrepen kunnen worden door middel van elektronenovergang van de ene stof (die dan de RED heet) naar de andere (die dan de OX genoemd wordt). Dergelijke reacties heten redoxreacties.

Als je die theorie accepteert is de stap naar de redoxreactie-op-afstand niet groot en dan begrijp je ook de theorie van de elektrochemische cel. Elke redoxreactie leent zich dus voor een elektrochemische cel; aan de meeste kleven echter praktische en/of economische bezwaren.

Terzijde 1:

Dit onderwerp illustreert ook goed de graduele verschillen tussen MAVO, HAVO en VWO. In 4-MAVO moeten de leerlingen slechts het basis-principe van een cel leren. Zij hoeven daarbij geen enkele reactie te kennen.

In 5-HAVO moeten de leerlingen wel met de reactievergelijkingen in cellen overweg kunnen en moeten zij van de droge batterij (Leclanché) en de loodaccu de materialen en functies kennen.

In 5/6-VWO moeten de leerlingen bovendien bronspanningen kunnen afleiden (uit standaardelektrodepotentialen) en moeten zij met de wet van Nernst overweg kunnen, bijvoorbeeld in de pH-meter.

Terzijde 2:

Enkele kleine, maar voor het onderwijs van dit onderwerp belangrijke verworvenheden van de CMLS-experimenten zijn:

- De werkwoorden oxideren en reduceren kunnen beter vermeden worden: ze leiden tot vergissingen. De zelfstandige naamwoorden reductor en oxidator zijn eenvoudiger en voldoende. (De afkortingen RED en OX zijn officieel.)
- De termen anode en kathode kunnen beter vermeden worden. Hun definities zijn moeilijk te onthouden. De termen positieve en negatieve elektrode zijn eenvoudiger en voldoende.

Theorie en model

Het voorgaande bevat voor de meeste natuur- en scheikundeleraren geen of weinig nieuws. Het verhaal over de batterij diende om houvast te hebben bij een bespreking van de woorden "theorie" en "model".

Het begrip **theorie** heeft in de natuurwetenschappen in het algemeen een hoge status. We spreken van de molecuul- en atoomtheorie, van de relativiteitstheorie, van de theorie van de elektronenovergang bij redoxreacties, enzovoort.

De term theorie heeft ook een andere betekenis, namelijk **hypothese**, in het Nederlands: veronderstelling. Vooral op nieuwe terreinen van de natuurwetenschappen, zoals de biochemie en de kernfysica, worden steeds nieuwe hypothesen (theorieën) bedacht. Of deze theorieën overeind zullen blijven zal de tijd ons leren. De geschiedenis van de natuurwetenschappen is vol van hypothesen (theorieën) die gesneuveld zijn: ze bleken fout te zijn of minder goed te werken dan andere.

Ook de molecuul- en atoomtheorie was eens slechts een hypothese, een theorie. Men denke aan de felle commentaren die in 1874 Van't Hoff's verklaring voor optische activiteit opriep bij geleerden van naam. Het was dan wel toegestaan om atomen als werkhypothese aan te nemen, maar om deze atomen een ruimtelijke ordening in een molecuul toe te kennen, dat ging te ver.

Tegenwoordig is de molecuul- en atoomtheorie geen hypothese meer. Dat alle materie bestaat uit moleculen, welke bestaan uit een bepaald aantal atomen, van bepaalde soorten, in een bepaalde rangschikking of structuur, dat is tegenwoordig een fundament van de hele scheikunde en van een deel van de natuurkunde. (Dat voor bepaalde groepen stoffen: metalen, zouten het begrip molecuul niet toepasbaar is, is slechts een verbijzondering.)

De molecuul- en atoomtheorie is zo succesvol geweest dat bijna niemand in de natuurwetenschappelijke wereld deze theorie nog in twijfel trekt. We kunnen moleculen en atomen zelfs wel als werkelijk bestaand opvatten, ondanks het feit dat het zichtbaar maken nog steeds niet goed mogelijk is. Dat er hier en daar nog leraren zijn die het hypothetisch

karakter van de molecuul- en atoomtheorie in hun lessen benadrukken is dan ook onterecht te noemen. Het is weliswaar theoretisch denkbaar dat er ooit nog een nieuwe formule komt die de molecuul- en atoomtheorie vervangt, maar het is zeer overdreven om de leerlingen dit te willen inprenten.

In de pseudo-wetenschappelijke wereld, en dat is een wereld met miljoenen aanhangers, wordt het woord theorie ook vaak gebruikt: de theorie van de Bermuda-driehoek, van de levitatie, van UFO's, van aardstralen, enzovoort. Deze theorieën zijn uiterst speculatief en vaak onzinnig, hoewel de ware wetenschapper niet zo snel zal beweren dat iets onzin is: je geeft een bewering altijd het voordeel van de twijfel. (Pseudo-wetenschappers maken daar graag gebruik van.)

We moeten daarom bedenken dat onze leerlingen bij het woord "theorie" associaties zullen hebben met deze laatste betekenis: een speculatieve veronderstelling. Overigens is het niet zo dat alle "theorieën" uit de pseudo-wetenschappelijke wereld niet zouden voldoen aan de eis die de wetenschap aan hypothesen stelt, namelijk dat ze in elk geval toetsbaar en liefst ook falsifieerbaar zouden moeten zijn. Maar vele ervan voldoen niet aan het principe van Ockham: een theorie moet niet nodeloos ingewikkeld zijn, anders gezegd: de eenvoudigste theorie is de beste.

In de alfa-wetenschappen lijkt het woord theorie wel vervangen te zijn door het nieuwere woord **model**. Graag wordt daar uitgewijd over verschillende betekenissen van het begrip model (zie verder een woordenboek), maar vaak is model synoniem voor theorie. Zo'n theorie wordt namelijk vaak verbeeld door middel van een serie blokjes met pijltjes ertussen en typisch voor een model is het afbeeldings-karakter. Vandaar het door elkaar gebruiken van de woorden theorie en model. Voor de volledigheid: er zijn in de alfa-wetenschappen ook vele modellen die niet op een uitgesproken theorie gebaseerd zijn.

Deze alfa-invloed is ook merkbaar in de natuurwetenschappen en kan daar voor leerlingen soms tot verwarring leiden. Een goed voorbeeld daarvan is het gebruik van de term model in de molecuul- en atoomtheorie.

Moleculen en atomen

Is er verschil tussen (a) de molecuultheorie en (b) het molecuulmodel? Met "de molecuultheorie" bedoelen we de theorie dat alle materie uit moleculen bestaat.

Met "het molecuulmodel" kan iemand hetzelfde bedoelen als met "de molecuultheorie": de alfa-invloed is dan sterk. Maar ook kan met "het molecuulmodel" bedoeld worden: de voorstelling van moleculen: hoe moleculen er waarschijnlijk uitzien. Deze laatste betekenis past beter bij het woord **model**, want typisch voor een model is dat je dat kunt **tekenen**, afbeelden.

Voor leerlingen kan het zodoende verwarrend zijn de term molecuulmodel te gebruiken in plaats van molecuultheorie.

Deze woordenkwesitie wordt ingewikkelder als we de termen theorie en model koppelen aan het begrip atoom. Als we het voorbeeld van 'molecuultheorie' en 'molecuulmodel' doortrekken zou het volgende ontstaan. "De atoomtheorie" is de theorie dat alle materie uit atomen bestaat. "Het atoommodel" is de voorstelling die men zich van atomen maakt.

Zo heten de plastic bolletjes met drukknopen atoommodellen. Verder heb je het atoommodel van Dalton (massieve bolletjes), van Thomson (het krentebolmodel), van Rutherford (zeer kleine positieve kern en daaromheen elektronen), van Bohr (elektronen in discrete banen), enzovoort. Al deze atoommodellen kun je tekenen: het zijn dus echte modellen. Zou er dus maar één atoomtheorie met vele atoommodellen zijn?

Dat zou alleen waar zijn als taal geen dubbelzinnigheden zou kennen en zo is taal vaak niet, zelfs niet in de exacte wetenschappen.

De taal

Als de woorden "theorie" en "model" netjes uit elkaar gehouden zouden worden zouden er weinig misverstanden zijn. Taal is echter behoorlijk autonoom: woorden en begrippen worden gebruikt zoals men ze nu eenmaal gebruikt. En gebruiken veranderen ook nog, woordenboeken moeten daarom dan ook steeds worden herzien en bijgewerkt.

Zo is het ook met een begrip als atoomtheorie. Veel natuurkundeboeken hebben een hoofdstuk Atoomtheorie. In het Engels is dit in elk geval een veel gebruikt woord waarmee dan niet het basis-idee bedoeld wordt dat alle materie uit atomen bestaat. Daar zou je ook geen heel hoofdstuk voor nodig hebben. In een hoofdstuk Atomic Theory gaat men in op de theorieën over de bouw van atomen, resulterend in de vele verschillende atoommodellen.

Dit voorbeeld brengt ons op nog een invloed op de terminologie in het Nederlands: de invloed van de vreemde talen, vooral van het Engels. In Nederlandse vaktalen worden buitenlandse woorden makkelijk en snel overgenomen. Zo is bijvoorbeeld het Engelse woord "concept" in vak-didactische kringen heel populair geworden: het wordt dan gebruikt voor het Nederlandse woord begrip: het concept energie in plaats van het begrip energie.

In het Engels scoort het woord "model" (spreek uit: maddel) tegenwoordig hoog (misschien ook wel onder invloed van de alfa-wetenschappen) en dat verklaart ook de toename van het gebruik van dat woord in het Nederlands.

Taal en onderwijs

Voor natuurwetenschappers zijn deze taal-dubbelzinnigheden niet zo'n probleem, zij worden er meestal niet door in verwarring gebracht. In het natuurwetenschappelijk onderwijs ligt dat anders. Daar is het zaak om de minst dubbelzinnige woorden te kiezen, woorden die liefst maar één duidelijke betekenis hebben. Pas als de leerling vertrouwd is met het onderwerp kan hij of zij blootgesteld worden aan de in de wetenschappen (en trouwens in het hele leven) bestaande onzorgvuldigheid en (soms zelfs) dubbelzinnigheid in terminologieën.

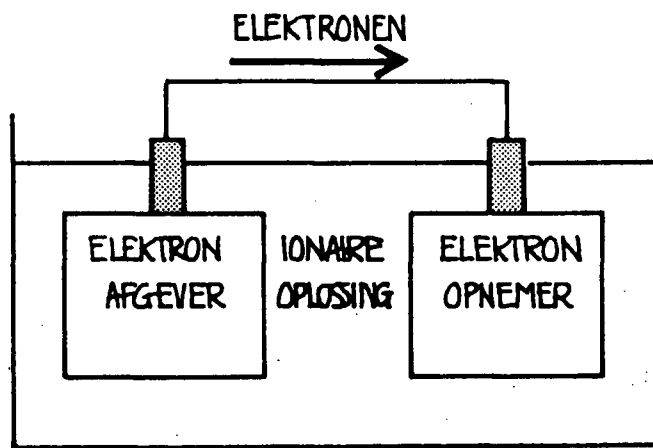
En bovendien: wij als leraren hebben geen macht over de taal zoals die in de maatschappij gebruikt wordt. We hebben echter wel macht over ons eigen taalgebruik in de klas.

Uit het voorgaande zal duidelijk zijn dat ik pleit voor eerherstel van het woord theorie in het natuurwetenschappelijk onderwijs, zeker in de eerste leerjaren. De term model kunnen we beter reserveren voor: afbeelding of voorstelling van een ding, van een onderwerp.

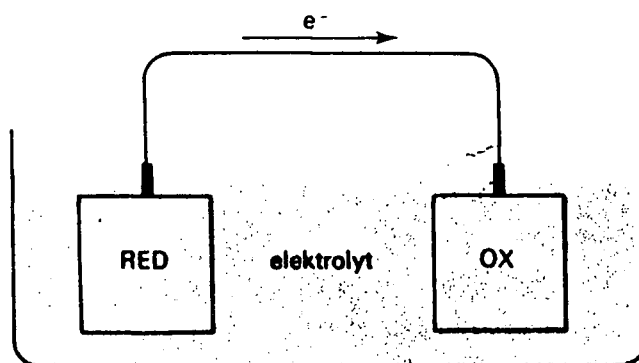
In een slagzin samengevat: een theorie is bedacht
een model kun je tekenen.

Ik kom tenslotte nog even terug op de molecuul- en atoomtheorie. Zoals al gezegd zijn er nog steeds leraren die het hypothetische karakter van moleculen en atomen benadrukken en dat dat een opvatting is die meer in de vorige dan in deze eeuw thuis hoort.

Iets anders is het met het atoommodel of de atoommodellen (of desgewenst: de atoomtheorieën). Wel geldt daarvoor als vast uitgangspunt het Rutherfordse model: een zeer kleine positieve kern met daaromheen veel lege ruimte met negatieve elektronen. Maar hoe je je die negatieve lading, die elektronen moet voorstellen, daar zijn vele modellen voor mogelijk. Enige relativering inzake de structuur van de 'elektronenwolk' moet echter niet leiden tot relativering van het bestaan van atoomkernen, laat staan tot het relativëren van het bestaan van atomen op zich.



figuur 1



figuur 2

- * Deze inhoud werd uitgesproken op de natuurkundeconferentie van 12 december 1987 te Noordwijkerhout, de zogeheten 'Woudschotenconferentie'.
- * Met dank aan Kerst Boersma voor de stimulerende discussie.

COO-ONTWIKKELING ELEKTRISCHE STROOM AAN DE HAND VAN DE SYSTEMATISCHE PROBLEMATIEK

F. Beltman

1. Voorwoord

Het SCOOR-project, het Samenwerkingsproject Computer Ondersteunend Onderwijs Remedial teaching, betrof een onderzoek naar de inzetbaarheid van de onderwijsvorm **Computer Ondersteund Onderwijs in het HBO**. Daartoe werd in het kader van het project een praktijkexperiment uitgevoerd, waarin Computer Ondersteund Onderwijs feitelijk werd beproefd. Het project is, op initiatief van de werkgroep COO-HBO, gestart in september 1982. Het werd uitgevoerd door docenten van in totaal 19 participerende HBO-instellingen (HTO, HEAO, HNO, HLO) en medewerkers van het Onderwijskundig Centrum CDO/AVC van de TH-Twente. Voor de toepassing van COO in het SCOOR-project is exemplarisch gekozen voor het terrein van de aansluitingsproblematiek, met name vanwege het algemeen landelijke karakter van de aansluitingsproblemen. Samen met enkele extra aangetrokken medewerkers ontwikkelden docenten, verbonden aan de experimenteerscholen courseware op de leerstofgebieden **wiskunde, natuurkunde, chemisch rekenen en scheikunde**, waarbij het niveau is gesteld op dat van het HAVO-eindexamen.

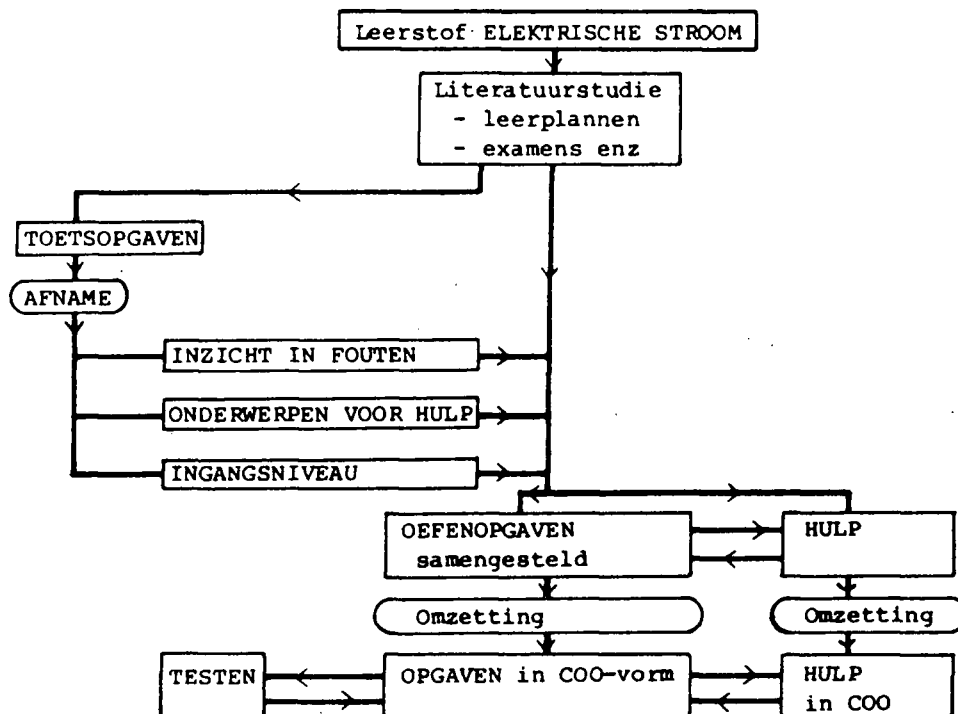
Zoals al gezegd was het hoofddoel van het SCOOR-project na te gaan in hoeverre COO in het HBO inzetbaar is. Een hieruit **afgeleid doel** was: het ontwikkelen van Remedial Teaching lessen voor Natuurkunde in COO-vorm t.b.v. binnenkomende studenten. In september 1984 is de ontwikkelgroep Natuurkunde met haar werkzaamheden begonnen. Achtereenvolgens wordt ingegaan op de doorlopen ontwikkelstadia en op de methodische probleemaanpak zoals die in de COO-opgaven is gehanteerd.

2. De doorlopen ontwikkelstadia

In september 1983 heeft onder HAVO en HBO docenten een enquête plaatsgevonden om te achterhalen voor welk leerstofonderwerp uit de Natuurkunde het zeer gewenst is Remedial Teaching lessen te construeren. O.a. op basis hiervan is gekozen voor het leerstofonderwerp **elektrische stroom**.

Figuur 1 geeft een overzicht van de doorlopen ontwikkelstadia.





Figuur 1: Ontwikkelstadia van de COO lessen Natuurkunde

Een korte toelichting

Na een literatuurstudie van de HAVO-stof Elektrische stroom zijn een 10-tal toetsopgaven samengesteld (bestaande uit enkelvoudige en eenvoudige samengestelde opgaven). Door de leden van de groep zijn op hun scholen deze aan eerste-jaarsstudenten afgenomen.

Het doel hiervan was inzicht te verkrijgen in

- de soorten fouten die studenten maken, zodat in de COO-lessen op deze fouten adequaat geanticipeerd kan worden.
- het niveau van de studenten. Uit deze toets bleek dat het ingangsniveau van een groot aantal studenten laag was. Hiermee is bij het samenstellen van de oefenopgaven rekening gehouden.

Ook bleek uit de toetsresultaten dat het gewenst is bepaalde onderwerpen nader aan de student uit te leggen, zoals bijv. het SI-stelsel en het omrekenen van eenheden. Deze en andere onderwerpen zijn in de zogenaamde hulpparagraaf opgenomen. Figuur 2 geeft de inhoud van deze hulpparagraaf aan. Tijdens het maken van de COO-opgaven kan de student vrijwel steeds voor hulp deze paragraaf raadplegen.

ELEKTRISCHE STROOM

- 1) Lijst van kernbetrekkingen
- 2) Lading en stroomsterkte
- 3) Spanning, weerstand en Wet van Ohm
- 4) Soortelijke weerstand
- 5) Vervangingsweerstand van serie- en parallelweerstand

ANDERE ONDERWERPEN

- 6) Grootheden, eenheden en het omrekenen van eenheden
- 7) Wetenschappelijke notatie en nauwkeurigheid in significante cijfers
- 8) Omtrek en oppervlakte van een cirkel, en oppervlakte en inhoud van een bol
- 9) SPA: SYSTEMATISCHE PROBLEEM AANPAK

Figuur 2: Overzicht van de hulpparagraaf

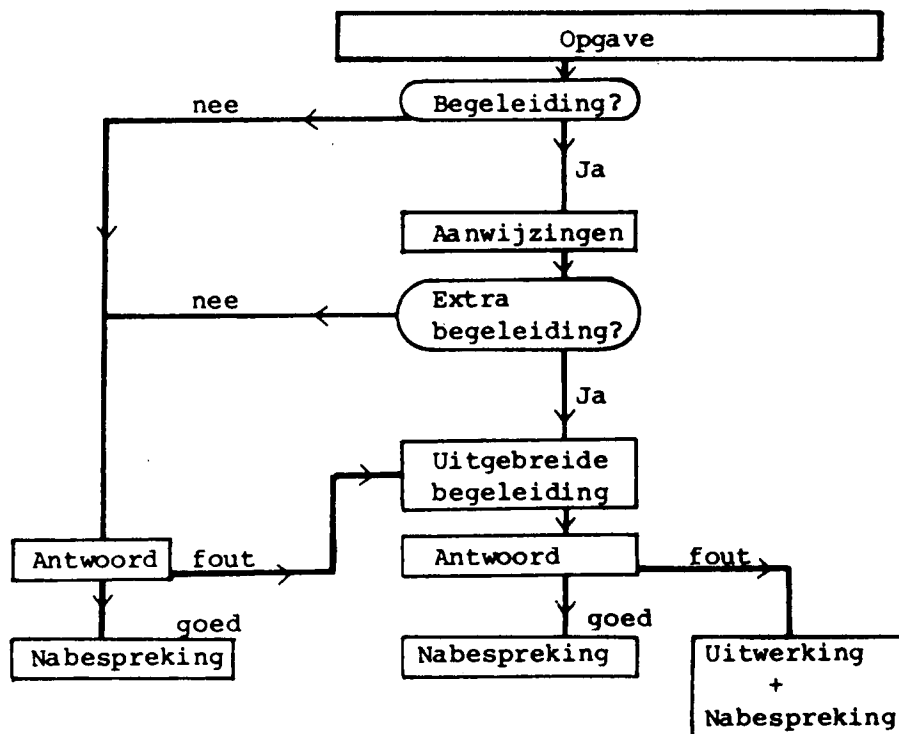
Zoals uit de hulpparagraaf blijkt heeft de student de beschikking over een lijst met kernbetrekkingen. Deze lijst, zie figuur 3, geeft het verband aan tussen de grootheden uit de elektrische stroom.

ES1	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$
ES2	$V = I \cdot R$
ES3	$R = \rho \frac{l}{A}$
ES4	$R_v = \sum R$
ES5	$\frac{1}{R_v} = \sum \frac{1}{R}$
ES6	$E = V \cdot I \cdot \Delta t$
ES7	$P = V \cdot I$
ES8	$P = \frac{E}{\Delta t}$

Figuur 3: Lijst met kernbetrekkingen Elektrische Stroom

3. De aanpak van de opgaven

We gaan hierbij achtereenvolgens in op het stroomschema van de opgaven en de probleem-aanpak; tot slot geven we in een voorbeeld aan hoe op een antwoord van een student wordt geanticipeerd.



Figuur 4: Het globale stroomschema

Het stroomschema

Figuur 4 geeft het globale stroomschema van vrijwel alle opgaven weer. Na presentatie van de tekst krijgt de student de keuze: "wil je begeleiding of geef je direct antwoord". Bij begeleiding krijgt de student beperkte aanwijzingen zoals: "maak een overzicht van de gegevens en het gevraagde in de juiste eenheden. Maak zonodig een schakelschema. Met welke (kern)betrekking denk je het gevraagde te kunnen berekenen? Als de student aan deze aanwijzingen niet voldoende heeft kan hij kiezen voor een uitgebreide begeleiding, welke plaats vindt volgens de systematische probleemaanpak. Hierop wordt hierna nog uitgebreid ingegaan. Na de uitgebreide begeleiding krijgt de student een aantal malen de kans het juiste antwoord te geven. Lukt dit niet dan krijgt hij de uitwerking, met eventueel een nabespreking.

Geeft de student, zonder dat hij de uitgebreide begeleiding heeft doorlopen een aantal malen een fout antwoord, dan krijgt hij alsnog de uitgebreide begeleiding.

Indien een student het juiste antwoord heeft ingetypt, krijgt hij zonodig een korte nabespreking.

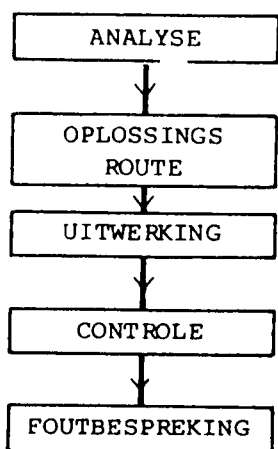
Opmerking: i.g.v. een enkelvoudige opgave wordt geen uitgebreide begeleiding gegeven.

De probleemaanpak

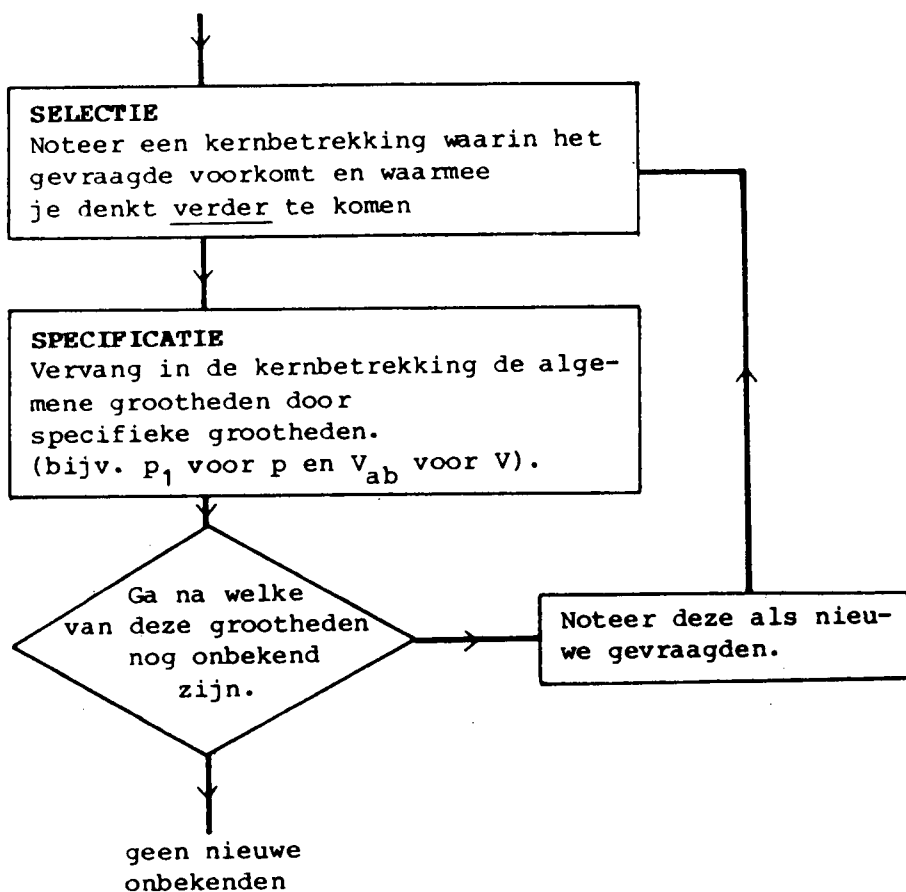
Gebleken is dat de wijze waarop (vooral binnenkomende) studenten de opgaven oplossen weinig acceptabel is. Veelal lukt het oplossen alleen als ze een bepaald type opgave herkennen en er voldoende mee hebben ge oefend. Vanuit de gegevens, zoals ze dat veelal op de middelbare scholen hebben geleerd, wordt het gevraagde bepaald. Bij een nieuw type opgave haken ze af. Ze proberen hier en daar een formule en hopen min of meer op goed geluk tot de oplossing te komen.

Deze manier van oplossen van een opgave is ongewenst omdat de studenten daarmee geen zicht krijgen in het vak en de wijze waarop dit in concrete problemen moet worden toege-

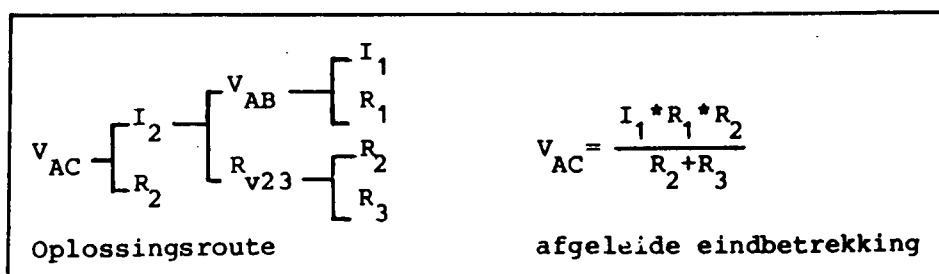
past. Nieuwe problemen kunnen ze veelal nog niet systematisch aanpakken en de opgedane kennis en ervaring is fragmentarisch en wordt al weer snel vergeten. O.a. daarom is gekozen voor een methodische aanpak, een heuristiek, die we de Systematische Probleem Aanpak noemen. Deze aanpak is eerder uitgewerkt en beproefd in het reguliere onderwijs voor o.a. Thermodynamica, Elektriciteit en Magnetisme en Mechanika (Mettes en Pilot, 1980; Van Weeren e.a., 1982; De Jong en De Zwart, 1983). Een andere reden is: wil je de student begeleiden dan zal de student de opgave op een bepaalde wijze moeten aanpakken, want begeleiding is anders onmogelijk. Figuur 5a en 5b geven schematisch de Systematische Probleem Aanpak weer zoals wij die hebben gehanteerd. In de uitgebreide begeleiding, zie figuur 4, wordt deze aanpak gehanteerd.



Figuur 5a: Hoofd fasen van de SPA-aanpak



Figuur 5b: Stappen bij het vinden van de oplossingsroute



Figuur 5c: Voorbeeld van een oplossingsroute en de hieruit afgeleide eindbetrekking

Toelichting figuur 5a, b en c

In de analyse ordent de student de gegevens en het gevraagde en zet ze in de juiste eenheid. Hij maakt zonodig een schema en geeft indien gevraagd een schatting van het eindantwoord. Deze schatting blijkt slechts in een beperkt aantal opgaven gewenst. Uitgaande van de gevraagde grootheid wordt een oplossingsroute bepaald.

Om de oplossingsroute te vinden (zie figuur 5b), worden steeds de volgende 3 stappen doorlopen:

- selectie van een kernbetrekking;
- specificatie van een kernbetrekking;
- vaststelling van nieuwe gevraagd.

Figuur 5c geeft een voorbeeld van een oplossingsroute die op deze wijze is gevonden. De route is gevonden wanneer alle eindpunten van de route bekende grootheden zijn.

Hierna volgt de uitwerking. Deze bestaat uit de afleiding van de eindbetrekking, uit de oplossingsroute, en het antwoord voor de gevraagde grootheid.

Tot slot kan het gegeven antwoord nog kritisch worden bekeken door het te vergelijken met bijv. de schatting; ook kunnen zonodig de door de computer gesignaleerde fouten worden besproken.

De oplossingsroute is van onderstaande opgave. Deze opgave is tijdens de voordracht stap voor stap uitgewerkt volgens de beschreven aanpak.

Tussen 2 punten A en B bevinden zich drie weerstanden nl. $R_1 = 5.0 \text{ } [\Omega]$, $R_2 = 6.0 \text{ } [\Omega]$ en $R_3 = 3.0 \text{ } [\Omega]$. Weerstand R_1 staat parallel geschakeld met de in serie geschakelde weerstanden R_2 en R_3 . De stroom I_1 is $9.0 \text{ } [A]$ en gaat van A naar B door weerstand R_1 . Tussen R_2 en R_3 ligt het punt C. Hoe groot is nu de spanning V_{AC} ?

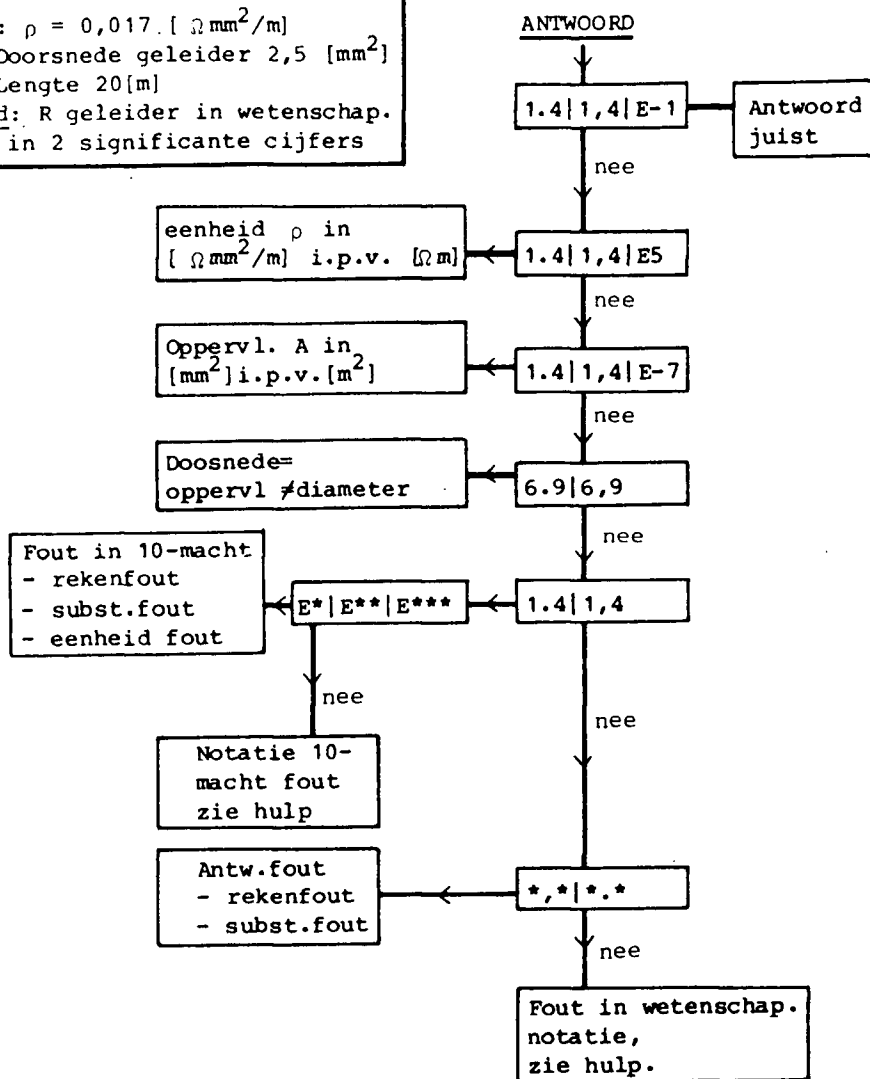
Het anticiperen op een fout antwoord

Nu volgt een voorbeeld van de wijze waarop op een antwoord van een student kan worden geanticipeerd. Het betreft hier het eindantwoord van de opgave zoals die in figuur 6 is gegeven.

Om goed op een antwoord te kunnen anticiperen is het noodzakelijk dat dit op een zoveel mogelijk eenduidige wijze wordt ingetypt.

Wanneer er fouten in de 10-macht worden verwacht, wordt de student gevraagd het antwoord in wetenschappelijke notatie in te typen. Hierdoor kan, zoals uit het voorbeeld zal blijken, het ingetypte antwoord goed worden herkend en is daardoor een gerichte terugkoppeling naar de student mogelijk.

Opgave:
 Gegeven: $\rho = 0,017. [\Omega \text{mm}^2/\text{m}]$
 Doorsnede geleider $2,5 [\text{mm}^2]$
 Lengte $20[\text{m}]$
 Gevraagd: R geleider in wetensch.
 notatie in 2 significante cijfers



Figuur 6: Voorbeeld van anticipatie op een antwoord van een student

Toelichting figuur 6

Het ingetypte antwoord wordt vergeleken met de aangegeven alternatieven. Het eerste alternatief (1.4|1,4|E-1) is het juiste antwoord. Bij de volgende 2 alternatieven is een fout gemaakt in de macht van 10, doordat de gegeven grootheden rho respectievelijk A fout zijn ingevuld.

In het 4de alternatief (6.9|6,9) wordt de mantisse gecontroleerd.

Komt de mantisse van het antwoord hiermee overeen dan is de doorsnede opgevat als diameter. In het 5de alternatief (1.4|1,4) wordt de juistheid van de mantisse gecontroleerd. Is deze correct dan wordt de notatiewijze (E*|E**|E***) van de 10-macht gecontroleerd. Afhankelijk van de juistheid hiervan krijgt de student terugkoppeling (Opmerking: * staat voor een wildcard. Hiermee wordt gecontroleerd of de student op die plaats een karakter heeft ingetypt).

Is alternatief 5 (1.4|1,4) fout, dan wordt tot slot in alternatief (*.*|*.*) de notatiewijze van de mantisse gecontroleerd. Afhankelijk van de juistheid hiervan krijgt de student terugkoppeling.

Natuurlijk krijgt de student na het eerste foute antwoord een aantal keren de mogelijkheid om tot een goed antwoord te komen.

4. Slotopmerkingen

Aan het eind van de voordracht vond een (te) korte geanimeerde discussie plaats. Dit gebeurde aan de hand van het uitgewerkte voorbeeld. Het ging hierbij vooral om de volgende punten:

1. In hoeverre is deze aanpak hanteerbaar in het HAVO-Natuurkunde onderwijs?
2. Een andere aanpak leidt soms tot een beter inzicht in de Natuurkunde en tot een snellere oplossing.

ad 1

De stap: het afleiden van de eindbetrekking uit de oplossingsroute, vond een aantal docenten voor HAVO leerlingen te ver gaan. Volgens hen moet je de leerlingen het antwoord laten berekenen en vanuit de oplossingsroute door het invullen van getallen.

Volgens mij is echter het afleiden van de eindbetrekking wel gewenst om o.a. de volgende redenen:

- Uit de eindbetrekking is de invloed van de verschillende grootheden op het antwoord direct af te lezen. Dit bevordert het inzicht in het probleem.
- Overbodig rekenwerk wordt voorkomen.
- Dimensie- en eenhedencontrole is beter mogelijk.

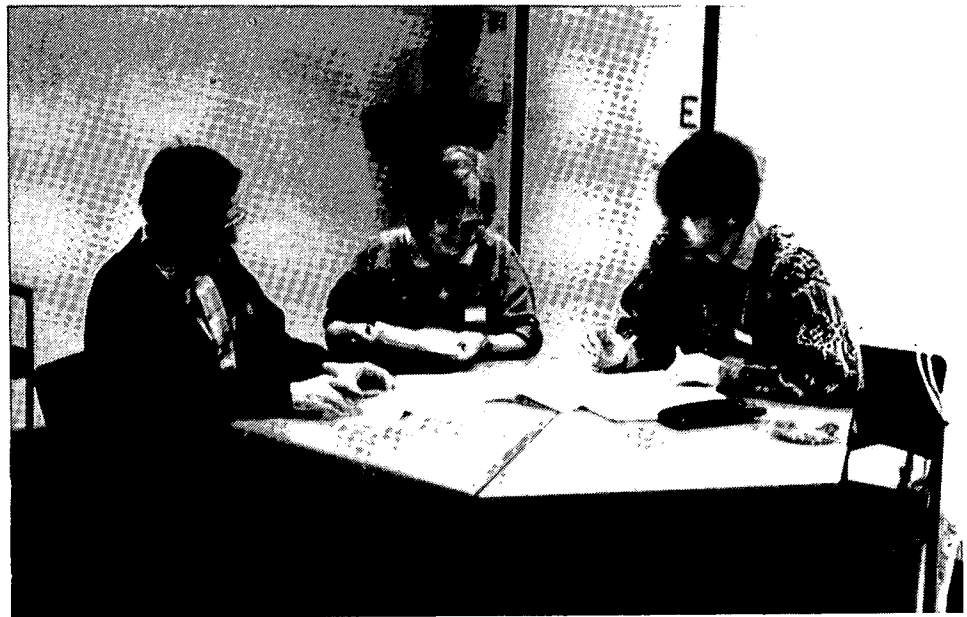
In het technische vervolgonderwijs wordt er veelal van uitgegaan dat de leerlingen het afleiden van de eindbetrekking beheersen. In hoeverre dit haalbaar is op de HAVO zou eens nagegaan moeten worden.

ad 2

Binnen de Systematische Probleem Aanpak is ruimte voor andere aanpakken. Zo is bijv. het bepalen van de vervangingsweerstand van in serie- en parallel-geschakelde weerstanden volgens de beschreven stappen van figuur 5b nogal omslachtig. Veel sneller is de vervangingsweerstand volgens de gebruikelijke aanpak (algoritme) te bepalen. Deze gebruikelijke aanpak verdient dan ook binnen de Systematische Probleem Aanpak de voorkeur.



deel 2: werkgroepen



EEN AUTORITAIRE MONOLOG

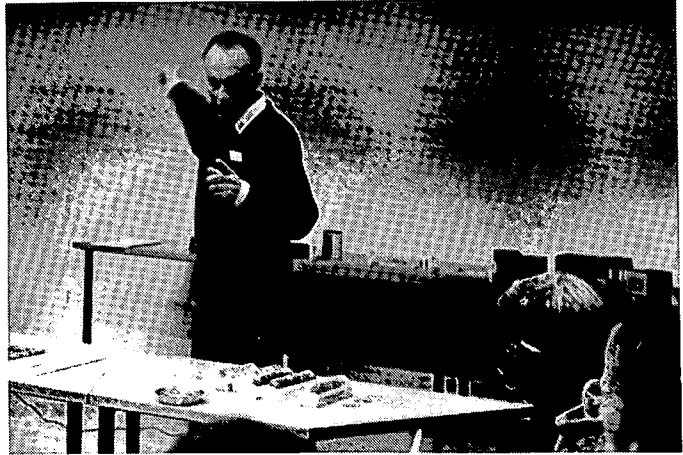
Hubert Biezeveld

De meeste opticamethoden gaan uit van lichtstralen en beeldvorming komt dan pas veel later aan de orde. In deze werkgroep liet ik zien hoe ik probeer mijn leerlingen 'oog te geven' voor beelden.

"Waar kijk je naar als je in een spiegel kijkt of een lens gebruikt?"
"Waar zit dat beeld? Op het glas, achter het glas, of tussen jou en het glas?"

Met die vragen houd ik me de eerste lessen bezig en dat kan volgens mij alleen als ik de leerlingen leer om te kijken en daar hoort bij dat ze een

paar lessen precies moeten doen wat ik zeg en voordoe. Vandaar de stuitende titel van de werkgroep.



Je kunt deze vragen zonder echte 'leermiddelen' beantwoorden als je de leerlingen spiegeltjes, lenzen en stukjes transparant papier in handen geeft. Maar voor ik dat doe, laat ik zien wat **parallax** is en hoe je daar gebruik van kunt maken om een beeld te lokaliseren. Als je je hoofd beweegt, gaat het verst verwijderde voorwerp het snelst met je mee (net als de maan aan de hemel). Als men die truc doorheeft, kan men zonder transparant papier de plaats van beelden bepalen.

Het raadsel "Twee vaders en twee zonen gingen uit jagen en ze kwamen alle drie met een haas thuis", slaat natuurlijk op grootvader, vader en kleinzoon. Maar in de optica zijn het: reëel voorwerp, beeld van een eerste instrument= voorwerp voor een tweede instrument en tenslotte het beeld van dat tweede instrument. Met een overhead-projector waar je de schuine spiegel eerst van weghaalt is dat goed te demonstreren.

De overhead-projector is trouwens toch een ideaal hulpmiddel bij de opticalessen. Maarten van Woerkom liet dat later ook nog zien.

Tot slot een simpel trucje dat bij velen onbekend was: Je kunt het contrast van een golfbakproef op de overhead-projector verbeteren door een stukje karton ter grootte van een gulden op de lens te leggen. Je onderschept daarmee het direct doorgaande licht en je krijgt daarmee een primitieve maar efficiënte donkerveldverlichting. Om het wat deftiger te zeggen: In het doorgaande licht zit de 'nulde orde' en die bevat geen informatie. Zie verder bijvoorbeeld Kronig, Leerboek der natuurkunde, hoofdstuk V, par. 25-27.

METEN MET DE COMPUTER

I. de Bruijn en L.J. Lambers (Universiteit Twente)

Dit verslag behandelt achtereenvolgens:

- A. De werkgroep-omschrijving zoals uitgereikt aan de werkgroep-deelnemers.
- B. Doel van het practicum.
- C. Meten met de computer.
- D. Korte beschrijving van de drie proeven.
- E. Diskussie.



A. Meten met de computer in het Natuurkunde Onderwijs

De Universiteit Twente (U.T.) beoogt met haar werkgroep ten eerste de deelnemers van de werkgroep in de gelegenheid te stellen kennis te maken met de computer in het natuurkundepracticum, en ten tweede de discussie te stimuleren over de reden waarom de computer ingezet kan worden in het practicum.

In de werkgroep komen drie "geautomatiseerde" practicumopstellingen, die in het eerstejaars Natuurkunde practicum aan de U.T. gebruikt worden, aan de orde.

Eerst wordt één van de opstellingen gedemonstreerd en besproken. Vervolgens voeren de deelnemers van de werkgroep zelf één of twee van de andere twee proeven uit.

Tenslotte discussiëren de deelnemers van de werkgroep over hun ervaringen met de opstellingen, waarbij ingegaan wordt op de verschillen in de doelen van het practicum voor voortgezet onderwijs en voor het universitair onderwijs.

B. Doel van het practicum op de U.T.

De student moet leren bij gegeven opdracht en gegeven apparatuur een experiment te plannen, uit te voeren en te evalueren. De opdracht kan liggen op verschillende deelgebieden van de natuurkunde, zoals mechanica en trillingsleer, elektriciteit en magnetisme, warmte en energie, optica, elementaire meettechniek.

De planning houdt in:

- het zelf formuleren van een operationeel doel van het experiment
- het bijeenzoeken van een theoretische basis en relevante formules (op grond van een handleiding en literatuur-suggesties), resulterend in het opstellen van een meetmodel waarmee de relatie tussen gevraagde en meetbare grootheden bepaald wordt
- het bedenken van een geschikte verwerkingsmethode voor de te verzamelen data
- het analyseren van de te verwachten nauwkeurigheid
- het bedenken van meetopstelling en het meetprogramma, te gebruiken schakelingen, te gebruiken meetgebieden

Bij de uitvoering van het experiment wordt de nadruk gelegd op het ter plaatse vastleggen van zowel meetgegevens als de gedachtengang, o.a. tussentijdse conclusies (*journaal*). De neerslag van de planning in het journaal wordt de **meetprocedure** genoemd.

C. Metten met de computer

De computer wordt op de U.T. reeds in het eerste jaar geïntroduceerd. Wij zijn van mening dat dit apparaat als meetinstrument en als dataverwerker zodanig bij het beroep van natuurkundige hoort, dat de kennismaking hiermee onderdeel van de propedeuse behoort te zijn.

Aan het gebruik van de computer zijn de volgende voorwaarden gesteld:

1. Het moet duidelijk worden, hoe de computer in de meet-opstelling is opgenomen, dat er een sensor is en een interface, dat in het programma elementen van de meetprocedure zijn verwerkt.
2. De computer wordt alleen toegepast bij experimenten, die door het inzetten van de computer een **meerwaarde** verkrijgen. (b.v. betere meetprocedures mogelijk maken).
3. Van de student wordt **geen programmeren** verwacht.
4. Bij het experiment moeten essentiële keuzen, zoals die ook bij het opstellen van de meetprocedure worden gemaakt, aan de student voorbehouden blijven.

Eisen 3 en 4 leiden in de praktijk tot menugestuurde programma's, die een deel bevatten van datgene, wat bij een klassieke proef in de schriftelijke instructie wordt gezet. Het is nog niet direct duidelijk, hoe dan de totale instructie (in de computer en schriftelijk) moet worden.

D. Inleiding op de 3 proeven

Om te voorkomen dat de leden van de werkgroep zelf eerst nog de practicumhandleidingen moeten lezen, worden de proeven kort ingeleid voorafgaand aan de uitvoering ervan.

1. **Weerstand van Germanium.**

Een staafje intrinsiek Germanium wordt langzaam opgewarmd in een bad met olie. De weerstandswaarde wordt met een universeelmeter gemeten en via een interface naar de computer gestuurd. Tevens wordt van een thermokoppel de thermospanning geregistreerd. De computer middelt tien achtereenvolgende meetpunten, berekent de temperatuur, $1/T$ en $\log R$ en zet de laatste twee grootheden in een grafiek, die volgens de theorie een rechte lijn moet opleveren:

$$R = R_0 \cdot \exp(W_g/2kT).$$

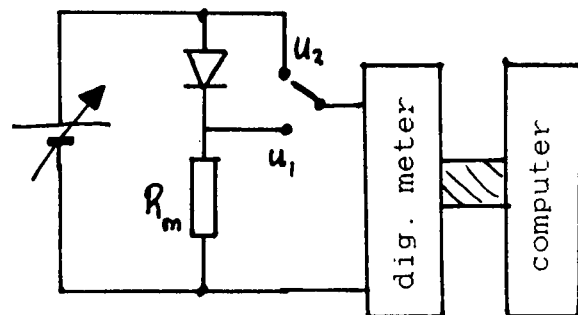
2. **Diodekarakteristiek.**

Deze proef is bedoeld om de student voor de eerst keer te confronteren met een computergestuurde meting. Door een diode die in serie staat met een weerstand wordt een (instelbare) stroom gestuurd (zie figuur). De spanningen U_1 en U_2 worden in de computer gelezen, U_1 wordt omgerekend tot de stroom, $U_2 - U_1$ is de spanning over de diode.

Een meetserie kan op schijf worden gezet, grafisch op het scherm worden gebracht, aangevuld etc.

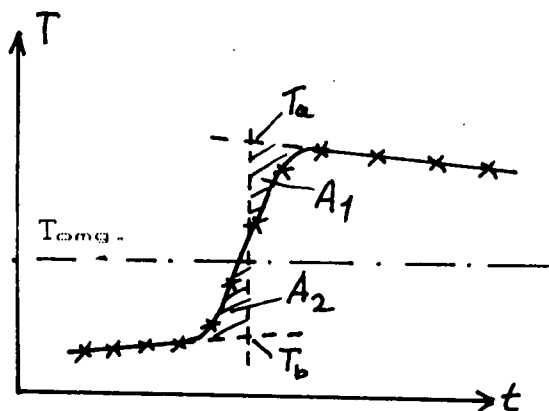
Het maximum aantal meetpunten is vijftien.

Nb: Omdat deze proef vooral een didactisch doel heeft (introductie), is gekozen voor een meting waarbij -bij uitzondering- de computer géén meerwaarde oplevert.



3. Joulemeter.

Met een joulemeter worden hoeveelheden warmte gemeten, waarbij het voornaamste meetprobleem ligt in het vastleggen van het temperatuurverschil en het vermijden van een systematische fout door warmtelek. Dit kan o.a. gebeuren door het temperatuurverloop voor, tijdens en na de 'stookperiode' te registreren, de lijnen van voor- en naperiode te verlengen en de lijn te trekken die oppervlakten A_1 en A_2 gelijk maakt:



$T_a - T_b$ is het gecorrigeerde temperatuurverschil. De computer kan niet alleen het temperatuurverloop opnemen (en opslaan!), maar kan ook goed helpen bij de grafische correctiemethode. Ons programma doet beide, we laten echter vooral zien hoe de student voor

keuzen komt te staan bij uitvoering van de correctie-methode.

E. Diskussie

Nadat de proeven zijn uitgevoerd, wordt naar aanleiding van de opgedane ervaringen gediscussieerd. Het is al snel duidelijk dat het half uurtje practicum ruim voldoende gespreksstof biedt. De belangrijkste uitkomstpunten c.q. aandachtspunten van de discussie zijn:

1. De getoonde proef over de weerstand van Germanium (1.) voldoet niet aan de eisen: het model en de bewerkingsmethode wordt 'weggegeven' terwijl de student die keuzen juist zelf zou moeten maken (de proef wordt in deze vorm alleen getoond bij voorlichtingen en open dagen).
2. De computer op de universiteit 'is duidelijk iets anders' dan de computer in het Voortgezet Onderwijs. De universiteit beschikt over meer middelen, mankracht en kennis om meetopstellingen met de computer te ontwikkelen. Professionele interfacing (incl. software) is mogelijk.
3. De interne school-organisatie lijkt het struikelblok te zijn bij het niet optimaal benutten van aanwezige apparatuur. Een goede oplossing betreffende het computergebruik lijkt te zijn het toewijzen van tenminste één computer aan de vaksectie natuurkunde, evt. samen met scheikunde/biologie.
4. Wanneer een docent Natuurkunde zelf een proef-opstelling ontwikkelt waarbij gemeten wordt met de computer, lijkt twee jaar een redelijke ontwikkeltijd.
5. Het zelf ontwikkelen van proefopstellingen waarbij gemeten wordt met de computer is om bovengenoemde redenen een moeilijk karwei. Temeer omdat de ontwikkelende docent in het algemeen geen taakuren voor zijn extra werkt krijgt.
6. Om in de Natuurkunde probleemloos te kunnen meten met de computer, moet de apparatuur universeel zijn. Voor de uitwisselbaarheid tussen scholen is het belangrijk dat binnen NIVO-verband een universele interface-adapter is ontwikkeld.
7. Mits nieuwe proeven worden ontwikkeld met standaard apparatuur, een goede handleiding en eenvoudige (gebruikersvriendelijke) bedieningsvoorschriften, kunnen docenten van elkaars proeven profiteren. Hoe lager de 'drempel' van een proef, hoe meer toegankelijk wordt de proef voor collegae.
8. Een bezwaar van de getoonde proeven is, dat de leerling het fysisch proces ervaart met informatie vanaf het beeldscherm. In het Voortgezet Onderwijs moet dit 'vervreemdings-effect' vermeden worden. In het Wetenschappelijk Onderwijs is er juist iets voor te zeggen dit als onderwijsdoel te zien, dus de student moet leren indirect en van afstand natuurkundige verschijnselen te zien.

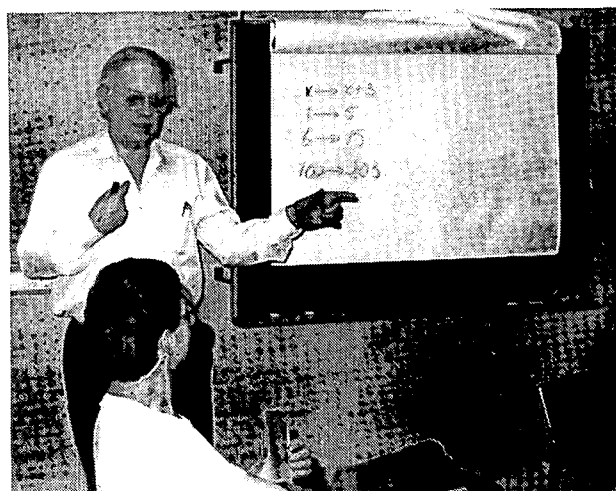
Werkgroep 3

METAFOREN

J. van Dormolen

De werkgroep werd tweemaal gehouden. De eerste keer met een twaalfstal, de tweede keer met een achttal mensen.

Er is gesproken over het begrip metafoor als taalverschijnsel, de vraag waarom mensen metaforen gebruiken en de betekenis ervan in het onderwijs voor het leren van nieuwe begrippen.



Als taalverschijnsel is de metafoor een vorm van overdrachtelijk taalgebruik. Bij overdrachtelijk taalgebruik verschilt de letterlijke

betekenis van de woorden (tekstbetekenis) van de door de spreker of schrijver bedoelde betekenis (zenderbetekenis). Bij metaforen gebeurt de overdracht van betekenis door middel van overeenkomst in structuur van de tekstbetekenis en de zenderbetekenis.

Metaforen worden onder meer gebruikt als de zender niet precies kan zeggen wat hij bedoelt. Dat kan zijn oorzaak hebben in zijn eigen machteloosheid, of in het besef dat preciese formulering niet door de ontvanger begrepen zal worden.

Er zijn nog andere redenen waarom in de literatuur metaforen gebruikt worden, maar die zijn in de werkgroepen niet aan de orde geweest.

In het onderwijs worden metaforen vooral gebruikt door de docent (of de schoolboek-schrijver), omdat deze verwacht dat de leerling de precies betekenis niet zal begrijpen.

Daarbij kunnen complicaties optreden als

- de struktuuroverdracht niet plaats vindt, of
- een niet bedoelde struktuuroverdracht plaats vindt.

Speciale aandacht is in de werkgroep besteed aan woorden, die in het dagelijks taalgebruik een andere betekenis hebben als in de vaktaal.

In dit geval lijkt het nuttig, niet te snel naar de vaktaal over te stappen, maar de leerling eerst te leren het woord als metafoor te gaan opvatten. Dat wil zeggen, dat de leerling de structuur van het achterliggende begrip leert herkennen.

De discussie tijdens beide bijeenkomsten was levendig.

DE TRAGE INBREKER

Fred van 't Hul, Wouter van Joolingen, Fred Kulik

De werkgroep "De trage inbreker" werd alleen op zaterdag gehouden en telde 23 deelnemers, drie meer dan van tevoren als maximum was afgesproken. Het educatieve computerprogramma dat onderwerp was van deze werkgroep was al ter sprake gekomen in de plenaire lezing van Fred van 't Hul. Voor de theoretische achtergronden en een globale beschrijving van het programma verwijzen we dan ook naar het verslag van deze lezing.

De deelnemers kregen uitgebreid de gelegenheid om het programma te beoordelen. Ongeveer drie kwartier werd hieraan besteed. Ook konden de deelnemers een protocol bestuderen van twee leerlingen die met het programma bezig zijn geweest. Het laatste deel van de werkgroep werd besteed aan discussie.

Het programma werd enthousiast ontvangen, het bleek een grote uitdaging om uit het bankgebouw te ontsnappen. Ondanks dit enthousiasme bleek er toch ook kritiek op het programma te zijn. Deze kritiek had betrekking op enige technische punten en enkele onderdelen van de presentatie. Met name de oplossing die gekozen is om bij onderdeel C van het programma een beweging met wrijving te vergelijken met een beweging zonder wrijving, werd niet fraai gevonden. Hierbij wordt tegen de brandkast met wrijving harder geduwd dan tegen die zonder wrijving, iets wat verwarring kan wekken bij de leerling maar noodzakelijk is om de snelheid van de wrijvingsloze brandkast binnen de perken te houden.

Wat wij, als ontwikkelaars van het programma, erg leuk vonden was dat veel van de kritiek betrekking had op punten waar we tijdens het ontwerpen sterk mee geworsteld hebben. Juist op die punten waar een min of meer onbevredigend compromis was gesloten kwam kritiek, iets dat aantoont hoe moeilijk het is om een goed coursewareprodukt te maken.

Samenvattend kan opgemerkt worden dat wij erg verheugd zijn met de positieve reacties op het programma en dat in de toekomst zeker rekening gehouden zal worden met opmerkingen en suggesties uit deze werkgroep. Van de andere kant hopen we dat de deelnemers wat meer inzicht hebben verworven in de problemen bij het ontwikkelen van educatieve software en de mogelijkheden die de computer als leerhulpmiddel biedt.



KRACHTEN: Actie en reactie? Of interactie?

Kees Hellingman

Een stoel staat op de grond. De zwaartekracht trekt de stoel naar beneden. Wat is, volgens Newtons derde wet, de reaktiekracht op de zwaartekracht?

Men stelle deze eenvoudige vraag (directe toepassing van fundamentele en belangrijke wet) aan willekeurig wie een deugdelijke opleiding in de fysica heeft genoten. Het antwoord zal in de meeste gevallen luiden: de kracht die de grond op de stoel uitoefent. Maar het juiste antwoord luidt: de kracht waarmee de stoel de aarde aantrekt. Want Newtons derde



wet zegt eigenlijk niets anders dan dat stoel en aarde elkaar wederzijds aantrekken. De grond is daarbij 'quantité négligeable'. De stoel zou immers evengoed op een vulluik kunnen staan dat plotseling openklapt. Dan zou, volgens het eerstgenoemde antwoord, behalve de stoel ook de reaktiekracht plotseling verdwijnen, in strijd zijn met de derde wet.

In een natuurkunde leerboek treffen we de volgende uitleg van Newtons derde wet aan: "Terwijl men in een roeiboot staat, kan men haar niet voortbewegen door tegen de wand van de boot te duwen. Dit gelukt wel als men zich buiten de boot bevindt. In beide gevallen oefenen onze handen kracht uit op de voorwand en oefent deze voorwand een reactie op onze handen uit. Als men zich in de boot bevindt, plant de reaktiekracht zich door ons lichaam heen naar de bodem voort. Daardoor oefenen onze voeten een kracht op de boot uit, die tegengesteld gericht is aan de kracht, die de handen op de voorwand uitoefenen.

Dan werken actie en reactie uiteindelijk op hetzelfde voorwerp: de boot. Omdat de boot niet in beweging komt, heffen actie en reactie elkaars werking blijkbaar op". (accent op laatste twee zinnen van mij, K.H.). Maar de kracht van onze voeten op (een ander deel van) de boot is evenmin de reaktiekracht op onze handkracht als de kracht die, in het vorige voorbeeld, de grond op de stoel uitoefent. Het is eenvoudigweg een tweede kracht, hoezeer ook verbonden met de eerste.

Waarom wordt Newtons derde wet zo slecht begrepen, ook door fysici? Het wat gewaagde antwoord, geponeerd in de werkgroep, luidt: omdat Newton het krachtbegrip met de woorden 'actie' en 'reactie' niet op de meest adequate wijze onder woorden heeft gebracht. Deze stelling is uitgebreid beargumenteerd in een artikel in het Tijdschrift voor Didactiek der B-wetenschappen (TDB), en in verkorte vorm in een artikel in het NVON-maandblad. Daarin is ook een voorstel voor een andere formulering van die derde wet gedaan:

"Een kracht is een wisselwerking tussen twee lichamen. Deze wisselwerking is op ieder lichaam even groot, maar tegengesteld gericht."

In de werkgroep is het krachtsbegrip aan de hand van een korte collage van teksten en figuren uit verschillende leergangen besproken. De leergangen zijn niet met name genoemd, omdat het niet om een stigmatisering van de leergangen gaat, maar om de signalering van een probleem dat in zoveel leergangen terugkeert. Een voorbeeld van een vraag uit een leerboek voor 4-HAVO:

Een lamp van 20 N hangt aan het plafond. Welke krachten werken er?

Uit de beschrijving "Een lamp van 20 N" blijkt al dat de schrijver(s) het gewicht van de lamp als een eigenschap van de lamp opvatten, in overeenstemming met het beeld dat leerlingen hebben. Misschien is de beschrijving om deze **didactische** reden zo gekozen. Maar het versterkt wel een foutief beeld; het krijgt nu zelfs een bevestiging van professionele zijde: kracht als eigenschap van een lichaam in plaats van kracht als wisselwerking (interactie) tussen twee lichamen. De aarde is daarmee uit het beeld verdwenen; allicht dat 'de kracht die de lamp op de aarde uitoefent' niet tot de gegeven antwoorden zal horen. Het is ook niet zeker of dit antwoord bedoeld is door de schrijver(s).

Wellicht is bedoeld: welke krachten werken er op de lamp? Dan moet het antwoord luiden:

- (1) de kracht van de aarde op de lamp en
- (2) de kracht van het plafond op de lamp.

Zoals de vraag nu gesteld is moet het antwoord luiden:

- (1) de kracht van de aarde op de lamp,
- (2) de kracht van de lamp op de aarde,
- (3) de kracht van het plafond op de lamp en
- (4) de kracht van de lamp op het plafond.

Dat zijn totaal vier krachten.

In de nieuw voorgestelde formulering van Newtons derde wet zou de vraag, zoals hier geformuleerd, zonder meer duidelijk zijn en de volgende antwoorden vereisen:

- (1) de kracht tussen aarde en lamp,
- (2) de kracht tussen plafond en lamp.

Dat zijn twee krachten, waarbij steeds de beide lichamen waartussen de krachten werken, in het beeld blijven. (Wel dient in beide gevallen de eerste zin van de vraag te luiden: "Een lamp met een gewicht van 20 N hangt aan het plafond.")

In het wisselwerkings- of interactieconcept van een kracht wordt het aantal krachten dus niet steeds verdubbeld; er is één wisselwerking in plaats van een actie en een reactie. Het concept is dus eenvoudiger. Of dit didactisch voordelen oplevert is niet zeker en zou onderzocht moeten worden. Want didactisch speelt ook nog de psychologische zijde een rol: hoe wordt een kracht ervaren? 'Ik trap tegen een bal': ik lever de actie, de bal de reactie. Maar als we deze handeling verfilmen en de film achterstevoren afdraaien keren deze rollen om: de bal komt aangevlogen en treft mijn been: de bal levert de actie, ik de reactie. Het is dus de relativiteit van de beweging, een element van willekeur, die ons in zulke gevallen voor een actie- en een reactiezijde laat kiezen. Fysisch gezien is er slechts aanleiding om van een interactie te spreken. In de klassieke mechanica is een kracht een strikt symmetrisch fenomeen en de werking is naar beide zijden gelijktijdig. Maar psychologisch wordt dit niet zo ervaren.

Hoe moeten in het wisselwerkingsconcept vragen over de derde wet geformuleerd worden?

We bekijken weer een voorbeeld uit een bestaande leergang:

"In de volgende situaties heb je steeds te maken met de derde wet van Newton. Schrijf op wat je zou constateren en welke krachten resp. de actiekracht en de reactiekracht zijn.

- a. In het water van een zwembad liggende, duw je met je hand tegen de wand van het zwembad." (etc.)

Het antwoord op de vraag naar de krachten luidt:

- (1) de kracht van de hand op de wand,
- (2) de kracht van de wand op de hand.

In het wisselwerkingsconcept zou de vraag moeten luiden:

"Schrijf op wat je zou constateren en tussen welke lichamen een wisselwerking plaats heeft."

Het antwoord op de vraag naar de wisselwerking moet dan luiden:

wisselwerking tussen hand en wand.

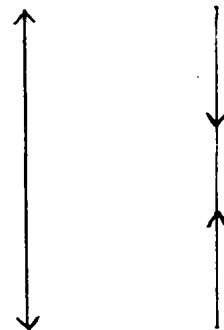
Het antwoord op wat je constateert blijft hetzelfde: je drijft van de wand af met een aanvankelijk versnelde, en daarna vertraagde beweging.

Het ziet er in dit voorbeeld niet naar uit dat het nieuwe concept duidelijke voordelen biedt ten opzichte van het vigerende. Maar zodra we de situatie verder analyseren en gaan vragen naar de vertragende kracht van het water ligt het misverstand weer op de loer. Want wat is er aantrekkelijker dan de vertragende kracht van het water te omschrijven als de reactie op de kracht die de wand op de hand uitoefende? In de populaire zin van het woord is deze kracht namelijk inderdaad een reactie op het afduwen. In het wisselwerkingsconcept ligt deze omschrijving niet voor de hand. Er is duidelijk sprake van een nieuwe wisselwerking: die tussen water en lichaam. Het misleidende begrip 'reactie' komt er niet meer aan te pas.

Bij gebruik van Newtons tweede wet zou het nieuwe concept als storend ervaren kunnen worden. Het gaat dan immers niet meer om de tweezijdigheid van een kracht, maar slechts om de werking op één lichaam dat van snelheid verandert. Dit probleem treedt waarschijnlijk niet op als er in de betreffende vragen consequent gesproken wordt over de kracht op het lichaam. Het is dan duidelijk dat het slechts om één zijde van de interactie gaat.

Tenslotte is in de werkgroep aandacht besteed aan de representatie van een kracht door middel van een pijl. Het ligt voor de hand om een wisselwerking weer te geven door een lijn waarop door pijlpunten aangegeven is of het om een aantrekkende dan wel een afstotende werking gaat (zie figuur 1). We hebben dan eigenlijk twee op één lijn gelegen pijlen. Daarbij kunnen moeilijkheden optreden in verband met de aangrijpingspunten/-vlakken van de interactie. Deze moeilijkheden zijn in het vigerende concept overigens ook niet duidelijk opgelost, bijvoorbeeld in het geval van wrijvingskrachten. Voor werking op afstand zou men kunnen denken aan het uit elkaar trekken van de pijlen en verbinden door een stippellijn (zie figuur 2).

Over de grafische representatie moet nog verder worden nagedacht.



figuur 1



figuur 2

Literatuur

Genderen, D. van Kracht en tegenkracht, actie en reactie, *Tijdschrift voor Didactiek der Natuurwetenschappen*, jaargang 1, nummer 1, 48-61, 1983.

Vegting, P. Kracht, een moeilijk begrip, *NVON-maandblad*, jaargang 11, nummer 11, 26-31, 1986.

Hellingman, C. "Actie en reactie", een reactie, *NVON-maandblad*, jaargang 12, nummer 5, 206-207, 1987.

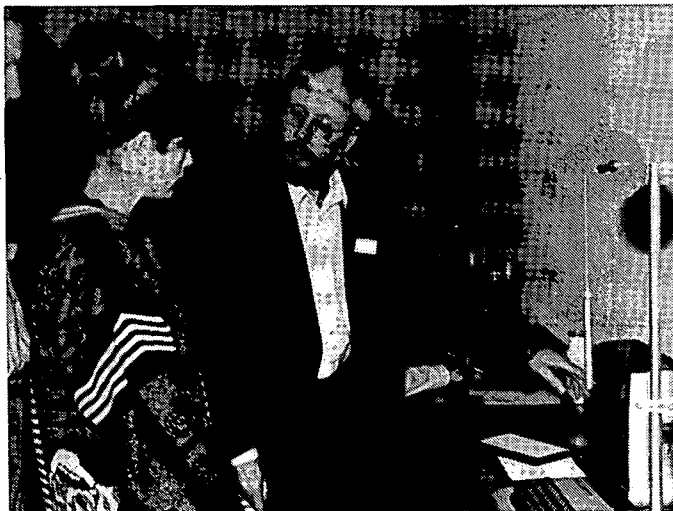
Hellingman, C. Zijn krachten tweelingen? *Tijdschrift voor Didactiek der B-wetenschappen*, jaargang 5, nummer 3, 173-182, 1987.

NATUURKUNDE MET JE LICHAAM

Egbert Holl

Als een natuurkundeleraar natuuronderwijs gaat doceren en dat ook nog leuk vindt kan een werkgroep als deze het gevolg zijn.

Achtereenvolgens zijn de doelen van dit voornamelijk natuurkundige natuuronderwijs belicht en werd een tiental praktische uitwerkingen gepresenteerd. In een afsluitende enquête werd de mening van natuurkundigen over de doelen en de praktische invulling gevraagd. De resultaten in dit verslag kunnen een aanwijzing zijn voor de toekomstmogelijkheden van natuuronderwijs door coördinatie van de afzonderlijke BINAS-vakken of zelfs als geïntegreerd vak.



Verrassingen:

- * de werkgroep trok 2 x 22 deelnemers + ? belangstellenden die door de indelingscomputer werden teleurgesteld (totaal 340 aanwezigen en 25 werkgroepen);
- * onder de deelnemers een aantal wis- en natuurkundige studentes aan NLO's; zijn er dan toch emancipatoire veranderingen gaande in de natuurkundige wereld? Werkt natuurkunde met je lichaam niet alleen in de klas stimulerend?

Doelen

1. Onderwijs moet begrippen en processen inzichtelijk maken voor leerlingen.

Sommigen lukt dat beter door zien of ervaren. Anderen proberen het alleen als het en persoonlijk raakt.

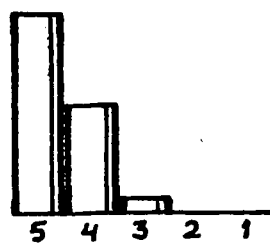
2. Onderwijs moet zinvol zijn voor iedereen dus kennis bijbrengen die nuttig is in het dagelijks leven.

Hier vooral voor het bewaken van eigen en andermans gezondheid en veiligheid.

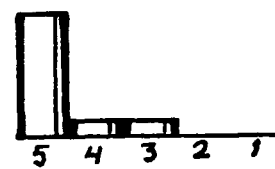
Meningen

zeer belangrijk 5 4 3 2 1 schrapen

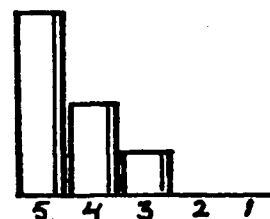
Docenten



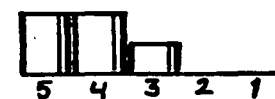
Studenten



Docenten



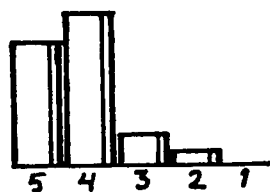
Studenten



3. Door aansluiten bij voor-kennis en ervaring of doordat het indrukwekkend is moet de kennis in het lange termijn geheugen worden vastgelegd.

Hier bijvoorbeeld door ziekte of ongeval in de eigen omgeving.

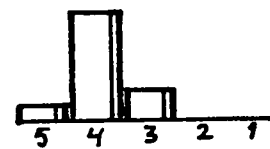
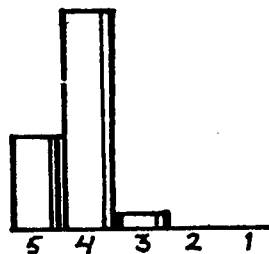
Docenten



Studenten

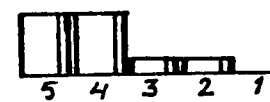
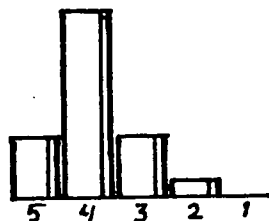


4. Door verbinden van verschijnsel, begrip of regel met situaties uit het dagelijks leven moet het vermogen natuurkunde toe te passen worden geoefend.

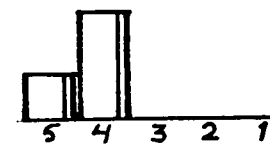
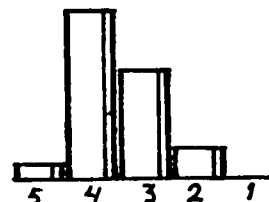


5. Natuurkunde moet uitdagend zijn.

Er zit competitie in en daardoor ook sociale controle op eerlijke en nauwkeurige uitvoering. De moeilijkheidsgraad van sommige opdrachten draagt een deel der leerlingen zeker uit.



6. De rol van het vak in diverse beroepen moet duidelijk worden en zo bijdragen tot zinvolle keuzes van vakkenpakket en beroep.



Longmeting met computer en/of videoband laten de realiteit in het ziekenhuis zien.

Over de praktische invulling

Over de vertoonde tien onderdelen is op drie punten een mening gevraagd.

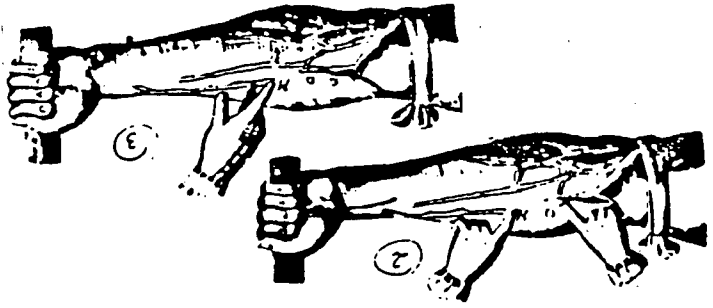
1. Past het onderdeel bij de genoemde doelen? Zie achter P.
2. Is het onderdeel aantrekkelijk voor leerlingen in de onderbouw? Zie achter A.
3. Is het onderdeel uitvoerbaar in de klas? Zie achter U.

De proeven stammen voor een deel uit "Leven en Lucht" en "Lijfwerk", PLON thema's voor klas 2, respectievelijk 4 VWO.

De delen D en I uit een biologie-methode.

De delen B, C, G en J heb ik samen met mijn collega's aan de Chr.SG Revius bedacht en m.u.v. G ook in de klas gebruikt.

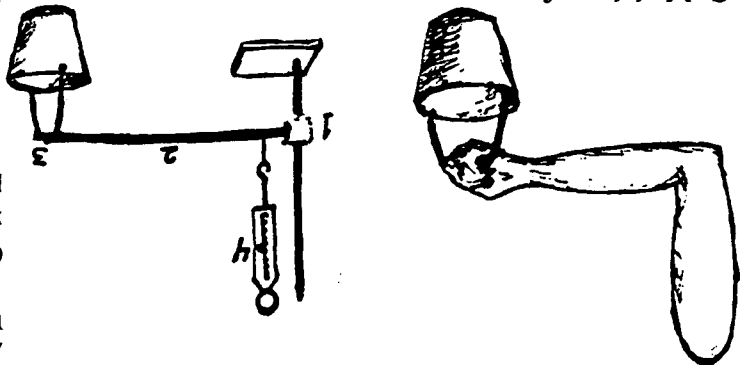
Deel A stamt uit een PLON-MAVO examen.



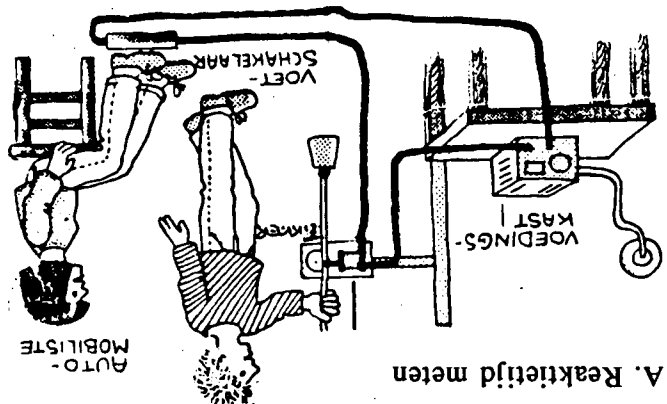
D. Proef van Harvey



C. Modelproef rug



B. Modelproef arm



A. Reaktietijd meten

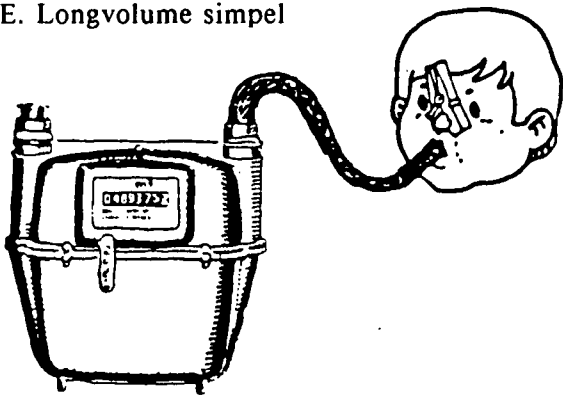
P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Opmerkingen:
 geen begrip ontwikkelend
 onaanterkkelijk
 past vooral bij doelen 2 en 4.

P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Opmerkingen:
 niet aan rekenen in klas 2.
 past vooral bij 1, 2 en 4.

P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Opmerkingen:
 zie deel B.

P xxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 Opmerkingen:
 meer biologie dan natuurkunde;
 eng!
 geen begripontwikkeling;
 past nog meest bij 1.

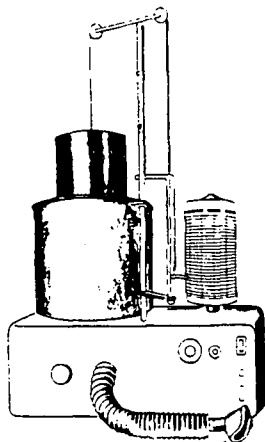
E. Longvolume simpel



P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Opmerkingen:
 geen begripsontwikkeling
 past bij 1 en 6 het best.

F. Spirometer



P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxx

Opmerkingen:
 te ingewikkeld, complex en duur;
 veel storingen;
 meer bovenbouw en te technisch;
 weinig natuurkunde;
 past bij doel 6.

G. Videoband spirometer

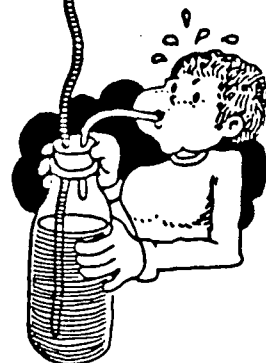


Zo'n band is nog niet gerealiseerd.
 Mij lijkt het aantrekkelijk om te laten zien dat proeven in het ziekenhuis veel lijken op de computer-meting in de klas. Een interview met een longspecialist kan de zin van zulke metingen duidelijk maken.

P xxxxxxxx
 A xxxxxxxx
 U xxxxxxxx

Opmerkingen:
 meer bovenbouw;
 weinig natuurkunde;
 past vooral bij 6.

H. Longdruk meting



P xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 A xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx
 U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Opmerkingen:
 de proef kan riskant zijn i.v.m. hyperventilatie;
 past vooral bij 3.

I. Ademritme meting

Zit je rustig?

Pak een horloge erbij. Tel nu hoe je ademhaalt. Eén ademhaling is: uitademing. Schrijf het aantal op.

Hoe verandert het ritme als je je beweegt.

Maak 25 diepe kniebuigingen. Daarna tel je weer gedurende één minuut je ademhalingen. Schrijf ook dit aantal op.

P xxxxxxxxxxxxxxxxxxx
A xxxxxxxxxxxxxxxxxxx
U xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Opmerkingen:
Weinig natuurkundig;
past een beetje bij 1, 2 en 3.

J. Statistisch onderzoek

Leerling	m	lengte	longvol. in dm ³				
Patrick	60	177	4				
Mark	50	169	2,5				
Ilja	60	184	3,2				
Liesbeth	50	170	3	178	17 x	21 x	niet
Miranda	41	ca.161	2,5	134	17	27	niet
Ingret	63	179	3	110	17	32	niet

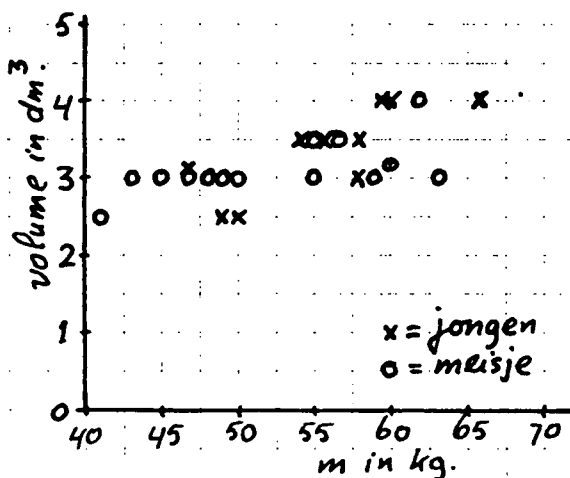
P xxxxxxxxxxxxxxxxxxx
O xxxxxxxxxxxxxxxxxxx
U xxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Opmerkingen:
te hoog gegrepen voor de onderbouw;
beter bij wiskunde;
past vooral bij doelen 2 en 4.

Uit mijn praktijk in een tweede klas HAVO-VWO tenslotte het volgende:

De longmetingen werden in één lesuur uitgevoerd en verzameld. Vervolgens werd uitgelegd hoe je met gemiddeldes of met een diagram een antwoord op zo'n vraag kon zoeken. Individueel werd een gekozen vraag beantwoord.

Vraag: Hebben zware mensen grotere longen ?



Het antwoord kun je in de grafiek zien.

Ja: Hoe zwaarder, hoe groter de longen.

Er is haast geen verschil tussen jongens en meisjes. De jongens zijn gemiddeld wel zwaarder.

(of eerlijker)

Werkgroep 7

EN ONTWERP VOOR EEN ANDERE ONDERWIJSGANG ROND HET BEGRIP KRACHT

Alternatieve leerlingen ideeën behorend bij "kracht".

Siets de Haan



Samenvatting

Omdat leerlingen veel hardnekkige ideeën rond dit begrip hebben, hebben we geprobeerd een andere onderwijsgang te ontwikkelen. De belangrijkste kenmerken zijn dat we de leerling confronteren met de gevolgen van haar eigen ideeën en met de ideeën van anderen. Het begrip kracht wordt ingevoerd als verandering van impuls.

Inleiding

Ondergetekende is in het kader van een samenwerkingsverband van de Vrije Universiteit met een kleine universiteit in Indonesië bezig met het ontwikkelen van lesmateriaal rond het begrip kracht. Bij het schrijven heb ik geprobeerd rekening te houden met onderzoeksresultaten. Uit die onderzoeksresultaten bleek dat, ondanks uitgebreide lessencycli leerlingen moeite bleven houden met het begrip kracht zoals Newton dat gedefinieerd heeft. Leerlingen associëren kracht met snelheid en Newton heeft ons zover gebracht dat we kracht in verband brengen met versnelling.

Leerlingenideeën rond het begrip kracht

Aan de hand van een aantal voorbeelden zal ik de verschillende leerlingenideeën langslopen.

a. Situaties in rust:

Een appel die aan een tak van de boom hangt is in rust, dan werken er geen krachten. Geen beweging geen kracht!

In feite is dit een bijzonder geval van het impetus idee: kracht en beweging worden geassocieerd. Impetus was aan het eind van de middeleeuwen de oplossing voor het probleem hoe voorwerpen die geen direct contact meer hadden met degene die het voorwerp in beweging gezet had, toch kon blijven bewegen.

- De kracht van de tak is veel sterker dan de aantrekkingskracht van de aarde.

Een appel op de grond is in rust dus zijn er geen kracht(en). Overigens wordt deze situatie door veel leerlingen anders beoordeeld als de situatie van de appel aan de tak. Hier met die starre grond, daar is duidelijk geen sprake van kracht.

- De aantrekkingskracht van de aarde zorgt ervoor dat de appel aan de grond geplakt blijft, net als een spijker aan een magneet. Er is helemaal geen tegenkracht nodig!
- De kracht van de grond/plank etc. is veel groter anders zou de appel door de grond/plank zakken.

Een bal is net op het hoogste punt van zijn baan. Geen snelheid dus geen kracht. De meegekregen kracht is geheel "opgebruikt", of de kracht van de snelheid is "eruit".

- Twee krachten die even groot maar tegengesteld zijn. In het hoogste punt is de kracht van de bal (die de bal meegekregen had van de persoon) gelijk aan de zwaartekracht.

b. Situaties met constante snelheid:

Als een auto met constante snelheid rijdt, is er sprake van een constante kracht.

- De meeste leerlingen denken dat er kracht "verbruikt" wordt ten gevolge van de luchtweerstand en dergelijke. Ook is er kracht nodig om gewoon vooruit te komen.
- De kracht van de auto is groter dan de kracht van de wrijving/luchtweerstand. Anders zou de auto niet vooruit komen!

c. Situaties met veranderlijke snelheid:

Een vallende appel krijgt een toenemende kracht. Duidelijk is dat die kracht samen hangt met de toenemende snelheid. Of die kracht tevens oorzaak is van die toenemende snelheid of net andersom is minder duidelijk. Ook is niet duidelijk waar die kracht (of snelheid) vandaan komt.

Op weg naar beneden neemt de snelheid van een bal alsmaar toe. Er is een toenemende kracht. Weer de koppeling met de snelheid, maar wat oorzaak van wat is? (zie ook boven).

- Soms wordt verschil gemaakt tussen aantrekkingskracht en zwaartekracht.
- De aantrekkingskracht is afhankelijk van de hoogte, hetgeen ook bij een hoogte van enkele meters van invloed is.

Een chauffeur laat zijn auto gedurende een bepaalde periode steeds sneller gaan. Toenemende snelheid dus toenemende kracht.

- Kracht wordt "verbruikt" en dus ook weer aangevuld. Zie boven.

Een persoon gooit een bal recht omhoog in de lucht. De snelheid van de bal neemt af. De kracht van de bal neemt af.

De bal heeft kracht meegekregen van de persoon die hem omhoog gooide, langzaam raakt die kracht op als een gevolg van de wrijving, (en de aantrekkingskracht van de aarde). Hierdoor heeft de bal steeds minder kracht over en gaat hij dus steeds langzamer.

- De snelheid van de bal neemt af dus neemt de kracht af. Dit is een variant op de vorige. Leerlingen die zo redeneren hebben niet altijd een duidelijk idee waar de snelheid van de bal oorspronkelijk vandaan kwam. Dus ook het idee van "kracht meegekregen" leeft minder sterk.
- Andere ideeën kunnen hier tussendoor spelen zoals: aantrekkingskracht verandert met de hoogte en hoe hoger een voorwerp (b.v. hoe hoger op een helling des te meer kracht). De context is sterk bepalend of dergelijke dingen wel of niet mee spelen.

Opzet lessenserie kracht

Uit de alternatieve ideeën van de leerlingen blijkt dat er heel wat "leeft" voordat ze natuurkunde-onderwijs krijgen. Veel onderzoekers hebben er dan ook op gewezen dat één van de oorzaken van het "mislukken" van het onderwijs is dat we veel te veel uit gaan van het idee dat de leerling blanco is en dat we de leerstof slechts in begrijpelijke hapklare brokken hoeven aan te bieden.

De ontworpen lessenserie probeert nadrukkelijk rekening te houden met voort te bouwen op de ideeën van de leerlingen. In hoeverre dat gelukt is, is natuurlijk een tweede.

De opbouw ziet er dan ongeveer als volgt uit:

- Eerst een **inventarisatie en bewustwording** van de eigen ideeën van de leerlingen.
- Gevolgd door een **confrontatie met de ideeën van anderen**, waaronder de natuurwetenschappelijk juiste.
- Daarna om uit de ontstane impasse te komen **gezamenlijke afspraken over wat onder kracht verstaan wordt**. Omdat kracht gedefinieerd is als de massa x de versnelling, twee lastige begrippen, heb ik voor een andere invalshoek gekozen. N.l. kracht als oorzaak van de verandering van de impuls (hoeveelheid beweging). Impuls wordt hier alleen semi-kwantitatief ingevoerd. Eigenlijk gaat het er meer om dat ze een "intuïtief" idee hebben dat impuls te maken heeft met snelheid en massa (wat dat laatste dan ook maar zijn mag). Dit uitsluitend met het doel een definitie voor kracht voor te bereiden. Een definitie waar leerlingen zich iets bij kunnen voorstellen. Want deze "voorstelling" moet in de plaats komen van hun eigen "intuïtief idee" dat kracht te maken heeft met snelheid. Nu werken we naar kracht als oorzaak van **verandering van hoeveelheid beweging**.
- Tenslotte wordt in **diverse situaties** geoefend met de nieuwe definitie, niet alleen in situaties die gevoelsmatig "goed" liggen, zoals: iemand geeft een duw tegen een karretje waardoor dat in beweging komt. Daar past de definitie natuurlijk naadloos op. Maar ook situaties in rust en eenparige bewegingen worden opnieuw onder de loep genomen.

Een eerste indruk van de resultaten

Met een Nederlandse proefversie is in drie 4-HAVO klassen de lessenserie (10 lessen) uitgeprobeerd en de voorlopige resultaten zijn bemoedigend. Hoewel er geen uitgebreid onderzoek aan verbonden was, bleek dat het aantal leerlingen dat situaties in rust niet goed aankon van $\frac{1}{3}$ naar praktisch nul terugliep. Het percentage leerlingen dat kracht koppelt aan snelheid (impetus idee) loopt terug van $\frac{3}{4}$ (of soms nog meer afhankelijk van de vraag die je bekijkt) naar $\frac{1}{4}$. Overigens moeten we deze getallen met de nodige voorzichtigheid beoordelen. Het is de vraag of ze de toets der kritiek van echt onderzoek kunnen doorstaan. Maar een aanwijzing in de goede richting is het zeker. Ook de waardering voor het lesmateriaal was over het algemeen positief. Interessant, niet moeilijk, duidelijk, tempo goed te volgen etc. de meeste leerlingen hadden het idee dat ze aan het eind van de lessencyclus de zaak goed begrepen hadden. Ook het feit dat de leraar niet meteen vertelde hoe de vork in de steel zat werd door de meeste leerlingen positief gewaardeerd. Andere zaken kwamen met wat wisselender percentages uit de bus. Zo was er een flinke groep die de lessen nogal saai vond en slechts de helft van de leerlingen dacht dat het geleerde van nut was voor het dagelijks leven, tegen $\frac{1}{4}$ deel die dacht dat het niet van nut zou zijn.

Enkele literatuur verwijzingen

1. Roger Osborne et.al.: **Learning in Science Project. W.P.34: "Teaching about Force"**. (University of Waikato, Hamilton, N.Z., 1981). Dit materiaal heeft in eerste instantie als uitgangspunt voor de ontwikkelde lessenserie gediend.
2. Rosalind Driver, Edith Guesne and Andrée Tiberghien: **Children's Ideas in Science**. (Open University Press, Milton Keynes, England, 1985). Prachtig boek met uitgebreide beschrijvingen van leerlingideeën op allerlei gebied.
3. J.W. Warren: **Understanding Force**. (John Murray, London, 1979). Helder boekje met alles wat je over kracht moet weten, inclusief veel didactische tips over (veel voorkomend verkeerd) woordgebruik en (misplaatste) tekeningen.
4. Gerard D. Thijs: **Conceptions of Force and Movement, a study of intuitive ideas of pupils in Zimbabwe in comparison with findings from other countries**. (Vrije Universiteit, Amsterdam, september 1986). Belangrijkste conclusies, vrij vertaald: Zowel in ontwikkelingslanden als in westerse geïndustrialiseerde landen komen dezelfde alternatieve leerlingideeën voor. Er zijn alternatieve concepten van leerlingen die zo hardnekkig zijn dat ze praktisch resistent zijn voor onderwijs. (Wat je noemt échte "Misconcepten")

DE KRANT IN DE NATUURKUNDELES

R. van Haren , J.W. Lack , A. Pollmann , Th. Smits

Inleiding

Het onderwijs wint aan kracht als het gebruik maakt van actuele konteksten: de aktualiteit in dienst van beter begrip.

Daarom geven we het tijdschrift EXACTUEEL uit.

Hiermee proberen wij het voor natuurkundecenten zo gemakkelijk mogelijk te maken om de krant in de les te gebruiken.

Deze uitgangspunten zijn voor de werkgroepdeelnemers volkomen duidelijk. Maar hoe doe je dat nu in de praktijk?

Allereerst geven we een kijkje in onze keuken, daarna maken we de resultaten bekend van onze enquête naar het gebruik van EXAKTUEEL in de klas en tenslotte gaat de werkgroep aan de slag om zelf uitgekozen krante-artikelen te bewerken.



Een kijkje in de keuken

Bij het maken van een nummer van EXAKTUEEL worden een aantal productiefases doorlopen. De eerste fase is het zoeken van artikelen. Hiermee wordt begonnen onmiddellijk na het verschijnen van het laatste nummer. Geput wordt uit, in principe, alle landelijke dagbladen, maar in de praktijk komt het er op neer, dat de Volkskrant en het NRC de belangrijkste leveranciers zijn.

Vervolgens worden in een redactievergadering de artikelen voor het volgende nummer geselecteerd. Daarbij hanteren we een aantal criteria:

- zit er voldoende fysika in?
- sluit het onderwerp aan bij de leerstof van HAVO/VWO?
- is het artikel leesbaar en niet te lang? Kan het zonodig worden ingekort tot een leesbaar stuk?
- spreekt het onderwerp de leerlingen aan? Ook meisjes?

In dezelfde vergadering wordt ook de omvang van elk artikel vastgesteld en worden de artikelen over de redactieleden verdeeld.

Vervolgens wordt met schrijven en layouten begonnen.

De eerste versies worden daarna bekritiseerd (hierbij werken we met koppels van twee) en de herschreven teksten worden dan in de definitieve vorm getypt.

Het drukken en versturen gebeurt tenslotte in samenwerking met de afdeling didaktiek natuurkunde van de katholieke universiteit van Nijmegen.

Gebruikerservaringen

We hebben voor de werkgroep 35 abonnees geënquêteerd.

- 25 % gebruikt het wel in de les (ongeveer 3x);
- 14 % gebruikt het om proefwerken samen te stellen;
- 8 % gebruikt het als een archief, voor leerlingen die een werkstuk o.i.d. maken;
- 25 % gebruikt het als inspiratiebron bij het voorbereiden van de lessen.

Natuurlijk hebben we de abonnees die het niet gebruiken ook naar hun redenen hiervoor gevraagd.

Meestal wordt tijdgebrek aangevoerd, zowel wat betreft tijdgebrek van de docent als het overladen programma.

In de werkgroep wordt hiertegen ingebracht dat EXAKTUEEL juist zodanig aansluit bij de examenstof, dat het in plaats van de opgaven uit het boek kan worden gemaakt. Dan kost het dus geen extra tijd.

Workshop

Het grootste deel van de beschikbare tijd wordt door de werkgroepdeelnemers besteed aan het zelf bewerken van krante-artikelen.

Door ons zijn van te voren een negental artikelen geselecteerd, die we bruikbaar achten voor gebruik in de klas.

De opdracht aan de werkgroepdeelnemers luidt:

- * Kies uit de verzameling artikelen een artikel dat je aanspreekt en schrijf er (in groepjes van 2) een aantal vragen en opdrachten bij.

De keuze blijkt grotendeels te vallen op twee artikelen. Deze twee artikelen (die worden opgenomen in exaktueel nr. 9) en een collage van de door de deelnemers bedachte vragen zijn bijgevoegd.

Aan het bekritisieren van elkaars produkten komen we niet meer toe.

Tijdens het bewerken van de krante-artikelen worden een aantal dingen duidelijk:

- men blijkt met heel veel enthousiasme aan de slag te gaan en te blijven;
- men vindt het schrijven van goede vragen bepaald niet eenvoudig;
- het discussiëren over de inhoud van de tekst en vragen blijkt een tijdrovende bezigheid.

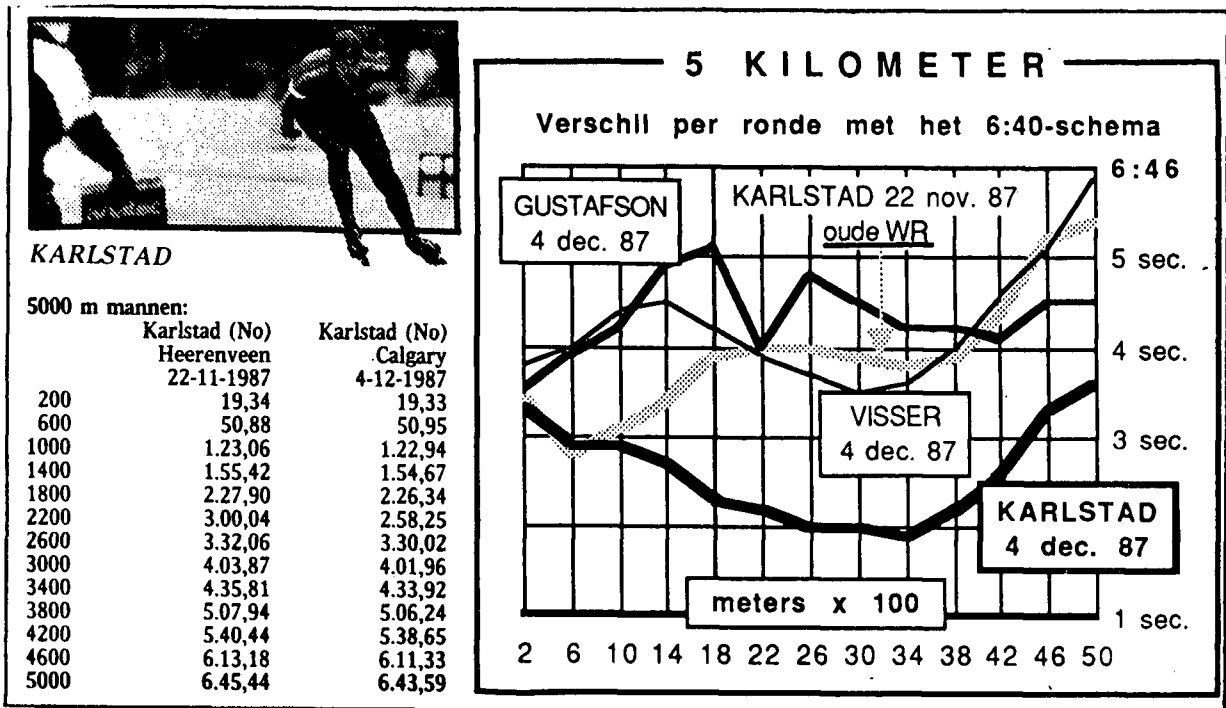
Tot slot

We hopen dat we met deze werkgroep voor een klein groepje docenten de drempel, om krante-konteksten in de klas te gebruiken, hebben verkleind. We verwachten, dat een aantal van de werkgroepdeelnemers binnenkort zelf een krante-artikel zal bewerken en op hun school zal gebruiken.

Immers: niet alleen het gebruik van de krant in de klas is een verrijking van de schoolnatuurkunde, maar ook het zelf bewerken en gebruiksklaar maken van de artikelen is een boeiend en inspirerend proces.

We wensen iedereen daarbij veel plezier toe.

I SCHAATSWEDSTRIJDEN



Volkskrant 07-12-87

- Hoe blijkt uit de grafiek dat Karlstad een nieuw wereldrecord heeft gereden?
- Een schaatser rijdt de 5000 m in 6 minuten en 40 seconden. Hij rijdt elk rondje even hard. Bereken de tijd die hij over iedere ronde doet. Bereken eerst hoeveel seconden in 6 min. 40 zitten.
- Wat kun je zeggen van de rondetijden van de laatste 2000m van Visser?
- Maak een grafiek waarin je de tijd in seconden horizontaal uitzet en de afstand verticaal.
- Hoeveel tijd verliest Visser in de eerste 200 m al op het 6:40 schema?

Niveau 2e klas.

Warmte-opslag

De universiteitsraad van de Rijksuniversiteit Utrecht beslist in december over de uitvoering van een warmte-opslagproject. De bedoeling is warmte die in de zomer door de (wee warmte/kracht-)installaties van het universitaire centrum in De Uithof wordt gemaakt, op te slaan in de bodem.

In warmte/kracht-installaties wordt warmte en stroom geproduceerd. Omdat 's zomers geen behoefte is aan warmte, zou de installatie dan eigenlijk moeten worden stilgelegd en zou stroom moeten worden ingekocht. Door nu de warmte die in de zomer wordt geproduceerd, op te slaan en in

de winter te gebruiken voor verwarming, kan de installatie het gehele jaar door rendabel werken. Dit levert een besparing op van 360 duizend gulden per jaar.

Om het beoogde effect te bereiken, wordt water uit een ondergrondse zandlaag op een diepte van 60 tot 110 meter weggehaald, bovengronds in de warmte/kracht-installatie opgewarmd en vervolgens via een tweede boorgat in de ondergrondse waterlaag teruggepompt. Dit gebeurt bij een temperatuur van 70 graden Celsius, de hoogste in Nederland gebruikte temperatuur van warmwater-opslag. In de winter wordt het warme water opgepompt en gebruikt voor verwarming. Jaarlijks wordt 280 duizend kubieke meter in en uit

de ondergrondse zandlaag gepompt.

Uit een voorstudie van de Heidemij, Bredero en de universiteit blijkt dat de warmte-opslag technisch haalbaar is.

De realisering van het warmte-opslagproject gaat 4,5 miljoen gulden kosten (inclusief een meetprogramma). De Europese Gemeenschap en het Project-beheerbureau Energieonderzoek (PEO) hebben geld voor het project toegezegd, elk ongeveer eenderde deel van het totaal. De universiteit moet eveneens eenderde van de kosten voor haar rekening nemen. De universiteitsraad zal daarover in december een besluit nemen.

Volkskrant 14/11/87

- 1a. Leid uit het artikel een schema af van het warmte-pompsysteem dat hier bedoeld wordt.
- 1b. Bespreek je resultaten met anderen.
2. Bereken hoeveel warmte op deze manier in één seizoen kan worden opgeslagen. Haal de benodigde gegevens uit het artikel. Welke gegevens heb je nog extra nodig om deze berekening te maken? (Zoek op hoe hoog de temperatuur van het water is op 100 m diepte.)
- 3a. Waarom moet er 's zomers "iets" ingekocht worden? (regel ...).
- 3b. Is dat iets "stroom"?
4. Waarom blijft het water in de zandlaag zo lang warm?
5. Als de begintemperatuur van het water dat boven komt 5°C is, hoeveel warmte krijgt het water 's zomers dan?
6. Er wordt 260.000 m³ water omhoog gepompt. Hoe groot is de massa hiervan?

LEREN UITLEGGEN MET BEHULP VAN DE VIDEO

Frank de Mink, docententrainer bij het Onderwijskundig Centrum van de Universiteit Twente.

Als inleiding van de workshop is bij de deelnemers geïnventariseerd, op welke punten ze feedback zouden willen hebben, als ze voor de camera een uitleg geven.

Onder meer wordt dan genoemd:

- of ik begrijpelijk overkom
- is mijn uitleg helder en overzichtelijk
- ben ik niet te saai
- hoe kom ik over, hoe zien leerlingen mij
- stimuleer ik voldoende tot nadenken
- hoe speel ik in op de leerlingen

Daarna heb ik de vraag gesteld: Hoe wil je commentaar hebben, hoe moeten we je vertellen wat we van je vinden? Dat leverde onder meer het volgende op:

- vertel het me maar op de man af
- ze moeten eerlijk vertellen wat ze er van vinden
- het liefst zou ik wat suggesties krijgen
- ik hoop dat ze me een beetje ontzien met hun kritiek.

Vervolgens vertelde ik iets over opbouwende feedback, het mechanisme dat ten grondslag ligt aan dit soort oefeningen:

1. Iemands reactie zegt ook iets over hemzelf.
We leren niet zomaar door opmerkingen van anderen over hun gedrag. Iemands reactie op wat wij doen, zegt ook iets over die ander, dus hoe kom ik er achter wat dat met mij te maken heeft? Dat kan door van meer mensen reacties te verzamelen en die naast elkaar te houden.
2. Moet je iemand vooral wijzen op de "foute" dingen of vooral de goede dingen benadrukken?
Als we iemand vooral vertellen wat we vinden dat hij of zij fout doet, dan gaat iemand daar sterk aan lopen denken. Dat kan tot gevolg hebben dat het gedrag verandert, maar iemand heeft niet zomaar een alternatief bij de hand. Daarbij kan het zijn, dat de positieve aspecten van dat als negatief gekwalificeerde gedrag ook kunnen verdwijnen, en dat is jammer. Bij negatieve feedback schieten we ook gauw in de verdediging en hebben allerlei redenen (achteraf) voor wat we doen.
Beter kun je je concentreren op de dingen die een positief effect hebben, en daar in je hoofd meer aandacht voor hebben, dan zul je dat vaker doen, en daarmee dingen vervangen die niet zo goed gaan.
3. Vraag naar ervaringen ten gevolge van jouw gedragingen.
Het is het beste om zo precies mogelijke vragen te stellen aan het gehoor. Vermijd om te praten in termen van karaktertrekken.
4. Vermijd ook om te snel te gaan veralgemeniseren.
5. Houdt de hoeveelheid feedback beperkt.
6. Praat over concreet veranderbaar gedrag, niet over karaktertrekken.

Het zijn dit soort regels, bekend uit trainingen voor sociale en communicatieve vaardigheden, die een sleutel zijn voor gedragsveranderingen die bij je passen.

Ik geef drie tot zes keer per jaar een cursus van 2 of 3 dagen aan ongeveer tien docenten waarin ik deze principes toepas. In die tijd is het voor iedereen mogelijk een aantal gedragingen ten goede te veranderen. Studenten van zulke docenten merken het verschil, en zijn er zeer positief over. Docenten leren hun nieuwe vaardigheden in hun onderwijs te

introduceren en op effect na te gaan. Omdat alle deelnemers in zo'n cursus naast het gezamenlijke programma een eigen serie oefeningen uitvoert gaat er nooit iemand ontevreden weg. De reacties zijn meestal juigend: dat je zoveel van elkaar kunt leren was voor de meeste deelnemers zeer verrassend.

In de workshop tijdens de conferentie bereiden alle deelnemers vervolgens een stukje van een les voor. Als onderwerp is gekozen is voor de wet van Ohm, de theorieles die voor het praktikum wordt gegeven of de les die na te eerste meting van het verband tussen stroom en spanning komt. In tien minuten verzinnen de deelnemers in tweetallen de uitleg, of de serie vragen die ze zouden willen stellen.

Daarna komen twee deelnemers in vijf tot tien minuten hun lesje afdraaien en dat wordt opgenomen op de video.

In het nagesprek wordt ingegaan op de vragen die zij stellen, en om één en ander te controleren en verduidelijken wordt aan het eind van die besprekingen nog een stukje van de videobanden gedraaid.

Er zijn zeer veel kanten om op in te gaan. De docent bepaalt uiteindelijk de agenda. In het nagesprek blijven we zo lang mogelijk staan bij het "hier en nu". Uit de verschillende ervaringen tijdens de lesjes is veel te leren. Pas daarna komen we tot algemene uitspraken.

In de evaluatie blijken de deelnemers ook hier enthousiast.

Naast de hier beschreven trainingen worden door het Onderwijskundig Centrum cursussen gegeven in onder meer:

het maken van schriftelijk studiemateriaal,

begeleiden en organiseren van praktica,

modulair onderwijs, onderwijsbeleid, begeleiden van scripties, bevorderen van studievaardigheden, tentamens opstellen,

computer ondersteund onderwijs, TAIGA, enz.

Het centrum richt zich met name op het universitair, hoger en beroeps onderwijs. Andere instanties, scholen en bedrijven worden geholpen als daar mogelijkheden voor zijn.

Een volledige folder is op aanvraag verkrijgbaar: 053-892050.

REKENING HOUDEN MET LEERLINGDENKBEELDEN OVER IONISERENDE STRALING

Harrie Eijkelhof, Vakgroep Natuurkunde-Didactiek R.U.U.



In de afgelopen twee jaar is in een onderzoeksproject van de Vakgroep Natuurkunde-Didactiek - met subsidie van het Instituut voor Onderzoek van Onderwijs (SVO) - onderzocht welke denkbeelden over ioniserende straling voorkomen bij leken en leerlingen en hoe belangrijk deze denkbeelden zijn voor het leren afwegen van risico's. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende onderzoeksmethoden:

- A. Een analyse van mediaberichten over (toepassingen van) straling.
- B. Het raadplegen van ca. 50 stralingsdeskundigen (via een Delphi-studie van drie ronden).
- C. Vragenlijsten aan leerlingen van 4 havo/vwo en 6 vwo en aan studenten aan een NLO en een universiteit.
- D. Interviews van leerlingen van 4 havo/vwo.

Ter introductie van het onderwerp werd aan de deelnemers van de werkgroep een lijst voorgelegd van 27 lekendenkbeelden over ioniserende straling. Gevraagd werd aan te geven in welke mate men deze denkbeelden herkende bij leerlingen. In een bijlage bij dit verslag worden de resultaten numeriek vergeleken met de antwoorden van stralingsdeskundigen, die dezelfde vraag hebben beantwoord maar dan ten aanzien van 'het publiek'.

Vervolgens werden enkele begrippen besproken uit de stralingsleer:

1. (radioactieve) straling

De term 'radioactieve straling' wordt in de meeste schoolboeken gebruikt. Daar zijn bezwaren tegen aan te voeren van taalkundige, fysische en didactische aard, zoals blijkt uit de Delphi-studie. Stralingsdeskundigen hebben een voorkeur voor de term 'ioniserende straling', al dekt deze term niet volledig 'straling afkomstig van radioactief verval'.

Van de term 'straling' kan worden gezegd dat deze term in de media, door leerlingen en door studenten vaak wordt gebruikt in een situatie waarin een deskundige de term 'radioactieve stof' zou gebruiken.

2. radioactiviteit

Journalisten gebruiken deze term vaak om 'radioactieve stof' aan te duiden. Leerlingen en studenten denken bij deze term echter vaak eerder aan (radioactieve) straling dan aan 'radioactieve stof'.

3. halveringstijd

In de berichtgeving rond het ongeluk in Tsjernobyl wordt 'halveringstijd' nogal eens gebruikt als periode waarin een radioactief isotoop zijn radioactiviteit verliest. Bij leerlingen en studenten vinden we dit idee weinig. Wel blijken ook 6 vwo leerlingen nog veelal te denken dat het de tijd is 'waarin een atoomkern de helft van zijn straling verliest'.

4. stralingsdosis

In de stralingsleer betekent deze term de hoeveelheid energie die per kg stof wordt geabsorbeerd. In feite gaat het dus om datgene wat achterblijft. Bij leerlingen en in de media vinden we vaak een betekenis als 'de hoeveelheid straling die vrijkomt'.

5. bestraling/besmetting

Vele voorbeelden zijn te geven van verwarring tussen beide begrippen. Met in gedachten de brede betekenis die 'straling' voor veel mensen heeft (zie ad 1.) is dat niet verwonderlijk maar wel hinderlijk in de praktijk. Het Delphi-verslag geeft daarvan een aantal voorbeelden uit de praktijk.

Tenslotte bespraken we enkele mogelijkheden om rekening te houden met leerlingdenkbeelden op dit gebied. Daarvoor is wel een vereiste dat een docent gevoelig is voor het herkennen van dit soort denkbeelden; gesteld werd dat een dergelijke gevoeligheid kan worden ontwikkeld. De volgende mogelijkheden passeerden de revue:

- a. het expliciteren van leerlingdenkbeelden voor, tijdens en na de behandeling van het onderwerp;
- b. het niet alleen bespreken van gesloten bronnen, zoals gebruikelijk in het natuurkundeonderwijs, maar ook behandelen van open bronnen; in veel praktijksituaties zijn deze van groot belang: gezondheidszorg, fall-out, tracers in de industrie etc.;
- c. het structureren van de begrippen in een raamwerk: bron - straling - ontvanger. Elk van de bovenstaande begrippen (1. t/m 5.) past bij een element van dit raamwerk of duidt een proces aan dat de verbinding vormt tussen twee van deze elementen. In het VNL-lesmateriaal (werkgroep) wordt dit raamwerk expliciet gebruikt.

In de discussie vroegen deelnemers om referenties om meer hierover te kunnen lezen. Vandaar dat een lijstje is toegevoegd aan dit verslag.

Referenties

1. Eijkelhof H.M.C., Wierstra R.F.A. (1986) Effecten van straling en risicoafweging: een onderzoek naar kennis en attitudes van leerlingen van 5-HAVO, Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 4, 1, 61-74.
2. Eijkelhof H.M.C. Lijnse, P.L. (1987) Denkbeelden over radioactiviteit in de berichtgeving over Tsjernobyl, Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 5, 1, 16-29.
3. Eijkelhof H.M.C. (1987) Denkbeelden over straling bij het publiek. In: Straling In Perspectief, G.Verkerk (ed), Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 67-76.
4. Eijkelhof H.M.C., Klaassen C.W.J.M., Lijnse P.L., Scholte R.L.J. (1987) Stralingsdeskundigen over risico-afweging in het onderwijs. Verslag van een Delphi-studie, Utrecht: Vakgroep Natuurkunde-Didactiek RUU.
5. Eijkelhof H., Klaassen K., Scholte R. (1987) Verwarring rond 'straling' in de berichtgeving over Tsjernobyl, Wetenschap en Samenleving, 4/5, 39-44.
6. Eijkelhof H.M.C. (1987) Omgaan met aanvaardbare risico's. Het geval van ioniserende straling. In: NVON-congres 1986. Verzamelde artikelen, M.Kapteijn (red), Amsterdam: Vrije Universiteit, 37-42.
7. Eijkelhof H.M.C., Scholte R.L.J., Klaassen C.W.J.M., Lijnse P.L. (1987) Een Delphi-studie ter legitimering van leerinhouden op het gebied van ioniserende straling. In : Curriculum: ontwerp, implementatie en evaluatie, E.Harskamp en W.J. Nijhof (red), Lisse: Swets & Zeitlinger, 19-31.

Bijlage

Herkenbaarheid van lekendenkbeelden over ioniserende straling door stralingsdeskundigen (bij het publiek) en door docenten (bij leerlingen).

(schaal 1 = nooit, 2 = wel eens, 3 = regelmatig, 4 = heel vaak)

denkbeeld	gemiddeld	
	stralingsdesk. (N=55)	docenten (N=11)
a. bestraling maakt voedsel radioactief	3.0	2.9
b. straling zweeft als een wolk in de lucht	1.9	2.4
c. straling stroomt om een scherm als water om een boom	1.2	1.4
d. een kerncentrale kan ontploffen als een kernbom	3.0	3.1
e. ioniserende straling kan door een vacuum worden tegengehouden	1.1	1.8
f. straling wordt op dezelfde manier als licht weerkaatst door een scherm	1.5	2.1
g. bij het wegnemen van een radioactieve bron blijft de straling nog even hangen	2.2	2.4
h. na een ongeluk in een kerncentrale ziet de omgeving eruit als Hiroshima na de bom	2.4	2.5
i. straling hecht zich aan voorwerpen	2.3	2.7
j. straling kun je met tegenstraling tegenhouden (zoals 2 botsende waterstralen)	1.1	1.4
k. straling komt alleen vrij bij kernsplijting	1.7	2.4
l. straling hoopt zich op in het lichaam	2.8	2.8
m. na de halveringstijd is het gevaar geweken	1.8	1.8
n. een defecte reactor stoot straling uit	2.9	2.8
A. radioactieve stof en vrijkomende straling worden niet onderscheiden	3.2	3.1
B. bestraling van een persoon leidt tot radioactieve besmetting	2.6	2.9
C. stralingsnormen geven een veiligheidsgrens aan: daaronder veilig, daarboven gevaarlijk	2.8	2.7
D. radioactieve en röntgenbronnen worden niet onderscheiden	2.4	2.3
E. activiteit en dosis worden niet onderscheiden	3.1	2.7
F. kunstmatige straling is veel gevaarlijker dan natuurlijke	2.3	3.2
G. radioactieve stoffen zijn altijd gevaarlijker dan andere	2.6	3.5
H. een radioactieve stof is altijd gevaarlijk	3.1	3.4
I. straling wordt tegengehouden of niet	1.6	2.0
J. straling leidt tot impotentie	1.8	2.2
K. radioactieve besmetting kan door verhitting of een chemische behandeling ongedaan worden gemaakt	1.3	1.7
L. een ongeval in een kerncentrale is altijd een nucleair ongeval	2.3	2.6
M. radioactief afval bestaat alleen uit afval van kerncentrales	2.0	2.7

RADIOACTIVITEIT IN CONTEXT: NIEUW LES-MATERIAAL VOOR MAVO/LBO

Harrie Eijkelhof en Evert Knoester, Project VNL.



Achtergrond van het project VNL

Het project Voorbeeldmateriaal Natuurkunde LBO wordt uitgevoerd door de Stichting Opleiding Leraren (SOL) en de Vakgroep Natuurkunde-Didactiek van de Rijksuniversiteit te Utrecht, in samenwerking met het Instituut voor Leerplanontwikkeling (SLO). Doel van het project is om produkten te leveren die bruikbaar zijn in het natuurkunde-onderwijs aan leerlingen die zich voorbereiden op het nieuwe examenprogramma C/D, dat met ingang van de examens 1989 van kracht is. In dit nieuwe examenprogramma vinden we een aantal nieuwe onderwerpen en veel aandacht voor het leren in contexten en voor het doen van practicum. Vandaar dat de produkten die het project VNL beoogt op te leveren (in opdracht van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen):

- a. een programmavergelijking waarin de verschillen tussen nu gebruikte methoden en het nieuwe programma aan het licht komen;
- b. vier leerlingboekjes over (nieuwe) onderwerpen in contexten;
- c. docentenhandleidingen bij deze vier boekjes;
- d. twee docentenboeken over resp. het doen van practicum en het werken in contexten;

Bovendien wordt in samenwerking met andere instellingen (SiO, NLO's) de nascholing in het kader van het nieuwe examenprogramma bevorderd. Het project richt zich volgens de opdracht in eerste instantie op het LBO, maar gezien de harmonisatie van de examenprogramma's zijn de produkten uiteraard ook van belang voor de MAVO.

In dit schooljaar werken drie schrijfgroepen aan de bovengenoemde produkten. Elke

schrijfgroep bestaat uit docenten LBO/MAVO en vakdidactici. De eerste boekjes (over radioactiviteit en geluid) verschijnen in maart 1988; de overige zijn gepland voor juni 1988. Uitgever is het NIB, Postbus 144, 3700 AC Zeist, tel. 03404-21624.

Straling: je ontkomt er niet aan

Radioactiviteit is een nieuw onderwerp voor LBO en MAVO, met veel mogelijkheden om contexten aan bod te laten komen. Het leek ons daarom een geschikt onderwerp voor een leerlingenboekje. Bij het maken van keuzes tijdens het schrijven van het materiaal hebben de volgende aspecten een rol gespeeld:

- a. **keuze van inhouden:** bij het vergelijken van de contexten met de leerstof in het examenprogramma constateerden we enige discrepantie; bijv. röntgenstraling wordt wel genoemd bij de contexten en niet bij de leerstof en in de contextomschrijving wordt gesproken over 'persoonlijke aspecten van veiligheid en gezondheid in verband met ioniserende stralen' terwijl ionisatie noch een belangrijk begrip als stralingsdosis in de leerstofflijst zijn terug te vinden. Vandaar dat we besloten om met het oog op de contexten (en de leerdoelen) hier en daar meer leerstof op te nemen dan de examenlijst omvat. Uiteraard hebben we ons daarin wel moeten beperken.
- b. **leerlingdenkbeelden:** we realiseerden ons dat het denken van de leerlingen niet geheel blanco is bij de aanvang van de lessen over dit onderwerp, omdat het een onderwerp is dat in de actualiteit veel aandacht heeft (bijv. radioactief afval, Tsjernobyl, kernwapens). Uit onderzoek is gebleken dat leerlingen al redelijk vertrouwd zijn met allerlei begrippen maar daar andere betekenissen aan toekennen dan volgens de natuurwetenschappen juist wordt geacht. Bovendien blijken deze leekendenkbeelden vrij hardnekkig te zijn. We kozen er daarom voor om expliciet rekening te houden met deze leerlingdenkbeelden: deels door leerlingen aan de praat te krijgen over hun ideeën, deels door een didaktische en fysische structuur te hanteren waardoor de relatie tussen diverse begrippen kan worden verhelderd.
- c. **taal en lay-out:** het leek ons van belang rekening te houden met een gebrek aan taalvaardigheid bij leerlingen, niet door taal zoveel mogelijk te vermijden maar door de leesstukjes kort te houden en functioneel te laten zijn, door veel verwerkingsvragen op te nemen en door een duidelijke lay-out te hanteren.

Hoofdstuk 1 is een korte inleiding op het boekje. Leerlingen kunnen een enquête invullen waarin hun cognitieve denkbeelden over radioactiviteit en straling worden gepeild. Het tweede hoofdstuk bespreekt de bouw van moleculen, atomen en kernen. Het staat op zichzelf en kan worden overgeslagen als leerlingen dit onderwerp in de scheikundelessen al gehad hebben. De volgende drie hoofdstukken gaan achtereenvolgens over stralingsbronnen (isotopen, activiteit, halveringstijd), over kernstraling (soorten, eigenschappen, meetbaarheid) en over het ontvangen van straling (effecten, dosis, inwendige/uitwendige bestraling, bescherming). De term radioactieve straling wordt niet gebruikt omdat deze onjuist is en verwarring tussen begrippen in de hand kan werken. Het laatste hoofdstuk (6) bespreekt een aantal contexten: achtergrondstraling, gezondheidszorg, industrie, kernwapenexplosies, kernafval en het doorstralen van voedsel. Kernenergie komt niet apart aan de orde (alleen in de context van radioactief afval) omdat hiervoor vele begrippen nodig zijn die niet in de leerstofflijst staan. Waarschijnlijk ontbreekt de tijd om klassikaal al deze contexten te bespreken: de leraar kan hieruit een keuze maken of de leerlingen verschillende onderwerpen laten doen. Tenslotte kan dezelfde vragenlijst als in hoofdstuk 1 worden ingevuld en worden vergeleken om te zien wat leerlingen geleerd hebben. Prakticumactiviteiten zijn niet opgenomen omdat de meeste scholen niet over faciliteiten hiervoor beschikken. Videobanden kunnen echter gemakkelijk worden ingepast om leerlingen een beter beeld te geven van de praktijk. De docentenhand-leiding geeft hiervoor suggesties.

In de slotdiskussie is uitvoerig over nascholing gesproken. In de nascholing zouden drie aspecten aan bod moeten komen: vakinhoudelijke kennis, leerlingdenkbeelden en practicum doen. Wat het laatste betreft zal met het rijdend stralingspracticum over mogelijkheden tot uitbreiding van activiteiten in de richting van MAVO/LBO worden gesproken (Nawoord: men wil graag maar scholen/NVON/NLO's moeten daartoe druk op O & W zetten voor uitbreiding van faciliteiten).

Werkgroep 13

LEREN UITLEGGEN

Hans Poorthuis (SOL-Utrecht).

Aan deze werkgroep hebben vrijdag 22 mensen en zaterdag 18 mensen deelgenomen, zowel leraren van scholengemeenschappen MAVO-HAVO-VWO als docenten en studenten van lerarenopleidingen.

De werkgroepbijeenkomst is voornamelijk besteed aan het uitvoeren van twee werkopdrachten uit de cursus Schoolnatuurkunde & didaktiek van de Utrechtse lerarenopleiding. Aan de hand van schriftelijke instructie is in groepjes van drie aan elke opdracht een half uur gewerkt.



De eerste werkopdracht betreft het leren uitleggen van vraagstukken. Een vraagstuk waarvan het groepje niet direct de oplossing ziet, wordt geschematiseerd. De schematische tekening moet geschikt zijn om op het bord te zetten als ondersteuning van uitleg.

De gemaakte schema's zijn beoordeeld met behulp van criteria voor een goed schema. De kerngedachte achter deze werkopdracht is: Voor het zelf problemen oplossen, voor het begeleiden van probleem oplossen en voor het uitleggen van probleem gelden dezelfde eerste stappen: lezen, schema maken, verwoorden, ideeën vormen, kennis ophalen, of dit laten doen. Met name bij het uitleggen worden deze stappen maar al te vaak overgeslagen.

De tweede werkopdracht betreft het leren uitleggen met voorbeelden. Leerstoffragmenten (vragen, proefjes, theorie, voorbeelden) rond een lesonderwerp staan op losse kaartjes. Deze kaartjes liggen in een willekeurige volgorde en moeten op volgorde worden gelegd, opdat een goede les ontstaat. De gekozen ordening is met die van anderen vergeleken en beargumenteerd.

Kerngedachte achter deze werkopdracht is:

Een goede uitleg volgt de stappen oriënteren, aanleren, verwerken; maakt gebruik van goed gekozen praktijkvoorbeelden en schoolvoorbeelden; bevat een confrontatie tussen leerling-denkbepelden en vakbegrippen en -regels. Een uitleg kan slecht overkomen door het ontbreken van een oriëntatie of verwerking, door het ontbreken van voorbeelden of door een eenzijdige keus van voorbeelden.

Aan beide opdrachten is intensief gewerkt met een levendige discussie. De werkopdrachten zijn ervaren als leuk om te doen en relevant voor de praktijk van het lesgeven.

We kijken terug op een geanimeerde werkgroep.

METHODENANALYSE

L. Streefland

De werkgroep 'draaide' tweemaal met respectievelijk 9 en 13 deelnemers. Aan hen werd materiaal beschikbaar gesteld uit gangbare natuurkunde-methoden over dichtheid en snelheid. Het betrof 'Natuurkunde in thema's' van de PLON-vereniging, Exact (uitg. Meulenhoff), Verkeer en Veiligheid (PLON), Systematische Natuurkunde (uitg. Walraven) en uit 'Moderne Wiskunde' (i.v.m. snelheid, uitg. Wolters Noordhoff).



In beide gevallen, dus zowel voor 'snelheid' als voor 'dichtheid' waren de methodengedeelten aangevuld met enig materiaal uit het Wiskobasproject van het IOWO. Dit was gedaan, zoals uit het volgende overzicht van de gegeven opdrachten blijkt, om de aandacht van de deelnemers ook te richten op leerprocessen over langere termijn.

De gegeven opdrachten luiden:

Voor dichtheid:

1. Wat is dichtheid?
 - Vindt u niet dat er iets misleidend in deze term zit?
 - Zouden we niet beter van 'soortgelijke massa' kunnen spreken?
2. Analyseer de gegeven methodegedeelten over dichtheid.
 - Hoe waardeert u beide methoden gezien uw standpunt bij vraag 1?
 - In hoeverre wordt rekening gehouden met het (zich ontwikkelende) standpunt van de leerlingen?
 - Als u denkt aan een doorgaande lijn, kan het gebodene dan als basis dienen voor:
 - de Wet van Archimedes?
 - $p \times v = c$?
3. Wat vindt u van het bijgevoegde materiaal uit het Wiskobas-project?
 - Kan dit voorloper zijn?

Voor snelheid:

1. Wat is snelheid?
 - Er zijn allerlei subjectieve ervaringen die de kijk op snelheid van kinderen (en volwassenen) beïnvloeden. Welke?
 - Houdt u hiermee rekening in uw onderwijs?
2. Analyseer de gegeven methodegedeelten over snelheid. Let u daarbij in het bijzonder op:
 - a. mogelijkheden voor een leerproces op langere termijn; en in verband hiermee:
 - b. de kwestie van het snelheid-tijd-diagram en de afgelegde afstand.
3. Beschouw het materiaal uit het Wiskobas-project.
 - Hoe waardeert u dit tegen de achtergrond van uw bij vraag 1. en 2. geformuleerde standpunten?

Beide keren werden de deelnemers bewust gemaakt van het 'onmogelijke' van de opdracht door het te beperkte materiaal en de beperkte tijd die beschikbaar was.

De ervaringen tijdens de eerste werkgroep leerden, dat de gegeven opdrachten te globaal waren. Deze brachten weliswaar de nodige, op zichzelf zinvolle, discussies binnen de samengestelde groepjes teweeg, doch voerden niet tot een nauwgezette analyse van het

beschikbare materiaal. Om deze reden besloot ik de tweede groep in zijn geheel in het begin even bij de hand te nemen. Bij de twee eerste pagina's van het dichtheidsmateriaal werden wat 'dichtbij-vragen' opgeworpen vanuit de gezichtshoek van de natuurkunde lerende leerling. Al gauw ontstond toen een levendige plenaire discussie. Na een klein kwartier ging dit als vanzelf over in de groepsopdrachten. Deze functioneerden toen wel goed.

In de werkzaamheden en discussie van beide groepen konden de volgende accenten geplaatst worden.

1. Begrippen en doelstellingen. Wat is dichtheid? en wat willen we ermee?
2. Hoe zit het in de methoden?
3. Leerprocessen op de lange duur.
4. Verbindingen met de wiskunde.
5. Overlading en andere programma's.

Bij elk van de genoemde punten plaatsen we enkele kanttekeningen.

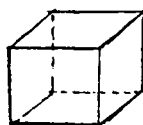
ad 1. Dichtheid is een gedefinieerde grootheid. Lastig is het voor de leerlingen, omdat massa en volume erin opgaan en massa is lastig. Dat wil zeggen: op intuïtief-kwalitatief niveau is het wel duidelijk te maken hoe het zit met bijvoorbeeld massa en gewicht (massaloos kan niet, gewichtloos kan wel), maar het verwerken van rekenvoorbeelden geeft problemen. Dichtheid dient om stoffen te vergelijken. Er zouden dus meer vergelijkingsproblemen in de methoden moeten staan. De zinvolheid van dichtheid, van snelheid, van de natuurkunde in zijn geheel, zou op de een of andere manier moeten blijken uit de meerwaarde die deze onderwerpen voor de leerlingen hebben. (Waarom doen we anders eigenlijk natuurkunde?)

ad 2. De voor leerlingen bedoelde natuurkundeteksten bevatten allerlei bronnen van misverstand. Bijvoorbeeld het generaliseren na één enkel proefje, waardoor een inductief bedoelde opbouw toch een deductief karakter krijgt.

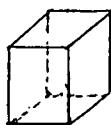
Iets overeenkomstigs kan gezegd worden voor de vanzelfsprekendheid, waarmee kwesties vanuit natuurkundig standpunt bekeken worden, een standpunt, dat de leerlingen nog niet kunnen innemen. Zo werd het starten met water in verband met dichtheid ongelukkig genoemd, vanwege de gelijkheid of overeenkomst van de massa-en-volume getallen, hoe je ook normeert. In het algemeen werd het materiaal 'sturend' genoemd. Dichtheid vraagt om een voorzichtige en rustige aanpak. 'Exact' oogste hierom enige waardering, hoewel bepaalde voorbeelden, zoals de vergelijking van een auto en een vliegtuig met het oog op dichtheid nogal slecht gekozen gevonden werden.

ad 3. Met name de noodzaak om lange termijn leerprocessen te organiseren voor moeilijke begrippen als dichtheid en snelheid dook steeds meer op tijdens de werkzaamheden. Leerlingen zijn in het tweede jaar nog niet aan formalisering van het begrip dichtheid toe.

Van het onderscheiden van massa en volume zou dan ook rustig de tijd genomen moeten worden. Vragen naar aanleiding van:

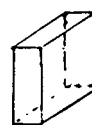


Een houten kubus verzaagd tot



$\frac{2}{3}$

en



$\frac{1}{3}$,

als:

'Welk van de twee stukken heeft de grootste dichtheid?' zouden in alle uitvoerigheid aan de orde moeten kunnen komen. Op de basisschool zouden al voorbereidende activiteiten i.v.m. dichtheid en snelheid kunnen plaatsvinden. Het werken aan verbanden tussen twee grootheden is lastig voor de leerlingen, om over het omgaan met relaties tussen drie variabelen (de wet van Ohm bijvoorbeeld) maar helemaal te zwijgen. Massa en volume gaan op in dichtheid. Met name massa blijkt een moeilijk begrip, dat lange tijd vergt, voordat de leerlingen de draagwijdte ervan doorzien.

In verband met de lange termijn klonk binnen beide groepen de nodige zorg door omtrent het effect van het onderwijs. Inzicht is een vereiste, met rekentrucs leren ze

het niet, maarr de ervaring leert, dat na een half jaar het meeste, zo niet alles, vergeten is.

- ad 4. De verbinding met de wiskunde kwam gedurig ter sprake. Werken aan dichtheid, druk, enz. blijkt extra bemoeilijkt te worden door de breuken en verhoudingen, die in het geding zijn. 'p = $\frac{m}{v}$ is een breuk!' zo werd gesteld, met de intonatie van: 'Nou, dan weet je het wel!' 'Zodra verhoudingen aan de orde zijn (in de scheikunde bijvoorbeeld bij de wet van Proust) hebben de leerlingen het heel moeilijk', zo werd er verzucht. Breuken en verhoudingen werden als de grote struikelblokken genoemd voor dichtheid en andere, verwante onderwerpen. Er zou, zo werd algemeen gesteld, niet zo'n strikte scheiding tussen de B-vakken moeten zijn in het onderwijs en meer afstemming en samenwerking binnen de school. In dit verband werd de benadering van snelheid en de kwestie van de afgelegde afstand als oppervlakte onder de snelheidskromme in 'Moderne Wiskunde' meer gewaardeerd dan die in 'Systematische natuurkunde'. Opmerkelijk was in dit verband de zienswijze van de deelnemers ten aanzien van grafieken. Deze werden beschouwd als grote abstracties. Om die reden had men in eerste instantie ernstige twijfels omtrent de bijgevoegde suggesties uit het Wiskobasmateriaal. 'Te hoog gegrepen', zo vond men. Enige toelichting vanuit de onderwijscontext deed de meesten hun standpunt bijstellen. Kwalitatieve grafieken (windsnelheid, voorgestelde autorit bij gegeven kaartroute e.d.) zouden, zo meenden men, inderdaad aan de begripsvorming kunnen bijdragen.
- ad 5. Een algemene klacht was de overlading van het programma. Diverse deelnemers bekenden gedwongen te zijn grote delen van het programma over te slaan. Tevredenheid over bestaand materiaal was er niet. Dit bleek op verschillende manieren. Of men veranderde nogal eens van programma, of men werkte aan een eigen programma door dit zelf te schrijven of bestaand materiaal te bewerken. Vooral voor de onderbouw, zo werd gesteld, zou er een ander programma moeten komen, dat veel meer de leerlingen als uitgangspunt neemt. Dit werd dan geïllustreerd met ervaringen als 'Vrijwel alle leerlingen menen dat thermometers zonder uitzondering met kwik gevuld zijn, rood kwik, blauw kwik, enz.'

Samengevat: Natuurkunde is een lastig vak. De beschouwde methoden hebben hun goede en kwade kanten. Er zijn mogelijkheden voor verbeteringen, maar zonder hulp van buitenaf lost de leraar die niet in zijn eentje op.

Wie het onderwijs- en leerniveau afmeet aan de inhoud van de boeken misleidt zichzelf. Deze ballon zou in Nederland eens doorgeprikt moeten worden.

ENERGIE UITLEGGEN: ENERGIE BEGRIJPEN?

Ton van der Valk & Henk Bruyns

1. Voorinformatie

Energie is een kernbegrip uit de natuurkunde. Tegelijk heeft het diverse betekenissen in de leefwereld. Bovendien wordt het begrip gebruikt bij andere vakken zoals biologie en aardrijkskunde. De verschillende betekenissen van het woord energie leiden tot allerlei begripsproblemen bij leerlingen. Deze belemmeren hen, soms zichtbaar maar meestal verborgen, om de natuurkundelessen te begrijpen.



Het project 'Begripsontwikkeling bij leerlingen in realiteitsgericht natuurkundeonderwijs' is gericht op het in kaart brengen van de begripsontwikkeling van 4 en 5-VWO-leerlingen die het thema 'Energie' en het blok 'Energie en arbeid' volgen. Daarvoor worden zowel vragenlijsten als uitgeschreven leerlingdiskussies in de klas gebruikt. Het is de bedoeling om aan het onderzoek aanwijzingen te ontleen voor een goede begripsopbouw in lesmateriaal en in de klas.

In deze werkgroep zal vooral aandacht besteed worden aan de betekenis van het woord energie en daarmee verbonden termen (omzetten, verlies, energiesoort e.d.) in uitspraken van leerlingen. Er zal een korte uiteenzetting gegeven worden over enkele methoden, ontleend aan de cognitieve psychologie, waarmee betekenissen van een begrip geanalyseerd kunnen worden. Vervolgens zal aangegeven worden welke de inhoud van het begrip energie voor een leerling kan zijn in de loop van zijn of haar begripsontwikkeling en hoe zich die betekenissen verhouden tot die in het thema 'Energie' en de betekenissen waarin de leraar energie gebruikt. Daarna worden de deelnemers uitgenodigd groepsgewijs een uitgeschreven klassediskussie te analyseren op de betekenissen van het begrip energie bij de leraar en de leerlingen en op problemen die zich daarbij voordoen. Deze problemen betreffen het begrijpen van de natuurkunde en het verstaan van elkaar.

Tot slot worden, uitgaande van de ervaringen in de groepen, enkele stellingen over uitleggen en begrijpen bediscussieerd.

2. Het verloop van de werkgroep

Omdat er in het zaaltje te weinig ruimte was voor een groepsgewijze discussie in subgroepen is het voorgelegde protocol plenair besproken. Daaraan voorafgaande hebben we een inleiding gehouden over ons werk in dit onderzoeksproject.

3. De gegeven informatie:

a. Begripsontwikkeling

In de leefwereld heeft energie zowel de betekenis van menselijke energie als van functionele energie, zoals P. Black in zijn lezing van vrijdag ook naar voren bracht. Het thema 'Energie' gaat uit van de leefwereldbetekenis functionele energie en probeert bij leerlingen van daaruit het fysische begrip op te bouwen. Niettemin spelen ook aspecten van 'menselijke energie' voortdurend een rol in de leerlingdiskussies.

De betekenis 'menselijke energie' kan aangeduid worden in de volgende zinnen: Een mens heeft energie. De mens kan die energie gebruiken om een activiteit te doen.

Hoe het begrip 'funktionele energie' in de leefwereld wordt gebruikt, blijkt uit de volgende zinnen: Een machine verbruikt energie als die voor de mens een taak verricht. Brandstof is bij voorbeeld energie.

Energie heeft in de leefwereld dus betrekking op doelgerichte menselijke activiteiten. Met 'vanzelf' verlopende processen zoals vallen, afkoelen, tot stilstand komen heeft het niets te maken.

Aan de protocollen van leerling discussies over vraagstukken uit het thema energie ontleen we aanwijzingen voor een geleidelijke vorming van het begrip energie bij leerlingen. Hier presenteren we een voorlopige beschrijving van deze ontwikkeling.

Funktionele en menselijke energie vormen het startpunt van de begripsontwikkeling.

- * Het 'funktionele' energiebegrip wordt ook op mensen toegepast. Voor de mens is voedsel dan energie.
- * Van het idee, dat energie verbruikt wordt stappen leerlingen over naar het idee dat energie geproduceerd wordt in de vorm van warmte, licht, elektriciteit. Het idee dat beweging ook zo'n energiesoort is, is dan vanuit het 'menselijk' energiebegrip afkomstig: beweging (activiteit) is het produkt van voedsel (energie) dat door de mens verbruikt wordt.
- * Geproduceerde energie kan zelf weer verbruikt worden waarbij een nieuwe energiesoort geproduceerd wordt. Dat is bij voorbeeld in een gloeilamp het geval. Als de energiesoort verdwijnt (verbruikt, omgezet wordt) ontstaat een nieuwe energiesoort: elektrische energie verdwijnt en warmte en licht ontstaan.
- * Vanuit het principe van energiebehoud kan nu de consequentie getrokken worden dat de energie al aanwezig was op de plaats waar het vandaan kwam (i.p.v. de energie uit gas de (chemische) energie van gas.

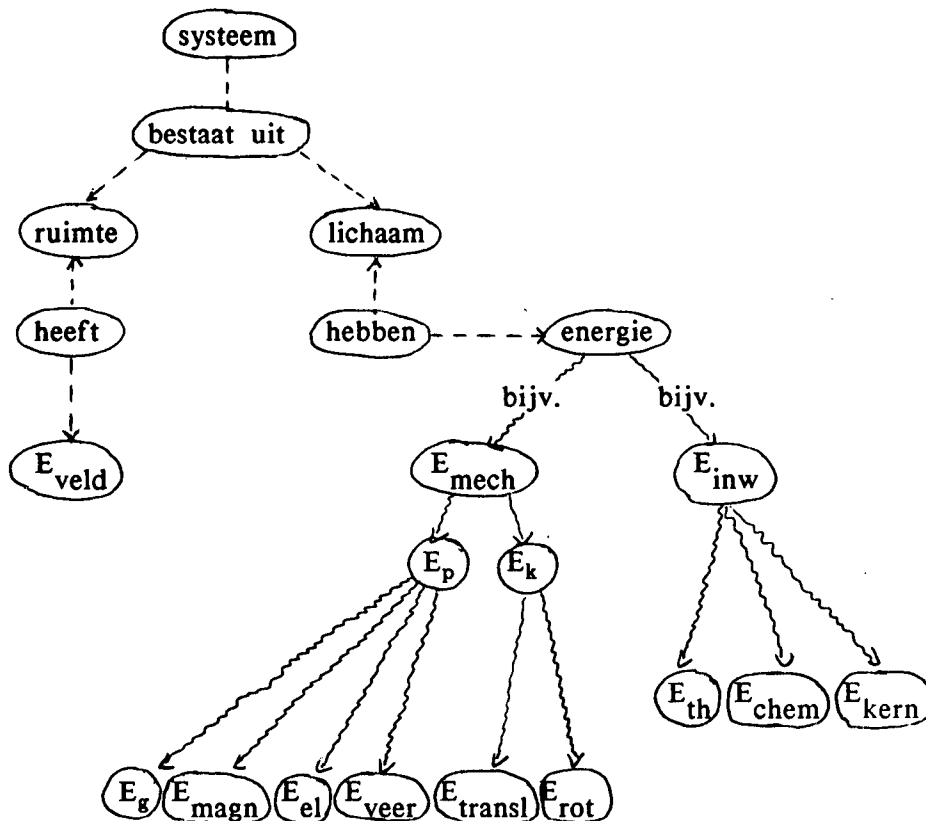
Van hieruit is het tenslotte nog een hele weg om tot het inzicht te komen dat je eigenlijk alléén van potentiële en kinetische energie kunt spreken (en mengvormen zoals chemische energie) aan de ene kant en van energieoverdracht in de vorm van warmte, licht, elektrische energie of arbeid aan de andere kant.

b. analyse-methode

Bij het analyseren van (open-)vragenlijsten en van protocollen maken wij gebruik van methode en theorieën ontleend aan de cognitieve psychologie. Wij trachten aan te sluiten bij de formalisering, die Jürgen Rost (1983) heeft gegeven van de theorie van Lindsay, Norman en Rumelhart (Norman & Rumelhart, 1975). Rost stelt dat een begrip wordt bepaald door een aantal kenmerkende en hiërarchische relaties met andere begrippen. Zo heeft bijvoorbeeld het begrip funktionele energie als kenmerk, dat het nodig is voor het laten werken van een apparaat. Verder is funktionele energie in de hiërarchie der begrippen het superkonsept van brandstof en elektriciteit. M.a.w. brandstof en elektriciteit zijn vormen van energie.

Ook het natuurkundige energiebegrip kan op deze manier worden geanalyseerd. Wij komen dan tot de conclusie dat energie natuurkundig gezien opgevat dient te worden als kenmerkende eigenschap van een systeem bestaande uit lichamen en ruimte.

Een schematische weergave treft u hieronder aan.



In de werkgroep ontstond een interessante discussie over de vraag of je mag spreken over 'lichamen hebben energie'. Is energie niet eerder een eigenschap van het hele systeem van lichamen? Ons antwoord hierop is, dat het in de schoolnatuurkunde vooral belangrijk is om te benadrukken, dat energie een eigenschap van objecten en dat energie dus geen stof of activiteit is. Bij de berekening van zwaarte-, of bewegingsenergie, die bijvoorbeeld een vallende steen heeft, vindt onvermijdelijk de koppeling met het grotere systeem plaats: De hoogte en snelheid t.o.v. de aarde! Energie opgevat als lichaamseigenschap hoeft dus niet tot fouten te leiden. In het hiervoor gepresenteerde schema kan op de volgende wijze rekening worden gehouden met de relativiteit van energie.

lichamen<---hebben--->energie----ten opzichte van----andere lichamen

De in het voorgaande beschreven ontwikkeling van leerlingdenkramen omtrent energie kan op analoge wijze worden gerepresenteerd. Voordelen hiervan zijn dat hierdoor een zeker overzicht wordt verkregen en dat door de noodzakelijke formalisering de toetsbaarheid wordt vergroot.

4. Analyseren van een klassediskussie

Na de inleidende informatie kregen de deelnemers het hierna afgedrukte stukje leerlingdiskussie. De vraag uit het oriënterende eerste hoofdstuk van het thema energie waar de discussie over gaat is er boven afgedrukt. De klassediskussie vindt plaats nadat de vragen eerst groepsgewijs ingevuld zijn.

14. Energie

Hieronder staan een aantal stellingen over energie. Geef bij elke stelling aan of je het er geheel mee eens bent (1), of juist geheel mee oneens (5) of ertussenin. Na een voorlopige behandeling van de natuurkundige betekenis van het begrip 'energie' komen we nog op deze stellingen terug.

	geheel mee eens			geheel mee oneens	
1. Bij elk energiegebruik verdwijnt er energie.	1	2	3	4	5
2. Het water in de stortbak van het toilet heeft energie.	1	2	3	4	5
3. Een batterij heeft geen energie, die komt pas vrij als je hem gebruikt.	1	2	3	4	5
4. Bij autorijden wordt benzine gebruikt; als de tank leeg is, is de energie verdwenen.	1	2	3	4	5
5. Brandstof is energie.	1	2	3	4	5
6. Een vallende steen heeft energie.	1	2	3	4	5
7. Iets dat stilstaat kan geen energie hebben.	1	2	3	4	5
8. Een flitslampje heeft geen energie.	1	2	3	4	5
9. Energie gaat nooit verloren.	1	2	3	4	5
10. Jonge mensen hebben meer energie dan bejaarden.	1	2	3	4	5

De leerlingen van een Ath.5-klas (augustus) hebben de opgave in groepen besproken. Dan volgt de volgende klasse-diskussie.

36. L. Vraag 2. (leest voor)... wie heeft hier een 1? (vingers omhoog). Wat is de reden om een 1 in te vullen ?
LL8 Stommeling.
LL7 Nou, als het in de stortbak zit en je doet een klepje open en het stort naar beneden.
40. (De klas reageert met ongenoegen over de uitleg.)
Er hoeft geen energie meer bij geen elektrische energie of zo, dus het heeft energie, valenergie of zo.
L Dus de redenering is dat het zonder toevoer van energie energie krijgt als het valt, ja?*, en dat het daarom al
45. energie moet hebben dat zeg jij ?
LL7*Ja.
LL7 Ja zoiets, ik weet het ook niet precies.
? (onv) inzit (onv).
L Wie heeft een 5 ingevuld ?
- 50-67 (de leerlingen durven dat niet zo goed toe te geven. Sommigen worden door anderen aangespoord. Ook de leraar spoort de klas aan.)
- GJ Ik heb geen 4 of 5 ingevuld maar ik kan wel begrijpen waarom dat eigenlijk niet waar is. Dat water in die stortbak heeft
- 70 op het moment dat het erin zit geen energie.
Het is gewoon een stilstaande toestand. Het krijgt energie door het klepje dat weggaat. Dus het water in de bak heeft geen energie dus je moet eigenlijk (onv).
- L Dus dat is de andere redenering, op het moment dat het in de
- 75 bak zit kun je geen energie daaraan konstateren. Het beweegt

- bijvoorbeeld helemaal niet. Op het moment dat het gaat vallen dan zie je het bewegen, dan krijgt hij dus energie. Welke redenering is nou juist ?
- 80 LL8 Nou, ik dacht (onv) ik was het dus met Remco eens, maar wat GJ zegt ja.....ja dat klinkt wel leuk ja#.
- L dat klinkt wel leuk.
- S# Ha, ha, ha.
- LL10Er is toch energie ingestopt om het naar boven te krijgen#.
- 85 WJ# Dus het antwoord is 5.
- L Ja....er is energie ingestopt om het daar te krijgen.
- 86-138 L introduceert zwaarte-energie en bewegingsenergie.
- 140 L Ik pak meteen even uitspraak 6 erbij. Daar zal iedereen het wel mee eens zijn.
- GJ Ik had 3 omdat ik het niet wist... Het beweegt. Waarom zou het dan energie moeten hebben ?
- L Ja, wat voor een idee heb je.... bij energieja P....associaties met energie, nee je zegt: "het beweegt,
- 145 waarom zou het dan energie moeten hebben wat zijn voor jou duidelijke vormen van energie ?
- GJ Ja energie verbrandt en er komt energie bij vrij*....
- L* Warmte bijvoorbeeld.
- GJ Ja.
- 150 L En als iets valt ?
- GJ Dan werkt er gewoon de zwaartekracht op.
- L P, wat zeg jij ?
- P Ik zeg er komt energie bij vrij ik zie niet in waarom het energie heeft.... ik zie nog niet zo goed ook het verschil
- 155 dat je tussen benzine (onv) heeft.
- GJ Van die steen zou je niet kunnen zeggen, daar zit benzine in.
- L Jij zegt er komt energie vrij...een steen heeft energie is iets anders voor je gevoel dan er komt energie vrij...
- 160 omdat die energie niet in die steen zit maar in de beweging van die steen.... dus het is de beweging van de steen die de energie heeft.....

De discussie:

De deelnemers bediscussieerden deze klassediskussie aan de hand van de volgende vragen:

1. Wat kan de reden zijn dat leerling 7 in r.42 de noodzaak voelt te spreken over 'valenergie'?
2. Leerling 7 voelt zich, blijkens r.47, niet begrepen door de leraar. Heeft hij daar aanleiding toe, gezien de uitleg die de leraar aan zijn woorden geeft (r.43-45)? Zo ja, welke ?
3. "Als je ergens energie instopt, dan krijgt het energie". Leerling GJ en leerlinge 10 zullen waarschijnlijk het beide daarmee eens zijn, maar en toch heel iets anders mee bedoelen. Leg dat uit aan de hand van de protocolfragmenten r.68-74, r.83/84 en r.141/142.
4. Leerling 8 zegt in r.79/80 "maar wat GJ zegt ja dat klinkt wel leuk". Daarom wordt gelachen in de klas.
 - a Waarom is dat toch een serieus argument van leerling 8 ?
 - b Kun je een reden noemen waarom leerling 10 (r.83/84) zijn argument zo formuleert als hij gedaan heeft ?

5. Vind je dat de leraar er in r.158-162 blijk van geeft dat hij de ideeën van GJ en P (r.140-157) begrijpt ?
Welke argumenten heb je daarvoor ?

Aan het in vraag 1 ter discussie gesteld woord 'valenergie' werd door verschillende deelnemers een andere uitleg gegeven: o.a. de energie nodig om te vallen, een alternatief woord voor zwaarte-energie.

De deelnemers waren het erover eens dat de leraar L in regel 43-45 een verwarrende interpretatie geeft van het leerlingantwoord: hij laat bijvoorbeeld na de energiesoorten te benoemen. De veronderstelling werd geopperd dat het leerlingantwoord te goed was voor het doel dat de leraar had: in leefwereldtermen over energie praten. Dat zou de reden zijn om deze 'slechtere' formulering te geven. Een aantal deelnemers vonden, die uitspraak van GJ (r.68-73) van veel inzicht getuigen: het water in de stortbak heeft op zich geen energie, maar alleen door de nabijheid van de aarde. GJ legt huns inziens daar de nadruk op door te wijzen op het 'zichtbaar' worden van deze energie tijdens het vallen.

Tijdens het nadenken over het protocol kwam voortdurend de vraag naar boven hoe je het onderwijs nu zo kunt inrichten dat de leerlingen met zo weinig mogelijk moeite tot fysische begrippen komen. Moet je bijvoorbeeld uit gaan van het begrip energie uit de leefwereld. Of moet je een andere weg bewandelen door het verrichten van arbeid steeds op de voorgrond te zetten ?

Al met al gaf het bezig zijn met het protocol aanleiding tot diepgaande discussies, met het gevolg dat het programma voor de werkgroep niet geheel afgewerkt kon worden. Aan de vragen 4 en 5 zijn we nauwelijks en aan de volgende stellingen zijn we helemaal niet meer toegekomen. Het was de bedoeling deze stelling als afsluiting van de werkgroep te bediskussiëren.

Stelling 1

Aan een begrijpelijke uitleg van de begrippen kinetische- en potentiële energie dient een eerste kennismaking met het principe van energiebehoud vooraf te gaan.

Stelling 2

Voor leerlingen is het idee dat een voorwerp energie kan hebben zo moeilijk te begrijpen omdat:

- a. de formulering 'energie hebben' niet herkenbaar is als natuurkundetaal'.
- b. in de leefwereldtaal alleen mensen energie kunnen hebben.

Stelling 3

In een goede uitleg is het nodig dat de leraar duidelijk is over de soort taal die hij of zij gebruikt: een natuurkundige of de alledaagse taal.

BEGRIPSVORMING IN DE OPTIKA

R.E.A. Bouwens

In deze werkgroep werden de deelnemers gevraagd mee te denken en te discussiëren over het onderzoek naar misvattingen in de optika, dat aan de TU in Eindhoven als afstudeerwerk in de vakgroep Didaktiek Natuurkunde werd uitgevoerd.

Dit werd gedaan aan de hand van de vragenlijst, die bij het onderzoek werd gebruikt. Een gedeelte van de vragen uit de lijst werd door de deelnemers beantwoord. Tevens maakten zij een schatting van het aantal leerlingen, dat de vraag goed zou beantwoorden. Vervolgens werden de onderzoeksresultaten becommentarieerd.

De discussie spitste zich toe op dubbelzinnigheden, die in de vragenlijst voorkwamen en die mogelijk aanleiding gaven tot verkeerde veronderstellingen over de aanwezigheid van misvattingen bij leerlingen. Ook werden mogelijke aanvalsstrategieën ter sprake gebracht.

Inmiddels is het afstudeerwerk afgerond en vastgelegd in een verslag, waarvan hieronder de samenvatting is opgenomen. In het tijdschrift TDbeta verschijnen enkele artikelen over het onderzoek. Voor verdergaande informatie over het onderzoek kunnen geïnteresseerden contact opnemen met: Dr. G. Verkerk

TU Eindhoven
Postbus 513
5600 MB Eindhoven
Tel. 040-474171

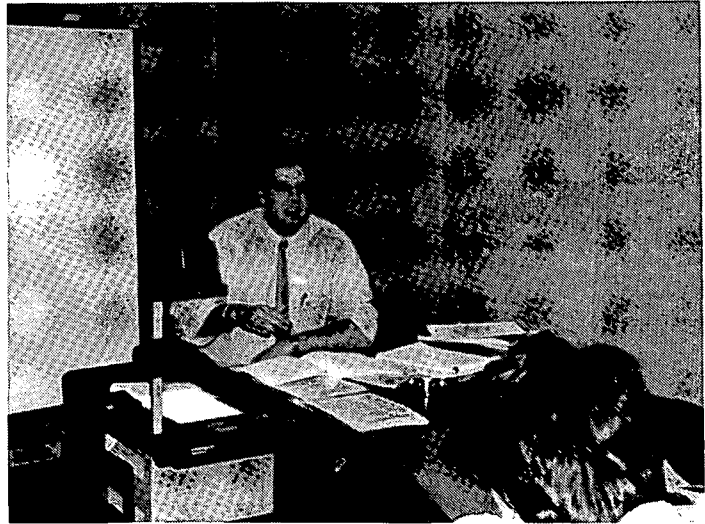
Samenvatting

Bij de aanvang van een stuk onderwijs is een leerling geen 'tabula rasa'. Naast juiste voorkennis, waarvan een leraar gebruik kan maken, moet hij ook inspelen op misvattingen van zijn leerlingen. Tijdens dit afstudeerwerk is een inventarisatie gemaakt van misconcepties, die bovenbouwleerlingen van HAVO en VWO op dit gebied van de geometrische optika hebben. Uit de resultaten kwamen enkele probleemgebieden naar voren, t.w. het zichtconcept, het beeldvormingsconcept, het verschil tussen speculaire en diffuse reflectie en het verband tussen rechtlijnige voortplanting en schaduwvorming. Er zijn aanbevelingen gedaan, hoe deze onderwerpen kunnen worden behandeld vanuit het oogpunt van een betere begripsontwikkeling.

Er is een leerpsychologisch model gehanteerd, waarmee verschillende soorten misvattingen kunnen worden onderscheiden. Aan de hand van voorbeelden uit de optika worden voor de verschillende soorten aanvalsstrategieën getoond, die echter niet voortkomen uit het model, maar uit de vakinhoud.

Tevens is getracht een beeld te krijgen van het huidige optika-onderwijs. Daartoe is eerst bestudeerd welke ontwikkelingen de examenlijsten de laatste decennia op het gebied van de optika hebben ondergaan. Voorts is een zestal leerboeken kritisch bekeken, met name met betrekking tot begripsontwikkeling.

Er is een aanzet gegeven tot een behandeling van de optikaleerstof, waarin vooral aandacht wordt besteed aan de begripsontwikkeling in de door het misvattingenonderzoek aan de dag gelegde probleemgebieden.



NOOIT MEER UITLEGGEN EN TOCH BEGREPEN - SNIK

Jan Frankemölle, Pierre van Meeuwen en Rob Knoppert

Het Projekt Bovenbouw Natuurkunde (PBN) heeft als doel lesmateriaal te ontwikkelen en te onderzoeken, gebaseerd op het nieuwe WEN-eindexamen. Onder coördinatie van het SLO werken hierin de vakdidactici van enkele universiteiten met docenten/schrijvers samen.

De SNIK (= Systematische Natuurkunde in Kontekst) maakt onderdeel uit van PBN en bestaat uit Pieter Licht (VU, Amsterdam) en een zevental docenten. De docenten hebben indertijd het DBK-HAVO bovenbouw-boek geschreven. De



SNIK-groep heeft tot taak in vier hoofdstukken de WEN-onderwerpen betreffende elektriciteit tot lesmateriaal te verwerken en wel zo: systematische ordening van het lesmateriaal maar nadrukkelijk geplaatst in kontekst.

Het eerste hoofdstuk "Elektriciteit in huis", geschreven door Pieter Licht en de presentatoren van de werkgroep, is klaar in eerste versie en wordt op het ogenblik bij een vijftal scholen uitgetoetst. Dit lesmateriaal is in de werkgroep gepresenteerd.

Het hoofdstuk, bestemd voor 4-VWO, behandelt de wet van Ohm, serie- en parallelschakeling, en wat daar verder, ook als kontekst, bij hoort.

Het hoofdstuk heeft de PTW-struktuur zoals het DBK-natuurkunde materiaal. Hier volgen enkele van gebruikelijk lesmateriaal afwijkende aspecten:

- P-bladen bevatten niet alleen instructies voor het uitvoeren van proefjes. Zo worden in het eerste practicum vragen gesteld over de huisinstallatie. Een mini-huisinstallatie bevindt zich in de klas.
- In de derde les wordt een diagnostische toets afgenomen, welke gebaseerd is op Pieter Lichts werk aan de VU. Hierin wordt vastgesteld in hoeverre leerlingen misconcepten uit de onderbouw hebben meegenomen betreffende de begrippen spanning, stroom en weerstand. Hierop volgt een soort remedial teaching. Via vijf leerroutes, waarvan een leerling er één of meerdere kan volgen, worden deze misconcepten gekorrigeerd.
- Aan de hand van normale gloeilampen worden bij 220 V (demonstratie) en bij spanningen tot 30 V (practicum) de eigenschappen van parallel- en serieschakeling duidelijk gemaakt.
- Leerlingen gebruiken ohmmeters om de weerstand van huishoudelijke apparaten vast te stellen.
- De begrippen zekering, aardlekschakelaar, veiligheid (elektrocutie) komen uitgebreider dan tot dusverre gebruikelijk aan de orde.
- Het hoofdstuk wordt afgesloten met een "proef-proefwerk". Deze toets bestaat uit moeilijke, open vragen, waarbij per vraagonderdeel de leerling tot driemaal toe schriftelijk hulp kan gebruiken (zogenaamde "gefaseerde hulp"). Over deze gefaseerde hulp is een artikel voor het NVON-blad in voorbereiding.

De deelnemers aan de werkgroep hebben zich in het bijzonder bezig gehouden met de diagnostische toets + leerroutes en het proef-proefwerk + gefaseerde hulp.

DE COMPUTER IN HET LEERPROCES

J.H. Klooster

Zoals in de aankondiging van de werkgroep al was vermeld zijn de resultaten van de groep vergeleken met de ervaringen die men in Berlijn met computers heeft opgedaan. (Een meer uitgebreid artikel over "Berlijn" zal binnenkort in het NVON-blad worden gepubliceerd.)

Als we de resultaten van beide meetings samenvatten dan kunnen we de volgende conclusies trekken:

Korte programma's zijn nuttig als toelichting op concrete problemen.

Met een klein programma kunnen we eenvoudig laten zien dat bij een vernauwing in een stroomdraad de elektrische stroom niet groter wordt, dit in tegenstelling tot de stroomdichtheid. In dit geval gebruiken we de computer als een soort lusfilmprojektor maar omdat we in het model kunnen ingrijpen, zal een computersimulatie altijd een sterkere indruk achterlaten dan een demonstratiefilmpje. Juist om deze reden zal het duidelijk zijn dat er in deze programma's beslist geen vaktechnische fouten mogen zitten. We mogen onze leerlingen onder geen voorwaarde een foutief model aanpraten.

Ook een programma om meetwaarden van een proef te evalueren (b.v. de wet van Snellius) behoort tot deze categorie van nuttige programma's, zeker als we het voor de bovenbouw uitbreiden met een mogelijkheid om met meetonzekerheden te gaan werken.

Zodra programma's een wat grotere omvang krijgen moeten we meer op de gebruiksvriendelijkheid gaan letten, een goede menu-sturing wordt dan meer en meer noodzakelijk: niets is hinderlijker dan een programma dat vastloopt tengevolge van een foutmelding of een verkeerd kommando. Een menusturing die erg prettig werkt, is de methode waarbij op de onderste twee regels van het beeldscherm de mogelijke kommando's verschijnen, waarvan het eerste geïnverteerd geprint is. Met behulp van de cursor-toetsen brengen we het geïnverteerde veld naar het gewenste kommando en activeren het daarna met return.

Als in een programma een aantal parameters voorkomt (b.v. hoogte, beginsnelheid, luchtwrijving) dan moeten deze waarden bij het opstarten van het programma al voorgeprogrammeerd zijn (default-values). Om een of meer van deze waarden te veranderen, kunnen we eenzelfde soort menu-programma gebruiken als hierboven; het is daarbij gewenst dat er dan ook meteen grenzen worden aangegeven waarbinnen de variabele mag liggen.

Ook een extra routine die voor de 'decimal point' een komma accepteert zou een welkome aanvulling zijn.

Als de ingevoerde waarde buiten het toegestane bereik ligt, moet het programma hier op een 'nette' manier op reageren.

Een routine die het mogelijk maakt getallen 'blind' in te voeren kan ook zijn nut hebben; leerlingen moeten dan terugredeneren welke verandering de leraar heeft aangebracht.



Voor wat betreft de hardwarekant van de computertoepassingen was de konklusie dat er drie mogelijkheden zijn:

- 1 - of men koopt kant en klare interfaces van de bestaande onderwijsfirma's, of
- 2 - men knutselt zelf een AD-converter in elkaar, of
- 3 - men gebruikt de PADDLE-ingang van de computer.

Aangezien de werkgroep op de konferentie voornamelijk bestond uit BBC enthousiasten, was de konklusie al snel dat we het beste gebruik konden maken van de mogelijkheden die deze machine biedt en dat we dus voor niet al te snelle processen gebruik kunnen maken van de ingebouwde AD-converter in combinatie met zelf te bouwen interfaces. Voor de snellere processen (audiogebied) is het mogelijk de BBC uit te breiden met een snellere AD-converter.

Nu de scholen in het kader van het NIVO-project worden uitgerust met MS-DOS-computers, waarvoor nog slechts zeer weinig goede natuurkundesoftware beschikbaar is, lijkt het het beste om bestaande software van andere machines zoals Apple, BBC en Commodore over te zetten naar deze computers. Voor de BBC is dit mogelijk door BBC-basic te laden in de MS-DOS-machine en daarna het programma over te seinen van BBC naar MS-DOS-machine, waarna het programma op MS-DOS-schijven gesaved kan worden. Later kan het programma dan gewoon gedraaid worden, mits natuurlijk wel eerst BBC-basic geladen is. Hopelijk bestaat deze mogelijkheid ook voor de andere machines omdat het alternatief, het vertalen naar GW-basic of Pascal en daarna opnieuw intypen, weinig aantrekkelijk is. De voor het overzetten noodzakelijke know-how zullen we in het algemeen moeten zoeken bij de gebruikersverenigingen van de desbetreffende machines.

Zoals het er nu uitziet zullen de nodige man-uren die met het ontwikkelen van goede onderwijsprogramma's gepaard gaan nog steeds opgebracht moeten worden door de echte computerenthousiasten en door studenten die dit als een werkstuk voor hun studie doen. Als we nagaan hoe arbeidsintensief het schrijven van een goed programma is, dan valt (zelfs zonder computer !) snel uit te rekenen hoe lang het zal duren totdat er een acceptabel aantal programma's beschikbaar zal zijn.

Het zou de overheid niet ontsieren als zij blijk zou geven van een aanpak die wat meer visie uitstraalde: de oplossing waarbij binnen het kader van de vakdidaktiek een software-man aangesteld wordt lijkt wel duur, maar waarschijnlijk betaalt deze zichzelf snel terug, omdat de ontwikkelde software als 'public domain'-software kan worden aangeboden.

Rest mij nog een ieder te bedanken die op zo'n prettige wijze aan de werkgroep heeft deelgenomen.

DEFINITIE KIEZEN IN DE MECHANICA

T. Hengeveld

De tekst van deze werkgroep past qua omvang en karakter niet zo in dit conferentieverlag. Belangstellenden kunnen de tekst aanvragen bij:

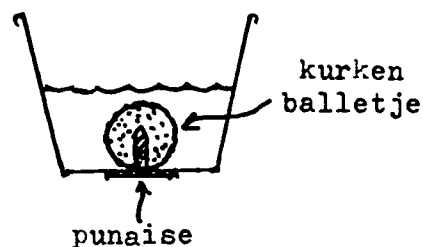
T. Hengeveld
Marnixkade 22-III
1015 XN Amsterdam

Onderstaande tekst is de voorinformatie die, voorafgaande aan de conferentie, werd versterkt.

Vaak zitten we met het probleem: "Hoe vertel ik het mijzelf voordat ik het mijn leerlingen vertel?" Neem bijvoorbeeld het volgende proefje:

In een plastic bekertje wordt een kurken balletje onder water gehouden door een punaise die door de bodem van het bekertje is gestoken (zie figuur). Laat men het bekertje van pakweg 2 meter hoogte vallen dan wordt het balletje letterlijk gelanceerd als het bekertje de grond raakt. Lukt de proef dan bereikt het balletje hoogten van 3 meter en meer. Om dit resultaat uit te leggen in de klas zullen we eerst voor onszelf goed moeten nagaan hoe het zit met de krachten die hier in het spel zijn.

Een ander voorbeeld is het recente artikel "Wat is massa?" in het NVON-blad. Ook hier wordt een begrip, in dit geval van massa, eerst vaktechnisch geanalyseerd alvorens op de didaktiek in te gaan. Het is mijn mening dat er in de mechanica diverse begrippen nog natuurkundig moeten worden verhelderd voordat we aan behandelen in de klas kunnen denken. Om nog een voorbeeld te noemen: De definitie "Een kracht verricht arbeid als het aangrijpingspunt van de kracht zich verplaatst" leidt tot grote moeilijkheden als men mechanische energie en de eerste hoofdwet van de warmteleer met elkaar in verband wil brengen. Zo'n poging wordt in diverse leerboeken ondernomen. Bedoeling van de werkgroep is dus eerst vaktechnische verheldering van begrippen uit de mechanica. Daarna komt de vraag: "Wat moeten we hiermee met onze leerlingen?" aan de orde. Het zou stimulerend zijn als er in de werkgroep nog meer conceptuele problemen naar voren komen, naast de hierboven genoemde.



OOK LEERLINGEN HEBBEN IDEEEN

Gert Jan Schutte (R.U.G).

In de laatste tien jaar is door nogal wat mensen onderzoek gedaan aan de problemen die leerlingen hebben met mechanica. Uit dit onderzoek blijkt dat veel problemen te maken hebben met het feit dat leerlingen zelf al ideeën op het gebied van mechanica hebben en dat het moeilijk is die intuïtieve ideeën te vervangen door de 'Newtoniaanse' mechanica. Een vraag die vaak slechts gedeeltelijk beantwoord wordt en die misschien wel belangrijker is dan de vraag hoe de preconcepties eruit zien, is de vraag waarom deze preconcepties zo hardnekkig zijn. Om hier iets van te begrijpen is in de werkgroep een schets van een 'kennis' model gegeven.



In dit 'kennis' model staat het begrip 'produktie' centraal. Een produktie bestaat uit een 'konditie' en een 'aktie'. Produkties zorgen voor de verbinding tussen 'kennis' en 'gedrag'. Ze zijn een tweede soort 'kennis' die de 'kennis' van het lange-termijn-geheugen (L.T.M.) aanvult. Bijvoorbeeld het gedrag bij het oversteken van een verkeersweg zou door de volgende produkties gecontroleerd kunnen worden:

konditie	aktie
1: ALS: ik bij een 'verkeersweg' kom	DAN: moet ik uitkijken
2: ALS: ik uit moet kijken	DAN: moet ik links, rechts, links kijken
3: ALS: er van links een auto komt	DAN: moet ik wachten en uitkijken
4: ALS: etc.	DAN: etc.

Als een stimulus 'past' in de konditie van een bepaalde produktie wordt de aktie 'opgewekt'. We zien in bovenstaand voorbeeld dat een produktie een andere produktie kan aanroepen. De konditie bevat termen die 'herkend' moeten worden, zoals 'verkeersweg', 'auto'. Dit gebeurt met behulp van 'perceptuele patronen' of 'chunks'.

Ter illustratie een voorbeeld:

Bij een experiment wordt aan proefpersonen gedurende 5 tot 10 seconden een opstelling met 25 schaakstukken getoond. Vervolgens wordt aan de proefpersonen gevraagd om deze opstelling te reproduceren. Dan blijkt een schaakmeester of grootmeester in staat om dit 90% nauwkeurig te doen terwijl een 'novice' niet verder komt dan 5 à 6 stukken. Dit echter alleen als er een 'zinvolle' stelling op het bord staat. Als er sprake is van 'random' geplaatste stukken dan daalt de prestatie van de grootmeesters en meesters tot het niveau van de novice. De verklaring hiervoor is de 'chunking' van bekende stimuli. Een 'chunk' is een stimulus die bekend is omdat men deze in het verleden meerdere malen is tegengekomen en daardoor herkent als een enkele eenheid. Het korte-termijn-geheugen (S.T.M.) kan 4 tot 6 items bevatten. Voor een novice bestaat een chunk uit een schaakstuk en hij/zij komt dan ook niet verder dan het onthouden van de plaats van 4 tot 6 stukken. Voor de 'expert' bestaat een chunk uit een configuratie van 2 tot 5 à 6 stukken, en hij/zij zal dan ook in staat zijn de plaats van 10 tot 30 stukken te onthouden mits ze in herkenbare patronen

geplaatst zijn anders zal hij/zij ook niet verder dan 4 tot 6 stukken komen. Schattingen wijzen erop dat een grootmeester/meester zo'n 50.000 van zulke patronen kan herkennen. Dit komt ruwweg overeen met het aantal woorden en idiooms in het vocabulaire van een 'college-educated person'. Deze perceptuele patronen vormen als het ware een index van het 'geheugen'.

Produkties bevatten kennis over hoe men dingen moet doen. Het zijn in belangrijke mate geautomatiseerde processen, je hebt er zelf nauwelijks of geen controle over. Pas als een produktie bewezen heeft succesvol te zijn, zal ze toegepast worden.

De vraag die dan opkomt is hoe dan ooit nieuwe produkties kunnen ontstaan. Dit gaat ongeveer als volgt: Eerst zal de lerende een begin, vaak verbale, karakterisering van de vaardigheid krijgen, die minstens een ruwe benadering vormt van het gewenste gedrag. In het tweede stadium wordt de uitvoering gladder gemaakt. Fouten worden geleidelijk opgespoord en geëlimineerd. Hiermee samen gaat het laten vallen van de verbale tussenstap. Het derde stadium bestaat uit een continue geleidelijke verbetering. Er zijn zg. 'versterkings' processen die de produkties oordeelkundiger maken in termen van situaties waarin ze toegepast kunnen worden. Bij tuning gaat het om beter te kunnen kiezen welke methode het best is om een bepaalde taak uit te voeren. Door ervaring wordt het zoeken meer selectief en leidt dit sneller tot succes.

Leermechanismen hierbij zijn:

Generalisatie: waarbij de produktie regels ruimer worden in hun toepasbaarheidsbereik.

Discriminatie: waarbij de regels strenger worden. Een produktie kan te algemeen zijn door het ontbreken van belangrijke informatie. Het discriminatie proces probeert het toepassingsbereik van de produktie te beperken tot de juiste omstandigheden.

De eigenschap van produkties komen aan het licht door voorbeelden van het al dan niet succesvol zijn van toepassingen van deze produkties. Naar aanleiding hiervan treden discriminatie- en generalisatie- processen op die de produktie aanpassen.

Het is echter mogelijk dat er verschillende produkties voor dezelfde akties zijn die wedijveren om toegepast te worden. De 'kracht' van de produkties bepaalt de mate waarin een produktie wordt 'geactiveerd' in een bepaalde situatie. Die 'kracht' ontstaat daarbij als volgt: eerst heeft een produktie een geringe kracht, deze neemt elke keer dat de produktie wordt toegepast iets toe maar als de produktie hierbij slecht werkt (faalt) vermindert de kracht sterk.

Er ontstaat dus een systeem van min of meer 'sterke' produkties waarvan de toepassing tot dusverre succesvol is gebleken. Nieuwe produkties zullen slechts langzaam in dit geheel worden genomen, tenzij de oude set niet langer toereikend is.

Even weer terug naar ons 'oversteek' voorbeeld. Deze vakantie was ik in een land waar men links rijdt. Dit leverde mij bij het oversteken grote problemen op. Aangekomen bij een oversteekplaats treden de automatische 'oversteek' produkties in werking, maar ik was niet in staat om de visuele informatie die ik kreeg bij het naar links kijken te gebruiken. Er kwam geen auto aan, maar er reed er één weg. Ook was ik nauwelijks in staat om het op gang gezette proces te stoppen: er kwam van links geen auto aanrijden dus ik kon oversteken, met de nodige gevaarlijke situaties tot gevolg. Ondanks de schok dat het bijna mis ging, herhaalde dit zich vele malen. Langzaam aan reageerde ik door mezelf te vertellen dat ik eerst naar rechts moest kijken, en bij elke stoeprand werd m'n hoofd eerst naar links gedraaid en daarna door mijn verbale instructie naar rechts gedwongen. Geleidelijk ging dit soepeler maar het duurde wel een week of zes voor ik een beetje veilig kon oversteken. We hebben hier te maken met een produktie die altijd succesvol is geweest en dus zeer sterk is, het kost dan ook zeer veel moeite om die te 'vervangen'. Terug in Nederland was oversteken meteen weer normaal. Dus de produktie was niet vervangen, maar de kondities waren aangepast en hij was wat verzwakt. Auto rijden vormde veel minder een probleem. Bij het nemen van een bocht was de instructie 'keep left' in het begin nodig maar na een paar dagen

was zelfs dat niet meer nodig. Hierbij gaat het om produkties met een veel kortere historie, die dus minder kracht opgebouwd hebben en in nieuwe situaties kunnen nieuwe produkties dus veel makkelijker de 'macht' overnemen.

In de werkgroep zijn een aantal onderzoeken (L. Viennot (1979), A.A. di Sessa (1982), B.Y. White (1983), J. Ogborn (1985), G.J. Posner et al. (1982), G.J. Schutte (1986)) besproken en geïnterpreteerd binnen het kader van het 'kennis' model. Het blijkt dat de konklusies die we uit deze onderzoeken kunnen trekken geheel consistent zijn met dit model.

De volgende stap is het trekken van konklusies voor de lespraktijk en het ontwikkelen van lesmateriaal.

Als we de 'kennis' van leerlingen opvatten als een uitgebreide set van produkties, dan betekent het aanleren van een nieuw stuk kennis het maken van nieuwe produkties.

We moeten ons realiseren dat met het ontstaan van nieuwe produkties niet tegelijkertijd de oude produkties verdwenen zijn. Er is sprake van competitie tussen de nieuwe en de oude produkties op een bepaald gebied, waarbij vaak de oude produkties de overhand hebben omdat ze een grotere 'kracht' bezitten. Oude produkties zijn veelal het resultaat van ervaringen uit het dagelijks leven en zij worden door datzelfde dagelijks leven steeds versterkt. Zij vormen een systeem dat in staat is om de problemen waar iemand 'normaal' mee geconfronteerd wordt op te lossen, in ieder geval tot op een niveau dat bevredigend is voor de betreffende persoon.

Dit geeft ons een aantal aangrijpingspunten om te werken aan een versterking van de nieuwe (gewenste) produkties ten koste van de oude (onjuiste) produkties. Een eerste punt is het, ook bij een aantal onderzoeken al genoemde, confronteren van leerlingen met problemen en situaties die zij niet met hun 'intuïtieve' produkties kunnen oplossen. Daarbij is het nodig dat de leerlingen zelf zich ervan bewust zijn dat zij bepaalde 'theorieën' of oplossingsstrategieën gebruiken. Een tweede mogelijkheid is leerlingen te confronteren met het feit dat hun intuïtieve produkties slechts gebrekkig en gedeeltelijk de verschijnselen van alledag kunnen verklaren en te proberen het niveau van verklaring dat de leerling voldoende vindt te verschuiven.

We moeten dan minstens globaal weten hoe de intuïtieve produkties van leerlingen eruit zien en tot op welk niveau deze produkties verschijnselen kunnen verklaren. Een theorie zoals Ogborn die schets dan ons hierbij een eind op weg helpen. Vanuit die kennis moeten er voorbeelden ontwikkeld worden waardoor leerlingen aan hun intuïtieve produkties gaan twijfelen, en er moeten andere voorbeelden ontwikkeld worden die tonen hoeveel handiger, beter, eleganter, etc. de alternatieven werken.

De belangrijkste aanvulling op de huidige manier van mechanica onderwijs is dat er gewerkt zal moeten worden aan het afbreken van onjuiste intuïtieve kennis/theorieën. Door het verzwakken van intuïtieve denkbeelden naast het invoeren van nieuwe denkbeelden maken deze nieuwe denkbeelden meer kans een actieve rol bij leerlingen te gaan vervullen. We moeten ons echter realiseren dat dit geen snel proces is. Van belang bij de nieuwe produkties is de context waarin deze aangeleerd worden en wat het toepasbaarheidsbereik ervan is. Daarnaast moet duidelijk zijn welke produkties 'overlap' hebben met en wat die produkties minder hebben dan de nieuwe produktie.

Als we kijken naar het 'oversteek' voorbeeld dan dringt de volgende vrij pessimistische konklusie zich op: Het 'aanleren' van nieuwe produkties, die oude 'goed' funktionerende produkties moeten vervangen, is een traag en moeizaam proces, waarbij de nieuwe produkties voornamelijk in die situaties toegepast zullen worden waarin ze zijn aangeleerd, terwijl het 'afleren' van de 'nieuwe' produkties heel snel gaat, terug in de oude situaties, zonder 'dwang' van buiten af (de lera(a)r(es), het boek) nemen de oude produkties binnen de kortste keren de macht weer over. Het zou dus wel eens zo goed als onmogelijk kunnen zijn om een leer methode te ontwikkelen waarmee we in staat zouden zijn om het straatbeeld t.a.v. mechanica (intuïtieve beeld) van leerlingen geheel te vervangen door het Newtoniaanse beeld. Dan moeten we ons maar eens goed gaan bezinnen wat de doelstellingen van ons mechanica onderwijs zijn.

COMPUTER ONDERSTEUND ONDERWIJS IN HET HBO

F. Beltman

Onderstaande tekst is de voorinformatie die, voorafgaande aan de conferentie, werd versterkt.

In het kader van het SCOR-project zijn COO opgaven voor het leerstofonderwerp "Electrische Stroom" ontwikkeld. Het zijn remedial teaching opgaven bestemd voor binnenkomende studenten in het HBO. (Het SCOR-project betrof een onderzoek naar de inzetbaarheid van de onderwijsvorm Computer Ondersteund Onderwijs in het HBO). Gebleken is dat de wijze

waarop vooral binnenkomende studenten in het hoger-onderwijs de opgaven oplossen weinig acceptabel is. Veelal lukt het oplossen alleen als ze een bepaald type opgave herkennen en er voldoende mee hebben geoefend. Vanuit de gegevens, zoals ze dat veelal hebben geleerd, wordt het gevraagde bepaald. Bij een nieuw type opgave haken ze af. Ze proberen hier en daar een formule en hopen min of meer op goed geluk tot de oplossing te komen. O.a. daarom is in de COO-opgaven gekozen voor een methodische aanpak, een heuristiek, die we de Systematische Probleem Aanpak noemen. Op deze aanpak binnen de opgaven zal tijdens de voordracht uitgebreid worden ingegaan. Verder zal kort worden ingegaan op de doorlopen ontwikkelstadia van het COO-materiaal.

Tijdens de werkgroepbijeenkomst kan het COO-materiaal worden bekeken. Hiervoor zijn 5 p.c.'s beschikbaar.



WIE IS ER BANG VOOR NATUURKUNDE?

A. Alting

Onderstaande tekst is de voor-informatie die, voorafgaande aan de conferentie, werd versterkt.

Wie bang is voor paddestoelen - associatie met vergif, heksen, rotting en dood - zal niet staan te trappelen om zich uitgebreid te verdiepen in dit natuurverschijnsel. Angst staat kennis en begrip in de weg.

Andersom kan een gebrek aan kennis en begrip tot angst leiden: Omdat sommige paddestoelen giftig zijn en er in het verleden wel eens iemand op spectaculaire wijze overleden is na

het nuttigen van een maaltje zwammen, lopen velen met een wijde boog om alle paddestoelen heen, ook om de overheerlijke eetbare exemplaren. Daarmee zijn we in een vicieuze cirkel beland.

Natuurkunde staat dan wel niet bekend als giftig, maar wel als "moeilijk". Dat schrikt veel leerlingen af van verdere verdieping in dat vak. Wie kent niet de opmerkingen: "Meneer, ik heb de sommen niet gemaakt, want ik snapte er niets van", of: "Juf, die schakeling lukt me nooit, ik ben nou éénmaal niet technisch".

Het is een "moeilijke" groep, die voor zichzelf "ongezien" besloten heeft dat natuurkunde te moeilijk voor ze is. Laat U zich daar, als docent door afschrikken, of vormen juist die leerlingen een uitdaging voor U?

In de werkgroep zal, na een inleiding, ingegaan worden op een aantal mogelijke strategieën, aan de hand van enige opdrachten.



METEN MET DE COMPUTER

*K. Neuvel, A. Davidse, A.L. Ellermeijer.
Universiteit van Amsterdam.*

Tijdens de werkgroep is door medewerkers van het project ITN-1 (Informatie-Technologie in het Natuurkunde-onderwijs) informatie gegeven over de ontwikkelingen voor de NIVO-computers.

Van groot belang is de door NIVO gekozen standaard voor interfacing: het UIA-pakket. Op de vorige Woudschotenconferentie was nadrukkelijk gewezen op de noodzaak van een dergelijke afspraak.

Doordat dit pakket met subsidie aan de NIVO-scholen wordt aangeboden, zijn binnen enkele maanden reeds meer dan 500 pakketten besteld.

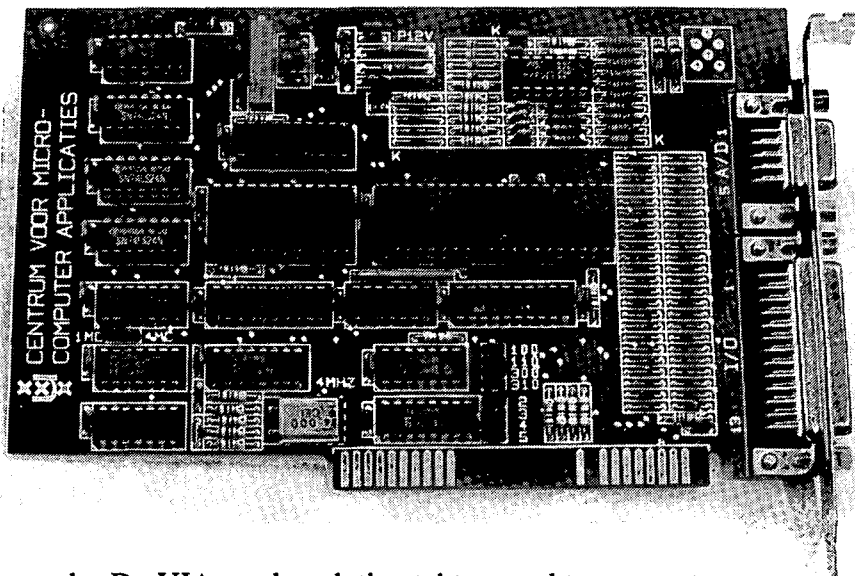
Informatie over deze ontwikkelingen is te verkrijgen bij Didaktiek Natuurkunde, Nieuwe Achtergracht 170 te Amsterdam (020 - 525 5869).



De Universele Interface Adapter (UIA).

Om de computer te kunnen gebruiken bij de registratie en de verwerking van meetgegevens moet zo'n computer beschikken over een poort waarlangs de invoer en uitvoer van signalen verloopt. Computers die niet over zo'n poort beschikken, zoals de door het NIVO verstrekte computers, kunnen worden uitgerust met een zogenaamde interfacekaart.

De UIA (Universele Interface Adapter), zie figuur 1, is de interface-kaart die door het NIVO is gekozen om binnen het onderwijs standaardisatie van meetapparatuur te bevorderen.



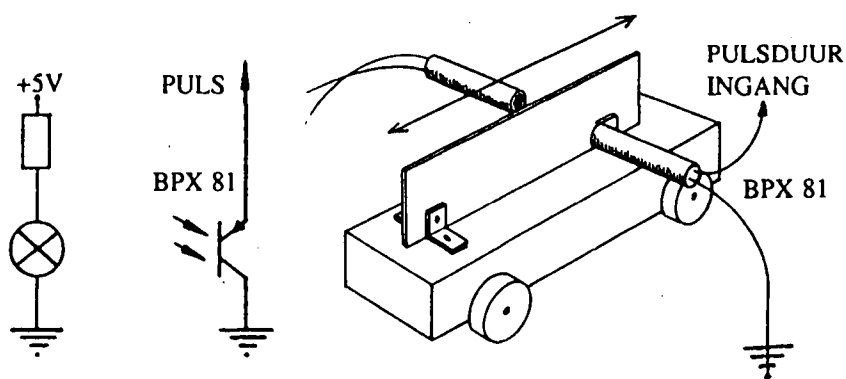
Figuur 1. De UIA, onder: slotkontakten; rechts: connectors.

De UIA.

De UIA geeft de computer via twee connectoren verbinding met de buitenwereld.

De 9-pins connector is bedoeld voor het meten van analoge spanningen (er zijn twee ingangen met een 0-5 Volt bereik en twee ingangen met een 0-1 Volt bereik); het meten van tijdsduur (van microseconden tot uren); het tellen van impulsen (voor het tellen van gebeurtenissen en het meten van puls-frekwenties). Het meten van spanningen over sensoren biedt mogelijkheden voor het bepalen van uitwijkingen, hoeken, snelheden, krachten, temperaturen, lichtintensiteiten enz.

Met het meten van tijdsduren voor het passeren van lichtsluizen kunnen bewegingen worden onderzocht. Zie figuur 2. Door een spanningsingang te combineren met de telleringang kan men een titratie automatiseren. Op de 25-pins connector komen behalve ingangslijnen ook lijnen uit voor stuursignalen vanuit de computer. Deze connector zal met name worden benut voor meetapparaten die door practicumfirma's zijn ontwikkeld. De twee (8-bits parallelle) I/O-poorten en de drie (16-bits) timers die onder andere door een eigen 1 MHz klokoscillator kunnen worden gestuurd, bieden ook talloze mogelijkheden voor bijvoorbeeld verkeerslichtenregeling, het regelen van een liftmotor en proeven in de roboticafeer.



Figuur 2. Meting van pulsduren met behulp van een lichtsluis.

Programmatuur.

Bij de aanschaf van een interfacekaart zal men ook attent moeten zijn op de aanwezigheid van ondersteunende programmatuur. Tijdens het gebruik van de computer in de klas worden terecht hoge eisen gesteld aan de presentatie. In de programmatuur moet dit tot uitdrukking komen door zowel het bedieningsgemak tijdens de uitvoering van het experiment als door de wijze waarop de meetgegevens op het beeldscherm verschijnen. Het zelf schrijven van programma's kost heel veel tijd. Vaak neemt men dan genoegen met minder overzichtelijke schermbeelden. Voor eigen gebruik kan men stellen dat aan het bedieningsgemak is voldaan, omdat men de structuur van een eigen programma maar al te goed kent. Een ander zal er meestal meer moeite mee hebben. Bij de UIA worden enkele van dergelijke 'zelf ontwikkelde' programmaatjes geleverd. Deze zijn dan ook voornamelijk bedoeld om de mogelijkheden van de interfacekaart te leren kennen en om als voorbeeld te dienen als men toch zelf programma's wil schrijven.

Programma's kunnen als volgt worden onderverdeeld.

- A. Programmatuur voor een breed scala van toepassingen.
- B. Programmatuur die specifiek voor een bepaalde meetopstelling is geschreven: verwerving van meetgegevens via een bepaald apparaat; speciale verwerking van meetgegevens voor die bepaalde opstelling.

A. IP-coach.

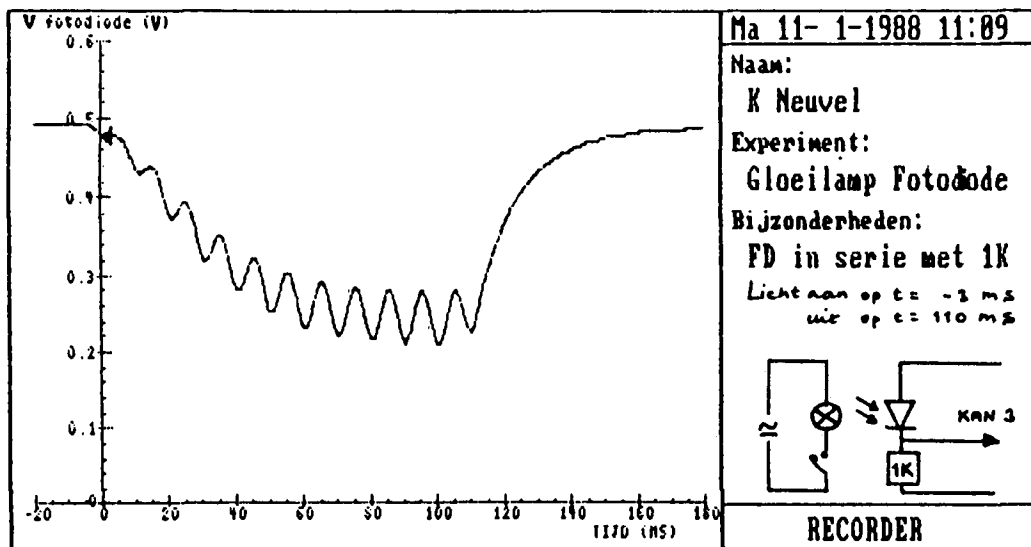
Een meetprogramma voor de UIA moet gegevens kunnen lezen die de computer binnenkomen via de analoge ingangen, de telleringang of de pulsduringang. Het startpakket IP-COACH bevat programmatuur voor de analoge ingangen van de UIA. Hiermee kunnen op eenvoudige wijze opdrachten worden gegeven om de computer metingen te laten verrichten en meetresultaten in beeld te brengen of te printen.

Het pakket biedt de mogelijkheid om:

- metingen te verzamelen van een aan de UIA gekoppeld experiment;
- het meetbereik van te voren te ijken;
- meetresultaten op verschillende manieren in beeld te brengen.
- meetresultaten op te slaan voor verwerking op een later tijdstip;
- grafieken van meetresultaten af te drukken met een printer.

Het hoofdprogramma COACH dient voor het starten en coördineren van de deelprogramma's **Demometer**, **Recorder** en **IJking**. COACH kan in een later stadium worden uitgebreid met deelprogramma's voor het verwerken van meetgegevens en voor het simultaan meten op meerdere kanalen. In alle programma-onderdelen is steeds dezelfde uniforme opbouw van het beeldscherm te zien: een meetscherm met rechts daarvan een kolom met faciliteiten.

- **Demometer** toont de ingelezen meetwaarden in een groot formaat karakters op het scherm. Via een menu kan de ingelezen spanning worden vertaald naar een willekeurig andere grootte.
- **Recorder** registreert het verloop van een gemeten spanning als functie van de tijd. De duur van een meetperiode kan worden ingesteld tussen 100 ms en 50 min. De meetgegevens kunnen worden opgeslagen. Bij het meten verschijnen de meetwaarden in een grafiek op het scherm. Met de opties 'vergroten' en 'uitlezen' kan de grafiek meer gedetailleerd worden onderzocht. Met een printer kan de totaal-grafiek of een deel-grafiek worden afgedrukt. Zie de figuren 3, 4 en 5.
- **IJking** biedt de mogelijkheid om de meetwaarden aan te passen aan het bereik van een willekeurige grootte die lineair afhangt van de ingelezen spanning.



Figuur 3. Lichtintensiteit bij aan/uit schakelen van een gloeilamp.

Onder: inductiespanning, opgewekt door een magneet in een spoel.

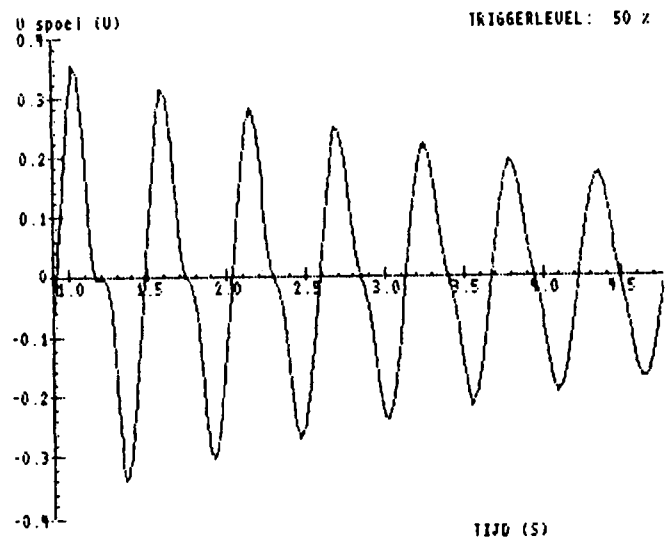
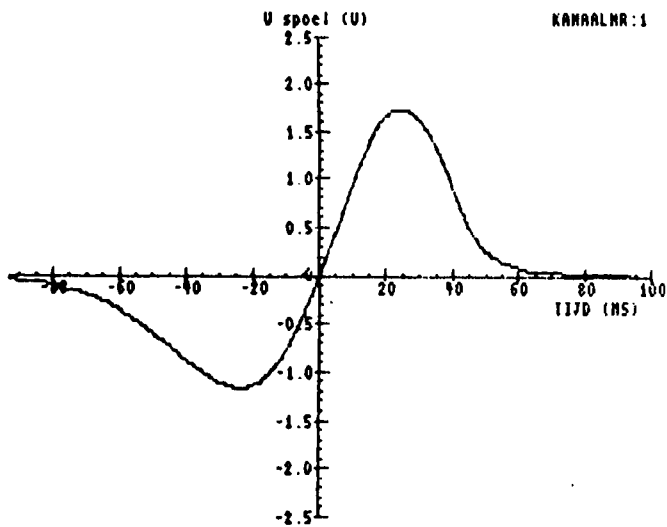


Fig.4. Vallende magneet.

Fig.5. Magneet aan een veer.

B. De kinegraaf.

De kinegraaf is ontwikkeld voor de bewegingsregistratie van een slede op een luchtkussenbaan bij proeven over versnellingen en botsingen. Bepaling van de plaats op elk tijdstip gebeurt door middel van ultrasonische geluidsgolven. De verwerking van de meetgegevens gebeurt met de computer, waardoor het mogelijk is om de beweging direct weer te geven in een diagram op het beeldscherm. Specifieke programmamogelijkheden bij dit experiment zijn de controle van **De wet van impuls** en van **De wet van behoud van (kinetische) energie**.

Behalve een meetinstrument is de kinegraaf ook een instrument om met een fysieke blik te leren kijken naar bewegingen -een kinescoop- net als de oscilloscoop voor bijvoorbeeld geluid. Met de kinegraaf kan worden gekeken naar de beweging van bijvoorbeeld een rolschaats of een treintje op rails. Het zien ontstaan van grafieken tijdens de beweging is voor leerlingen een uitstekend hulpmiddel om s,t-diagrammen en v,t-diagrammen te leren interpreteren. Het intuïtief begrijpen ervan wordt er door bevorderd. Het gebruiken van grafieken bij het oplossen van problemen wordt normaal, getuige de leerling die zei: "Je hebt die formules eigenlijk nooit nodig, het kan altijd gewoon met een grafiek"

WEN: FYSISCHE INFORMATICA IN DE EINDEXAMENPROGRAMMA'S HAVO/VWO

C. de Beurs (Did. Nat. UvA)

In september 1987 is het WEN-advies gereed gekomen voor een nieuw examenprogramma natuurkunde voor HAVO en VWO.

De WEN heeft besloten het onderdeel elektronica uit het konsept VWO-programma (najaar 1986) op te splitsen. De puur natuurkundige onderwerpen uit de elektronica (halfgeleiders, condensator, RC-netwerk etc) zijn ondergebracht bij het onderdeel Elektriciteit en Magnetisme, terwijl de informatietechnologisch getinte onderwerpen (IC, poortscha-kelingen, AD-omzetting etc.) zijn opgenomen in een apart onderdeel **fysische informatica**. De bij het WEN-advies behorende leerstoflijsten voor dit laatste onderdeel zijn inmiddels gepubliceerd in het NVON blad nr. 10 (oktober 1987).

In het kader van het NIVO-project wordt op de UvA sinds maart 1987 gewerkt aan lessenseries voor het onderdeel fysische informatica. De blauwdrukken voor deze lessenseries vloeien voort uit een in 1984 gestart onderzoek naar de gewenste inhoud van een leerplan voor een informatica-component in het natuurkunde-onderwijs. In het kader van dit onderzoek is intensief overleg geweest met vakdidaktici, vervolg-opleiders en havo/vwo docenten.

Uiteindelijk is ervoor gekozen om twee lessenseries Informatie-Technologie uit te werken:

- een eerste ronde "Technische Automatisering" voor eind vierde klas HAVO/VWO;
- een tweede ronde "Computertoepassingen in de Natuurkunde" voor eind vijfde / begin zesde klas VWO.

In de eerste ronde (ongeveer 15 lessen) gaat het om procesautomatisering in breder verband. Daarbij komen meet-, stuur- en regelsystemen aan de orde in toepassingen uit de direkte, maatschappelijke omgeving van leerlingen. De tweede ronde beperkt zich tot computergebruik in de natuurkunde bij meten, regelen en modelberekenen. Dit heeft een veel meer voorbereidend wetenschappelijk karakter.

Het voorbeeld lesmateriaal voor de eerste ronde is in conceptvorm grotendeels gereed en er is al op beperkte schaal in de klas mee geëxperimenteerd. Tijdens de werkgroep is dit lesmateriaal en het bijbehorend practicummateriaal gepresenteerd.

Een schematische opzet van de lessenseries en een beschrijving van keuzen en achtergronden is te vinden in een uitgebreid artikel in het NVON blad nr. 5 (mei 1987) onder de titel "INFORMATIETECHNOLOGIE IN DE BOVENBOUW NATUURKUNDE".

Om een indruk te geven van de inhoud van het lesmateriaal vindt U in de bijlage van dit verslag vier bladzijden uit hoofdstuk 3 van de eerste ronde. In dit hoofdstuk moeten leerlingen verschillende problemen oplossen met behulp van op een systeembord (zie bijlage: figuur 3.1) beschikbare sensoren, verwerkers en actuatoren. De verwerking op het systeembord vindt plaats met behulp van elektronische verwerkers. In het voorgaande hoofdstuk hebben leerlingen kennis gemaakt met de systeembenadering via het algemene blokschema van een (geautomatiseerd) proces (invoer -----> verwerking -----> uitvoer). De termen meten, sturen en regelen zijn verduidelijkt aan de hand van dit schema. In hoofdstuk 4 wordt getoond dat het gebruik van de microcomputer de verwerkingsmogelijkheden zeer vergroot. In plaats van de elektronische verwerkers op het systeembord wordt nu een computer tussengeschakeld. De verwerking die voorheen met behulp van de elektronische verwerkers op het systeembord werd gerealiseerd vindt nu plaats door middel van een programma.

Het in de bijlage beschreven probleem van de garagedeuropener is voor leerlingen beslist niet eenvoudig. Ze beginnen hier pas aan als de functie-eigenschappen van de verschillende verwerkers aan de hand van eenvoudiger projekten onderzocht zijn. Hierna (eind hoofdstuk 3) wordt uitsluitend de probleemstelling gegeven en moet zelfstandig een oplossing gevonden worden.

3. SENSOREN, VERWERKERS EN ACTUATOREN.

3.1 Zelf systemen bouwen.

In het vorige hoofdstuk heb je kennis gemaakt met verschillende soorten systemen en je weet inmiddels hoe je een systeem met behulp van een blokschema kunt beschrijven. Zo'n blokschema is handig bij het ontwerpen van automatische meet-, stuur- en regel-systemen. En dat ga je in dit hoofdstuk zelf doen. Het is de bedoeling dat je in de vorm van een praktikum zelf systemen ontwerpt, opbouwt en uitprobeert.

Bij het ontwerpen van een systeem starten we steeds vanuit een probleemstelling: "Welke functies moet het systeem precies verrichten?". Van daaruit proberen we het systeem te beschrijven met behulp van een blokschema. Daarbij is het belangrijk om precies vast te stellen wat de functie is van elk blok: Welke grootte moet gemeten worden, welke verwerkingsstappen moeten er plaatsvinden en welke handeling moet er worden verricht ?

Vervolgens kunnen geschikte sensoren, actuatoren en verwerkers gekozen worden. Het is hierbij vooral van belang dat je de functie-eigenschappen van de verschillende onderdelen leert kennen. Hoe bijvoorbeeld een verwerker elektronisch precies in elkaar zit is voor ons doel niet zo belangrijk als we maar weten wat hij doet; hoe reageert hij op een veranderend ingangssignaal ? Als de systeemonderdelen eenmaal gekozen zijn en we bekend zijn met de functie-eigenschappen komt een belangrijke fase in het systeem-ontwerp: het op elkaar afstemmen van de onderdelen. Hoe en in welke volgorde moeten de verschillende componenten op elkaar worden aangesloten om het systeem goed te laten werken ? Welke informatie-overdracht moet tussen de onderdelen plaats vinden ? Als alles goed gaat is de beloning voor dit gepuzzel een systeem dat werkt.

We gaan werken aan:

- a. een temperatuurregelaar;
- b. een storingsmelder voor een te hoge temperatuur;
- c. een geautomatiseerde snelheidsmeter;
- d. een teller van pakjes op de lopende band;
- e. een automatische garagedeur-opener;
- f. andere systemen.

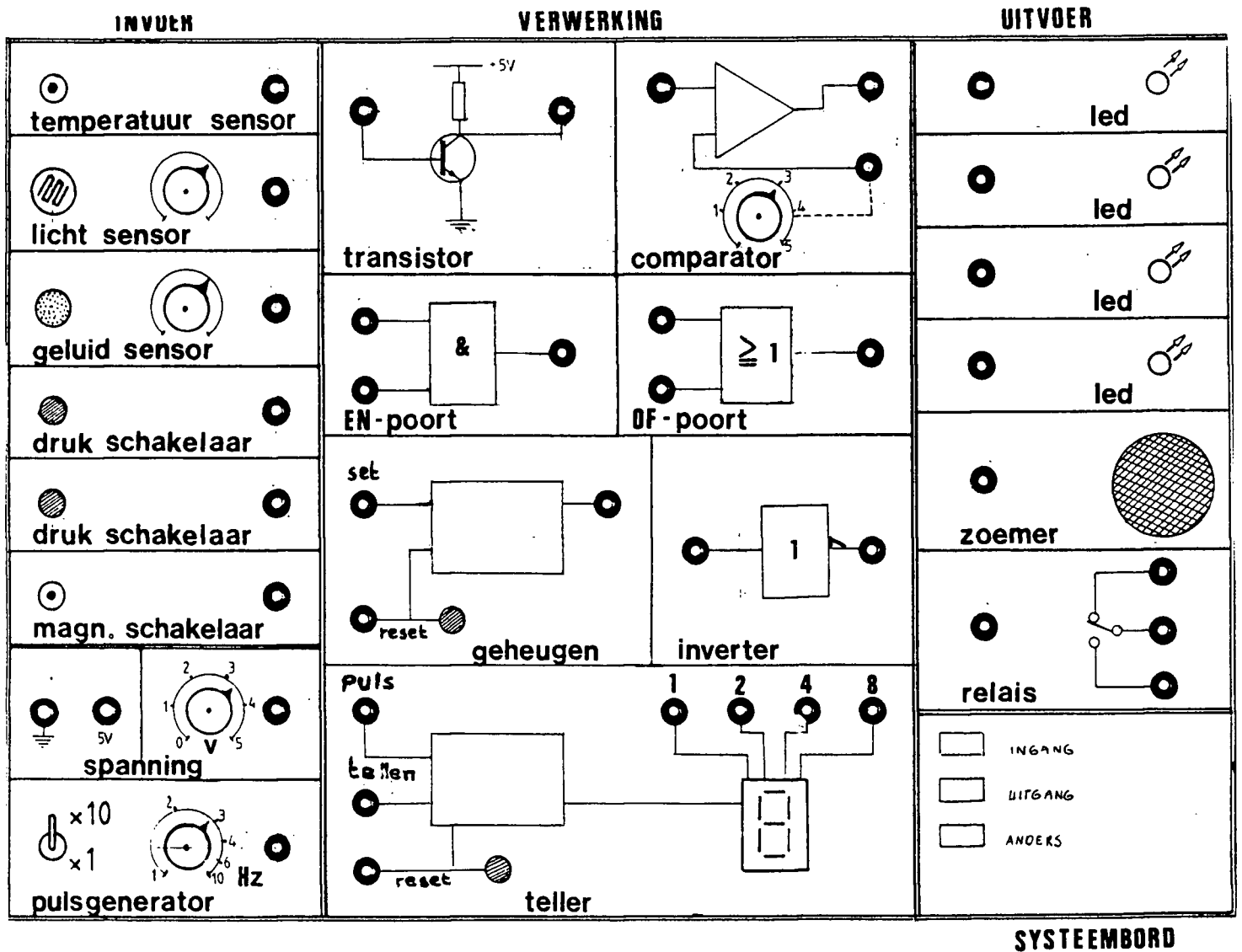
De onderzoeken zijn zo opgezet dat je ze het beste in de beschreven volgorde kunt uitvoeren.

We zullen gebruik maken van een systeembord.

Dat is een kastje waarin een aantal sensoren, verwerkers en actuatoren is ondergebracht. Hiermee kunnen op allerlei manieren systemen worden gebouwd. Het bord is in fig. 3.1 afgebeeld met een korte gebruiksaanwijzing erbij.

figuur 3.1

Systeembord



SYSTEEMBORD

In bovenstaand figuur zie je een afbeelding van het systeembord zoals je dat in dit praktikum zult gebruiken. Met behulp van dit bord ga je automatische meet-, stuur-, en regelsystemen bouwen.

De benodigde sensoren vind je aan de linkerkant van het kastje, de verwerkers in het midden en de actuatoren aan de rechterkant.

Je kunt het systeembord gewoon aansluiten op 220 V netspanning.

Let op: Je zult tijdens dit praktikum meerdere malen met behulp van een Voltmeter spanningen op dit bord moeten meten. Zorg er steeds voor dat je de minklem van de Voltmeter aansluit op de aarde-ingang op het systeembord (links onder). De plusklem verbind je natuurlijk met de plaats waar je de spanning wilt meten.

E. Een automatische garagedeur-opener.

Het probleem.

Je ziet het helemaal voor je. In een dure Amerikaan rijd je de oprit van je villa op. Na een druk op de claxon zwaait de garagedeur open en je zoeft met de auto de garage in. Een aardige wensdroom? Voor een deel niet, want die garagedeur-opener kunnen we zelf maken. (Voor de auto zul je eventueel later zelf moeten zorgen.)

Bovendien zorgen we voor een voorziening waarbij de motor van de deuropener ook gaat draaien als er op een knop in een kastje wordt gedrukt. Tenslotte wil je niet gelijk burenrucie als je eens midden in de nacht thuis komt.

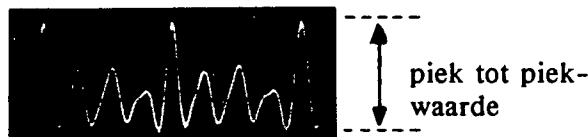


figuur 3.18
Een wensdroom?

De invoer.

Omdat geluid een trilling is wordt het door een microfoon omgezet in een bepaald patroon van wisselspanningen. Je hebt misschien zo'n patroon wel eens op een oscilloscoopscherm gezien (zie fig. 3.21).

figuur 3.21
De claxon op het
oscilloscoopscherm



We kunnen zo'n wisselspanning niet zomaar verwerken (waarom niet?). Daarom is er op het bord een ingewikkelde schakeling opgenomen bij de geluidsensor. De functie-eigenschap daarvan is: Omzetting van de wisselspanning die de microfoon afgeeft in een analoge gelijkspanning V_u . De waarde daarvan is evenredig met de piek tot piek-waarde van de wisselspanning (zie fig. 3.21). Dit betekent dat V_u een maat is voor het geluidsniveau (hoe hard het geluid is).

De uitvoer.

We gaan ervan uit dat de elektromotor die de garagedeur bedient met een relais is te schakelen. Voorts beperken we ons tot het ontwerp van een systeem dat dit relais op het juiste moment inschakelt en vergeten we voor het gemak maar even de omstandigheden dat het relais weer uitgeschakeld moet worden als de deur open is.

Het systeem

In principe ben je nu bekend met de eigenschappen van alle noodzakelijke verwerkers die je voor de oplossing van het probleem nodig hebt. We gaan ervan uit dat je het bijbehorende systeem zelfstandig kunt ontwerpen. Om je op weg te helpen splitsen we het probleem voor je op in drie deelproblemen en we raden je aan deze stap voor stap af te werken voor je het totale systeem in elkaar zet.

deelprobleem 1

De deur mag alleen maar open gaan bij het geluid van een claxon en niet bijvoorbeeld al bij het tjlpen van een mus. We hebben dus een verwerker nodig die een hoog signaal (ong. 5V) afgeeft bij een geluidsniveau dat minstens zo hoog is als dat van je claxon en anders een laag signaal (ong. 0V).

- Bouw en test op het systeembord een deelsysteem (1) dat aan deze voorwaarden voldoet. (Het hoog of laag zijn van het afgegeven signaal kun je met een LED bekijken).

deelprobleem 2

Een extra probleem bij onze deuropener is dat hij pas moet reageren als het geluid enige tijd, zeg 2 s, heeft aangehouden zodat de deur niet bij een willekeurige schreeuw van iemand open gaat. Zoals je weet kunnen we ter bepaling van de tijdsduur een teller gebruiken (zie nog eens projekt C).

- Bouw en test een deelsysteem (2) dat na ongeveer 2 s tellen een hoog signaal afgeeft waarmee het relais geschakeld zou kunnen worden. Breek deelsysteem (1) niet af!

De koppeling van beide deelsystemen

Het tellen mag pas beginnen als het geluidssignaal sterk genoeg is; is het signaal te zwak dan moet de tellerstand op nul komen en blijven zolang de geluidsterkte laag is.

- Koppel beide systemen zo dat aan deze voorwaarde is voldaan. Welke extra verwerker moet je dan nog tussenschakelen ? (Aanwijzing: de tellerstand gaat naar nul en blijft op nul zolang de reset-ingang een hoog signaal ontvangt).
Test de werking van het gekoppelde systeem en breek deze niet af.

deelprobleem 3

Tenslotte hebben we als eis dat het relais ook schakelt bij een druk op de knop. Het gaat dus om òf een signaal vanuit de geluidssensor, òf een signaal via de drukknop.

- Gebruik een OF-poort om het systeem zo te wijzigen dat ook op het signaal van een drukschakelaar gereageerd wordt. Zorg er tenslotte voor dat het relais na ontvangst van een kortstondig signaal ook ingeschakeld blijft. Test je systeem.

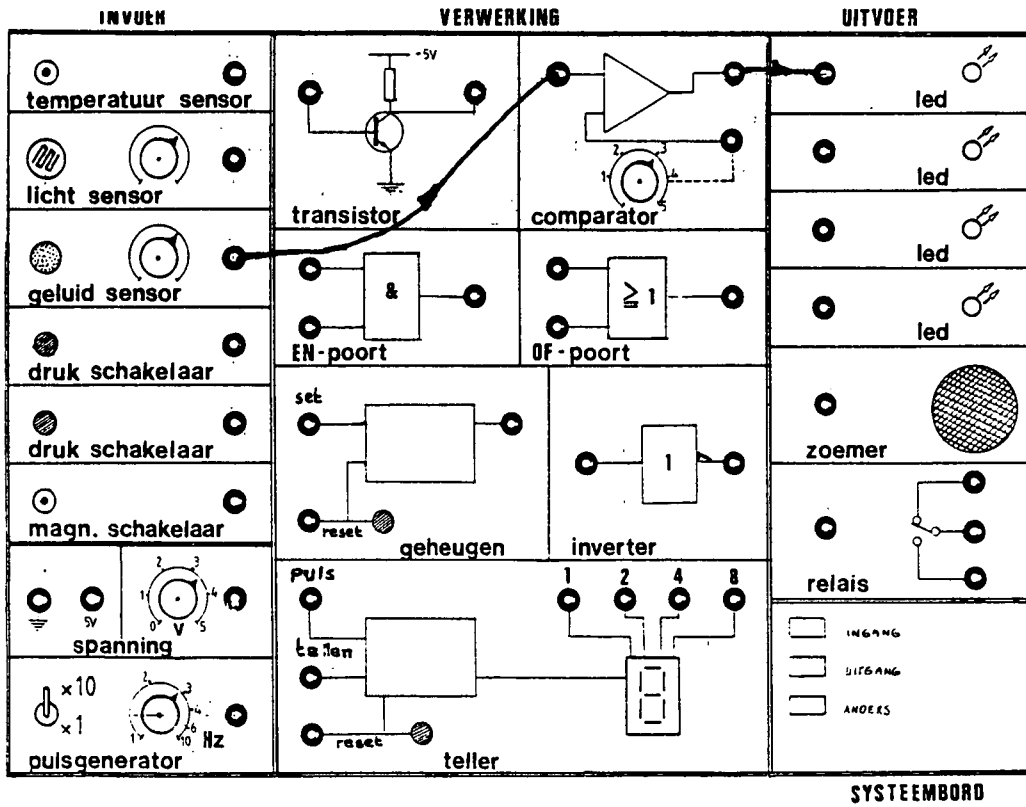
Vragen en opdrachten.

43. Teken het blokschema van het systeem van de garagedeur-opener.
44. Om veiligheidsredenen wil iemand dat het systeem naar verkiezing kan worden ingeschakeld. Eerst moet een knop in de garage ingedrukt zijn voor het mechanisme op een toeterende claxon reageert. Hoe zou je ons systeem daarvoor moeten wijzigen ? Neem hierbij aan dat je op het bord de beschikking hebt over een extra geheugenelement.
45. Een ander wil een systeem waarbij 1x kort en 1x lang op de claxon moet worden gedrukt. Bedenk welke systeemonderdelen je daarvoor extra nodig hebt.

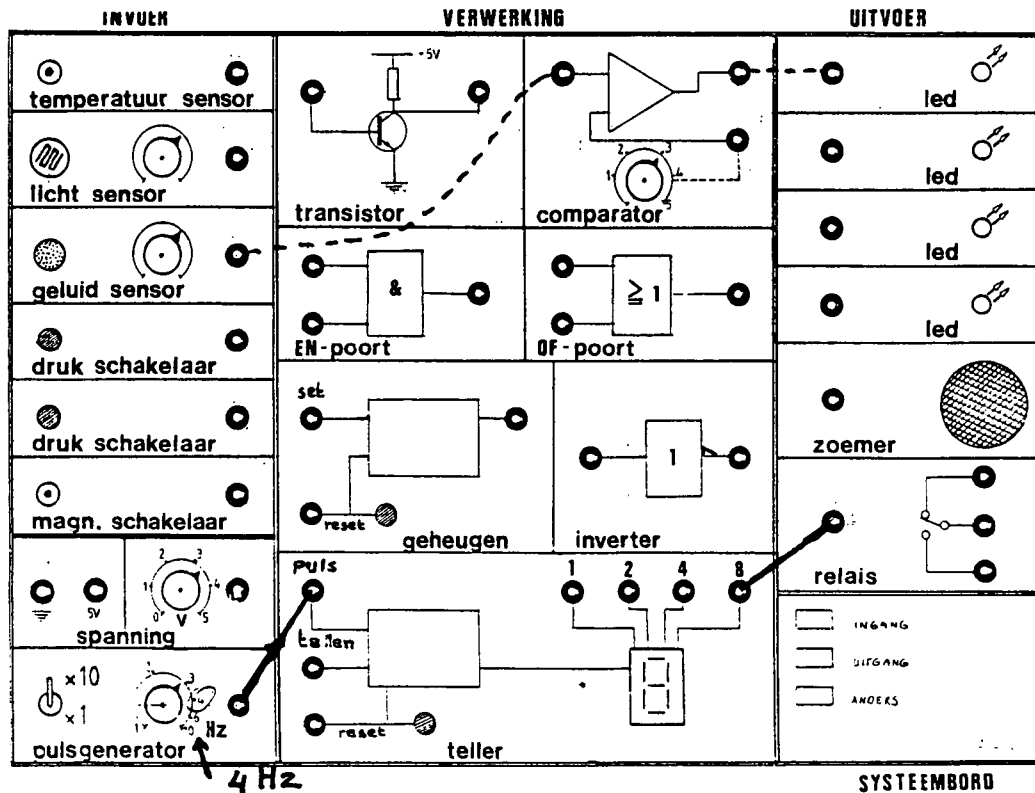
Biilage 5

De oplossing van het probleem (Garagedeur-opener)

deelprobleem 1

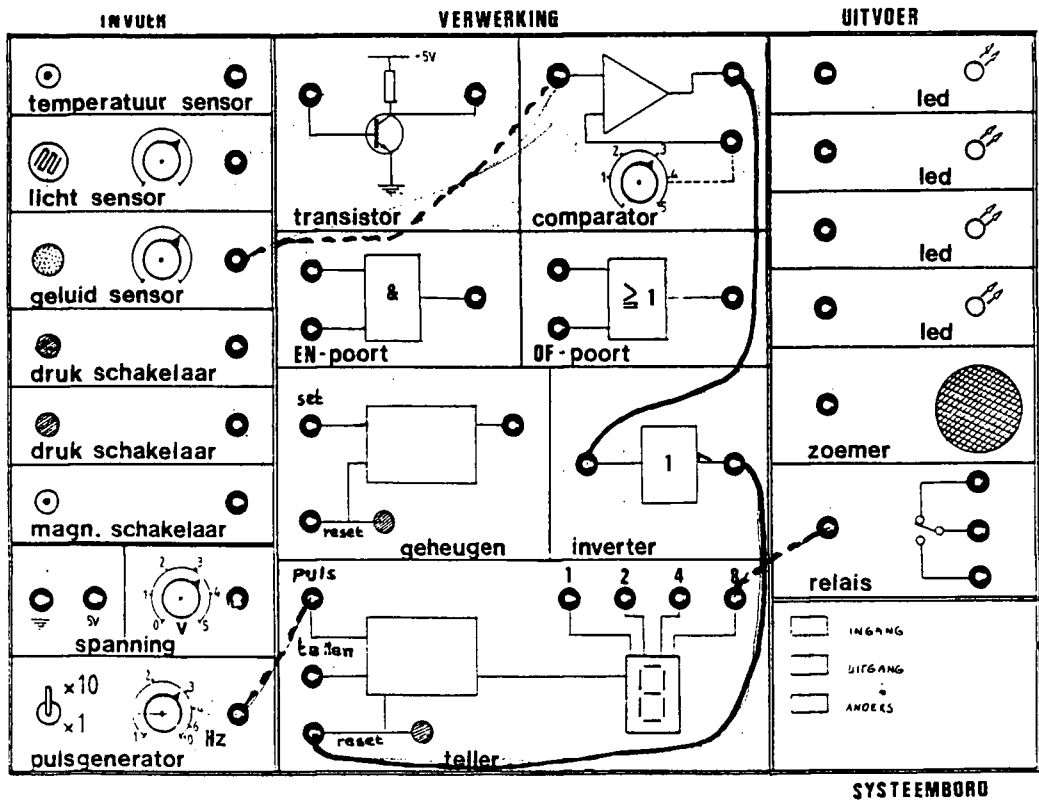


deelprobleem 2

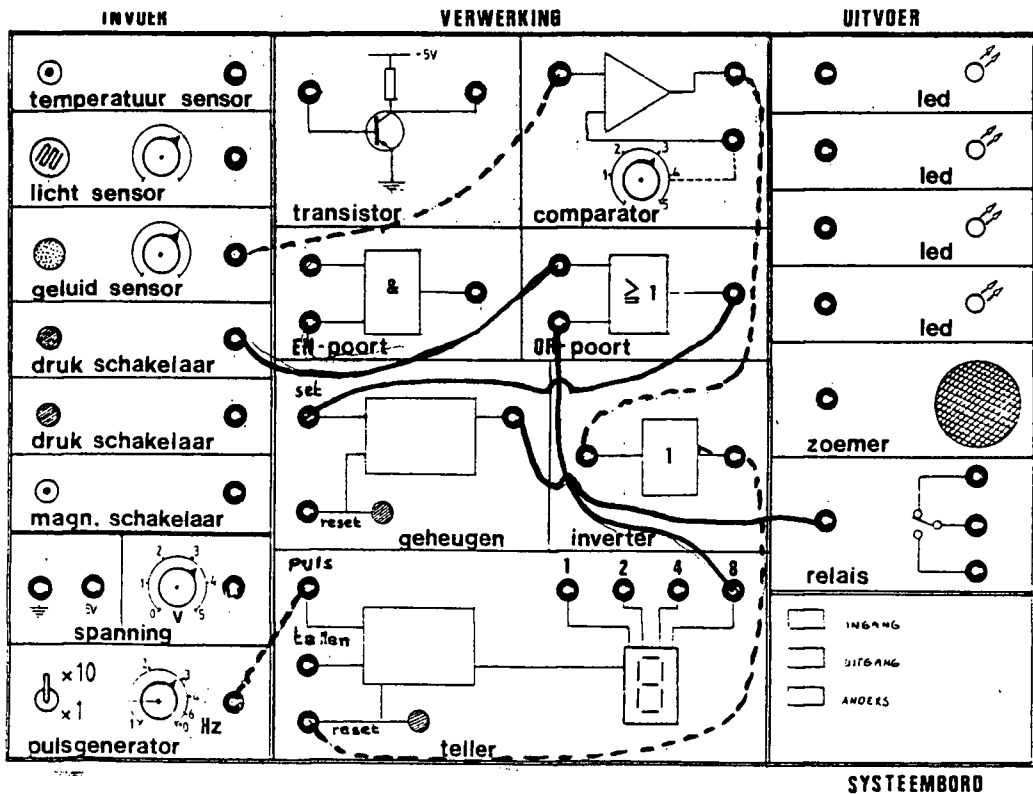


Bijlage 6

De koppeling van (1) en (2)



deelprobleem 3





deel 3: Minnaertprijs

UITREIKING VAN DE MINNAERTPRIJS

Th. Wubbels

Gisteren heb ik U al aangekondigd dat er vandaag een bijzonder programmapunt is: de uitreiking van de Minnaertprijs. Nu is het dan zover. Wanneer je zo'n prijs wilt uitreiken komt daar heel wat bij kijken, meer dan wij als bestuur hadden voorzien. Daarom is niet alles even vlekkeloos geregeld. De voorbereidingstijd die wij daarvoor hadden geschat bleek te krap. Maar ik kan U geruststellen het belangrijkste is er: een prijswinnaar. Het plastic dat wij hem of haar hadden willen overhandigen is er echter helaas nog niet. Verder is er



wel een oorkonde en een enveloppe waarin het bedrag van 1000 gulden zit dat aan deze prijs is verbonden. Tenslotte is er, en daar zijn wij erg blij mee, de toestemming van de weduwe van professor Minnaert om de prijs naar hem te noemen. Professor Minnaert is in de vijftiger jaren één van de medeoprichters van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek geweest. Wij achtten het voor de naam van de werkgroep beter wanneer hijzelf geen voorzitter zou zijn. In de praktijk was hij echter de grote stimulerende kracht achter de werkgroep. Door de naam van Minnaert aan een prijs te verbinden willen wij zijn verdiensten voor de werkgroep en de ontwikkeling van natuurkunde-didactiek eren.

Verscheidene vakgebieden kennen al enige tijd een prijs voor verdiensten op het gebied van de vakdidactiek. Op dit punt dreigt voor de natuurkunde-didactiek een achterstand te ontstaan. In het kader van de doelstellingen van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek achtte het bestuur het daarom nuttig een prijs in te stellen voor verdiensten op het gebied van de natuurkunde didactiek. Deze prijs zal om het jaar worden uitgereikt.

Het doel van het uitreiken van de prijs is als volgt omschreven: Het doel van deze prijs is het publiekelijk tot uitdrukking brengen van de waardering voor de verdiensten van de laureaat voor de ontwikkeling van het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs gedurende een lange reeks van jaren. De verdiensten betreffen bijdragen op één of meer van de volgende terreinen:

- onderzoek naar barrières - zowel bij docenten als bij leerlingen - die de overdracht van natuurkundige inzichten en vaardigheden zouden kunnen belemmeren,
- onderzoek naar de effectiviteit van vakdidactische benaderingswijzen,
- ontwikkeling van nieuwe leerstofgebieden en vakdidactische methoden,
- enthousiasmering van natuurkundedocenten voor de verdere ontwikkeling van het natuurkundeonderwijs,
- opleiding van docenten natuurkunde,
- ontwikkeling van examenprogramma's en leerplannen met een baanbrekend karakter,
- uitdragen van vernieuwende ideeën.

Het bestuur heeft gemeend voor het kiezen van de prijswinnaar gebruik te moeten maken van een voordrachtscommissie. Deze commissie telt drie leden: een natuurkundedidacticus van de Nieuwe Lerarenopleiding en een leraar natuurkunde.

Dit jaar bestond de commissie uit mevrouw I. Frederik en de heren J.F. Schröder en E.J.A. van Beek. Zij hebben hun taak zo voortvarend uitgevoerd dat wij de oorspronkelijke voor 1988 voorziene prijsuitreiking naar 1987 hebben verschoven. Ik dank hen voor de zorgvuldige en vlotte wijze waarop zij een voordracht hebben opgesteld.

Ik hoop dat U na deze lange inleiding de onzekerheid over wie de prijswinnaar is bijna niet meer kunt verdragen. Enkelen van U weten overigens wie de Minnaertprijs zal ontvangen omdat dit gisteren op Teletekst werd bekendgemaakt. Door snel ingrijpen van Anne Holvast is het TV-circuit in dit congrescentrum daarom sinds gisteren "out of order". De prijswinnaar is iemand die U allen kent: Ir. Henk Mulder. Ik citeer uit het rapport van de voordrachtscommissie.

Een bevlogen figuur. Als leraar zeer intensief met z'n vak bezig. Inspiratie puttend uit proeven en probleemstellingen uit de schoolnatuurkunde en de alledaagse wereld. Iemand met vraagtekens achter zijn ogen. Ook in de VUT fris gebleven.

Naar aanleiding van een vraag die aan Henk Mulder werd gesteld na afloop van de lezing die hij in 1981 op de Woudschoten conferentie heeft gehouden zegt hij over zichzelf het volgende: "Ik ben een oude padvinder Ik zou het erg missen als ik niet met mijn handen bezig zou kunnen zijn. Ik vind het belangrijk dat je als mens totaal bezig bent. Je kunt wel allerlei dingen mooi verzinnen, maar je moet ze aan je handen doorvertellen".

Zolang Henk Mulder met onderwijs bezig is geweest is dit waarschijnlijk de rode draad die door al zijn activiteiten heen loopt. Rond 1972 startte Faraday een serie artikelen onder de titel OQ en vroeg daarbij aan docenten of ze op school materiaal hadden dat de moeite van het publiceren waard was. Een van de weinige reacties was van Mulder. Hij schreef geen artikel maar een brief met de mededeling dat wat hij had teveel was voor een artikel en als er belangstelling was dan was men welkom op school. Op dat moment had Mulder al een naam door zijn vele publicaties in Archimedes, DJO (tegenwoordig Aarde en Kosmos/DJO), Faraday, het NVON-blad. Allerelei kleine puzzels, elegante benaderingen en uitdagingen voor geïnteresseerde leerlingen staan op zijn naam. Van leeglopende conservenblikken tot de analyse van een schop. Problemen die kwalitatief geanalyseerd en kwantitatief uitgewerkt kunnen worden. Zijn ingenieursafkomst verraden door probleemkeuze en praktische benadering.

De grootste bekendheid kreeg Mulder ongetwijfeld door zijn jarenlange televisie-optreden in het KRO-programma "Daar vraag je me wat" waarin hij vaak aan de hand van levensgrote modellen uitleg gaf. Daarin werd hij door velen kritisch gevolgd. Hij was één van de weinigen, die gedurende een lange reeks van jaren het lef had moeilijke vragen te vereenvoudigen en zo de natuurkunde voor een breder publiek inzichtelijk te maken. De bijdragen van Mulder aan de ontwikkeling van nieuwe leerstofgebieden en vakdidactische methoden, aan het uitdragen van vernieuwende ideeën en aan het enthousiasmeren van niet alleen natuurkundeleraren maar van grote delen van het Nederlandse volk zijn talrijk geweest en er zullen zeker nog vele volgen. In de kring van Woudschotengangers kregen zijn grote bijdragen in 1981 en 1984 grote bijval.

Ik wil hieraan toevoegen een karakteristieke ervaring die ik gisteren op deze conferentie had. Gisteravond om kwart voor twaalf; alle werkgroepen waren uiteraard allang afgelopen. In de gang zag ik Henk Mulder met enkele collega's en studenten van een leraarsopleiding. De reden van die extra wandelgangwerkgroep: Henk Mulder had weer een verbazingwekkend, simpel, fascinerend, proefje meegenomen. Onderwerp van gesprek was hoe je dat nu toch moest verklaren. Met een verbluffend eenvoudig middel bracht Henk velen tot creatieve verklaringen.

Dan ga ik nu over tot de uitreiding van de Minnaertprijs 1987 aan Henk Mulder.



DANKWOORD

H. Mulder

Vandaag, dames en heren, voel ik mij dubbel beloond.

Vooreerst heeft de natuurkundige arbeid ten dienste van jonge mensen, mij bijna veertig jaar gefascineerd en ontspannen, en vervolgens wordt dat genoeg nog met een prijs gehonoreerd.

Dat deze prijs ook nog de naam van de voortreffelijke fysicus Minnaert draagt, spreekt mij extra aan. Hij publiceerde zijn bekende boek "natuurkunde in leerlingenproeven" waarin hij van een set brilleglazen een microscoop maakte en een soepbord promoveerde tot optische schijf. Hij toonde een grote gevoeligheid voor de raadsels waartussen we ons bewegen en een onuitblusbaar genoeg in de analyse ervan.

Toevalligerwijze kwam ik in het onderwijs terecht. Op een avond stond ik op het winderig station Hollands spoor in Den Haag, toen iemand me erop attendeerde dat er, ik was nog student, een vacature midden in het jaar was ontstaan op de school waar ik zelf eens leerling was. De volgende dag meldde ik mij bij de rector, die mij ontving met de opmerking: een jonge leraar is een bron van onrust in de school.

Advies: doe alsof u al drie jaar voor de klas staat. Einde stagebegeleiding. En zo begon het avontuur.

Ik ontdekte dat een klaslokaal voor jonge mensen een vrijheid berovend onnatuurlijk milieu is. Hun reacties liegen daar niet om.

Je zou bijna zeggen: als je onderwijs naar de knoppen wilt helpen, moet je scholen bouwen. Ik ben altijd jaloers geweest op de indianen die nog leven in het oerwoud. Ik was drie keer in hun gezelschap. Hun kinderen leren alles uit dagelijkse ervaring, door doen. Zo kennen ze de regel van de breking omdat ze weten dat als je schuin in het water van de rivier met pijl en boog op een vis richt, je nooit raakt. Want waar je de vis ziet, zit die zeker niet. Daarom richten ze onder een gecorrigeerde hoek, dan heb je een kans.

Hoe simpel ook, laat iets gebeuren; er moet iets te zien zijn.

En klaagt u niet over onvoldoende beschikbaarheid van een amanuensis of over gebrekkige subsidie van Deetman: u kunt de halve mechanica demonstreren met als apparatuur een krijtje, een bordewisser en een bordliniaal.

Terugblikkend op een lange onderwijstijd verbaas ik me erover hoe het mogelijk geweest is, binnen het beperkte raam van de middelbare schoolstof, steeds weer facetten te ontmoeten, die raadsels verhullen, die doen verbazen, uitnodigen tot onderzoek. Zulke zaken werden vaak spontaan de klas ingebracht. De meer begaafde leerlingen hebben daarvoor veel vrije tijd ingeleverd. Als we hen aan het werk weten te zetten,..... kunnen zij ons weer motiveren.

En daar gaat het toch om: dat wij zelf plezier houden in ons werk. Dat is toch de volgorde! Maar dat betekent dat we ook steeds bezig moeten zijn en dan bedoel ik niet slavelijk, proefwerken nakijken en zo, maar creatief. Om te overleven, natuurkunde als revalidatie, als recreatie. Tussen ons en de leerlingen is geen essentieel verschil, slechts een gradueel. We zijn toevallig eerder geboren, een kwestie van faseverschuiving. Een goede cabaretier voert zijn show op alsof elke voorstelling de eerste was. De jongelui moeten aan ons gedrag zien dat we er zelf in geloven. En dat betekent ook voor ons: huiswerk, wat we wel zelf moeten kiezen. Maar dat laatste is niet moeilijk: het leven zelf reikt het ons aan, op de straat, in de trein, in de klas.

De meeste artikelen die ik schreef vonden zo hun ontstaan, vaak uit vragen en suggesties van

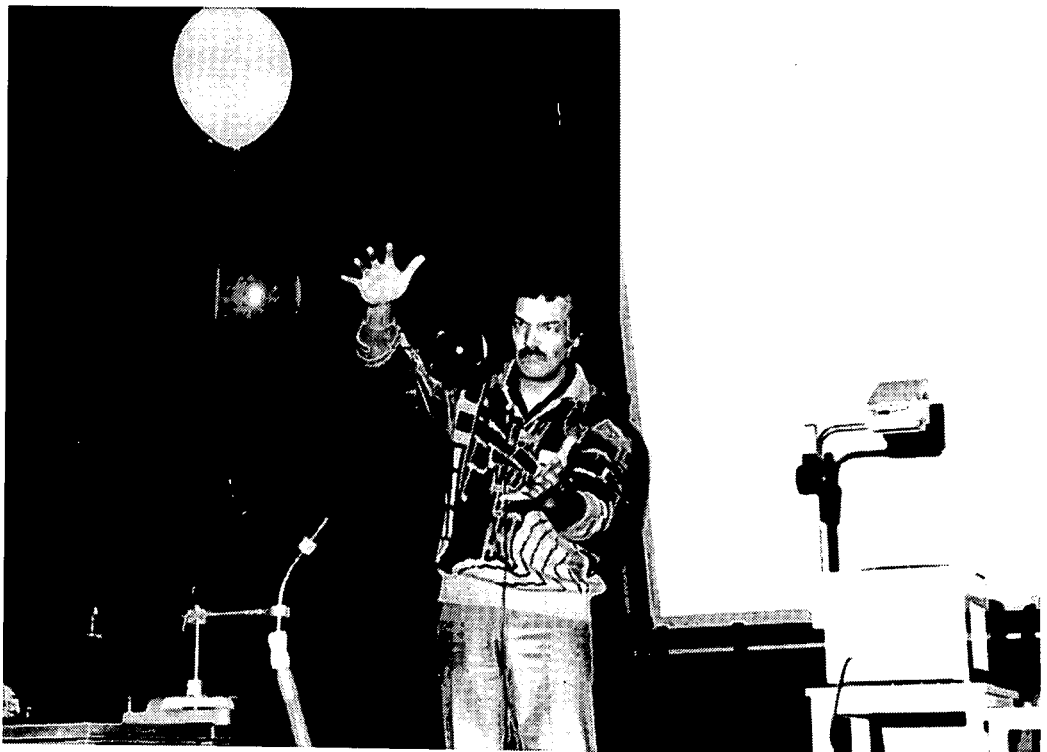


leerlingen. Zij houden ons wakker, zij dagen ons uit.

Mijn tijd is om: mag me nog één ding van het hart: een onbevoegde leraar voor de klas is nog niet zo'n ramp, een saaie is erger.



deel 4: en nu nog een proefje



TRANSCENDENTE LEVITATIE

Louis Mathot

Dames en Heren,

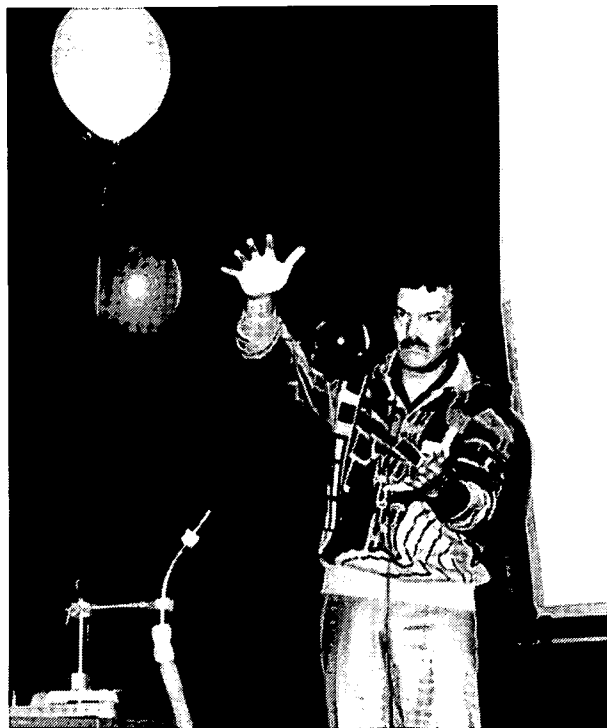
Ik wil vandaag het verschijnsel van de transcendente levitatie behandelen en ik zal enkele proeven laten zien. Daarbij zal ik een mystieke kijk op de uitleg niet schuwen.

- * Deze ballonnen zijn gevuld met zonnestof; vandaar hun afkeer van het ondermaanse: ze willen terug naar de zon. Dat wordt voldoende bewezen door het feit dat zulke ballonnen alleen bij mooi weer verkocht worden. Als ik dit zonnestof inadem, stijg ik weliswaar niet op maar mijn stem zal leviteren en u kunt horen hoe de goden met elkaar converseren: op hoge toon. U weet dat de goden zich sneller voortplanten dan aardse schepselen.
(Inademen van helium geeft Donald Duck-stem.)



- * Een ander voorbeeld van transcendente levitatie. U denkt misschien: dat is een priem. Fout! Dit is een occulte pentakel: de reïncarnatie van de wichelroede zoals in gebruik bij de druïden. Persoonlijk gebruik ik deze om boodschappen van gene zijde op te vangen.
(Een priem, voorzien van een viltstift, zweeft in de luchtstroom van een stofzuiger en "schrijft" op een velletje papier. Nilfisk;240 V.)

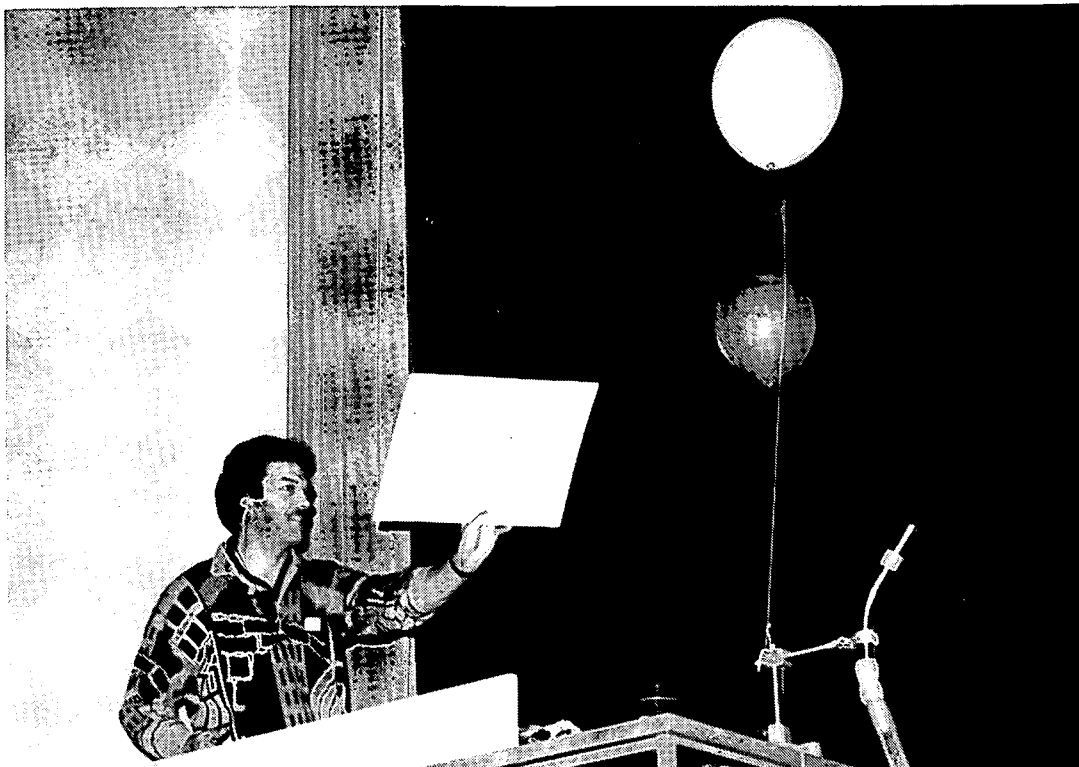
- * Ook deze lamp vertoont het bekende verschijnsel van de "amor vacui". Hij lijkt trouwens wel te branden. Waarachtig, een duidelijker bewijs voor de aanwezigheid van aardstralen op dit podium is niet denkbaar.
(Plastic lamp met fietslampje en cel erin; 170 V.)



- * In een paranormale show mag de kristallen bol niet ontbreken. Ik breng deze in psychisch evenwicht door middel van astrale stabiliteit.
(Kerstbal zweeft en reageert op nadering met een hand; 110 V.)
- * Een foto à la Kirlian. Deze plaat resoneert als iemand van de andere kant contact probeert op te nemen. Ik kan even luisteren

of de verbinding tot stand is gekomen.

(UV-lamp zorgt voor schaduwbeeld op fosforiserende plaat; spreker is opgemaakt met gele en witte markeringstift.)



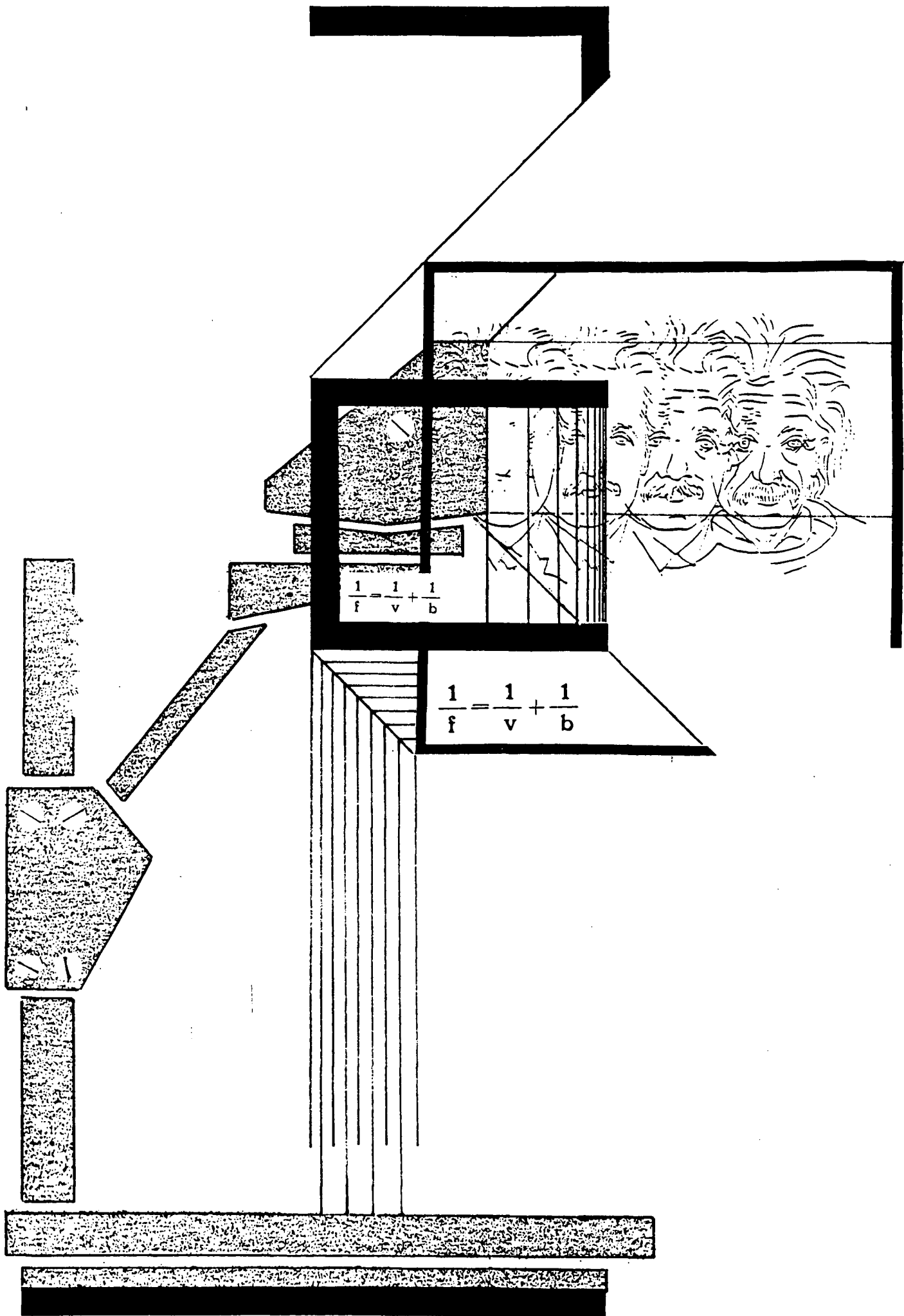
- * Dames en Heren, ik heb gisteravond het radixpunt t.o.v. de zeven chakra's van de nieuwste planeten Persephone en Vulkanus bepaald en de aura was gunstig. Deze oosterse tulbandvorm van de beroemde mysticus Dr. Oetker, is gebakken uit Yttrium 1, barium 2, koper 3 en zuurstof 7-8. Bij volle maan wordt deze supergeleidend omdat de Cooperparen hun entiteit hervinden en zich transformeren tot bipolaronen onder invloed van de zodiakale flux. We bakken in de ruimte.

(Vorm zweeft op spoel met 260 windingen om kern; 70 V.)

U ziet: de vorm zélf rijst de pan uit. We krijgen dan een zogenaamde space-cake.

- * Tenslotte een riskante poging uw universele energiepatronen te visualiseren tot een buitenzintuiglijke waarneming. Ik breng u in de ban van de ring. Allereerst trek ik een magische cirkel en ik waarschuw de mensen op de voorste rij: seances zijn nooit zonder risico. U kunt nog weg, de bus staat klaar. Het peil van de demonstratie daalt nu tot het absolute nulpunt om daarna tot ongekende hoogte te herrijzen. Ik dank U alvast voor het geval dat dit mijn laatste proef is.

(Ring gekoeld met vloeibare stikstof onder de tulbandvorm; 240 V. N.b. Alléén de gekoelde ring haalde met gemak het plafond van de zaal.)

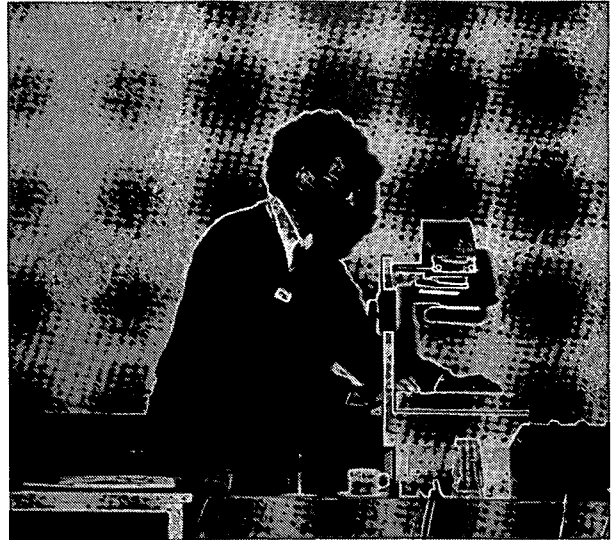


DEMONSTRATIES MET DE OVERHEADPROJECTOR

Maarten van Woerkom.

Demonstraties met de overhead projector.

1. Het beeld van de lamp.
2. Het rode en blauwe brandpunt.
3. De mini-spiegel in plaats van de kop.
4. Het beeld via lens en spiegel.
5. Overvloeisheets.
6. De loep.
7. Bepaling van brekingsindex.
8. Ontleding in kleuren en additieve menging.



Ter afsluiting van deze conferentie is mijn bijdrage een aantal demonstraties met de ohp (overhead projector).

Ik wil laten zien hoe de ohp als natuurkundig hulpmiddel kan functioneren. In dit geval door proeven op het terrein van zien en waarnemen uit te voeren.

Onder andere leg ik met de ohp uit hoe de ohp werkt.

De ohp heeft een sterke lamp die het voorwerp op de glazen ohp-tafel verlicht; het licht wordt door de veldlens (hier fresnel-lens) naar de kop van de ohp gestuurd.

De kop bevat een afbeeldingslens en een spiegel: van het horizontale voorwerp ontstaat daardoor een vertikaal beeld.

Ik beschik over een groot aantal maskers voor de projector.

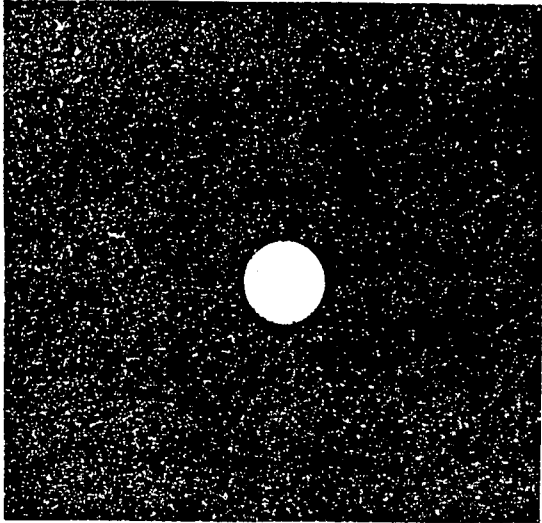
Dat zijn zwarte kartonnen die de hele tafel afdekken.

Uit zo'n masker is een gat gesneden of gestansd: rond, vierkant, langwerpig, al naar gelang benodigd.

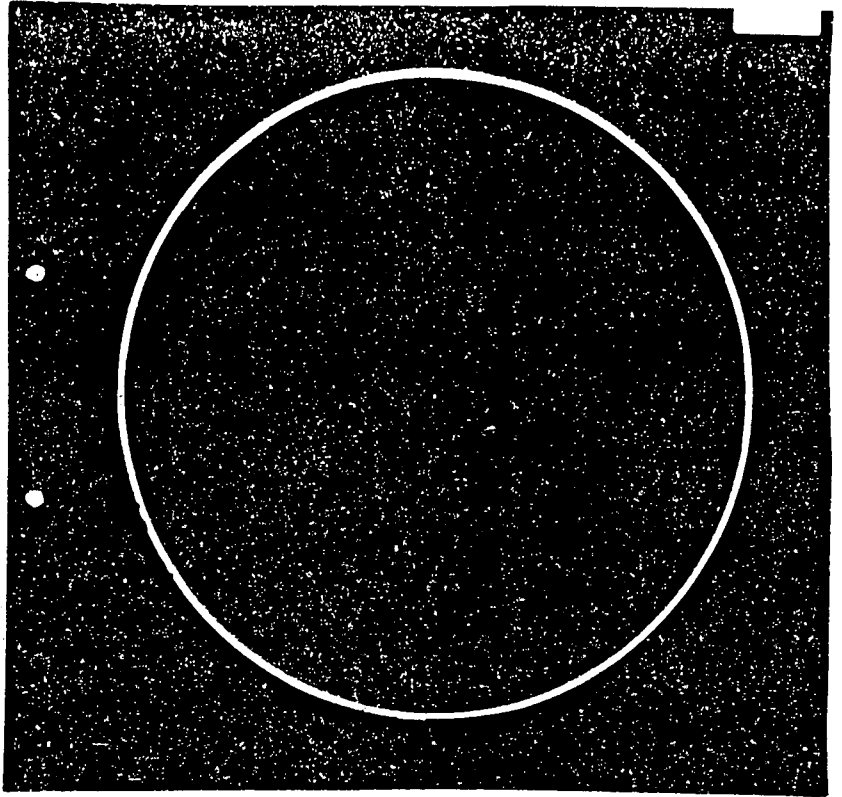
Deze maskers zijn voor veel proeven een vereiste.

Zij vangen veel onnodig licht weg dat op het scherm overstraling veroorzaakt.

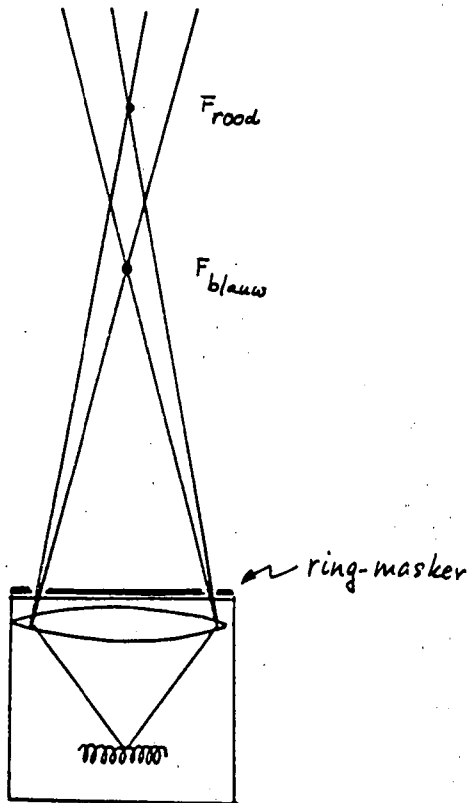
Op dit masker leg ik soms weer een kleiner maskertje.



figuur 1.1



figuur 2.1



figuur 2.2

1^e demonstratie: Het beeld van de lamp.

De kop van de ohp is verwijderd, op de ohp-tafel is een masker met in het midden een gaatje met diameter van ongeveer 1 cm gelegd. Dit masker werkt als diafragma waardoor en de lenswerking beter wordt en de lichtintensiteit verzwakt wordt.

Een wit karton dat in de bundel gehouden wordt, op ongeveer 40 cm hoogte, dient als projectiescherm.

Men ziet heel fraai een afbeelding van de lamp, met z'n spiralen en z'n glazen omhulsel. (De brandpuntsafstand van de fresnel-lens is nu te bepalen).

Figuur 1.1 is een deel van het masker.

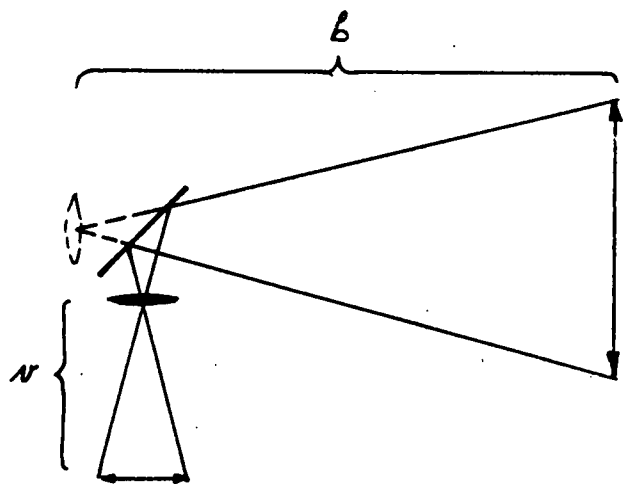
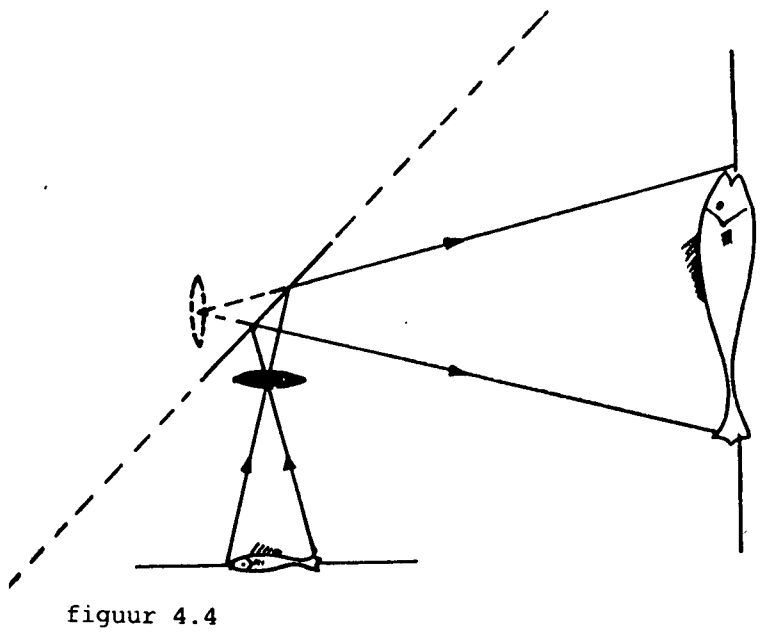
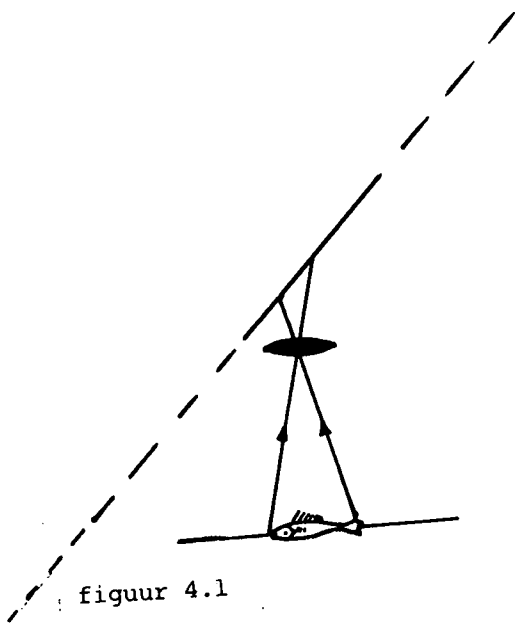
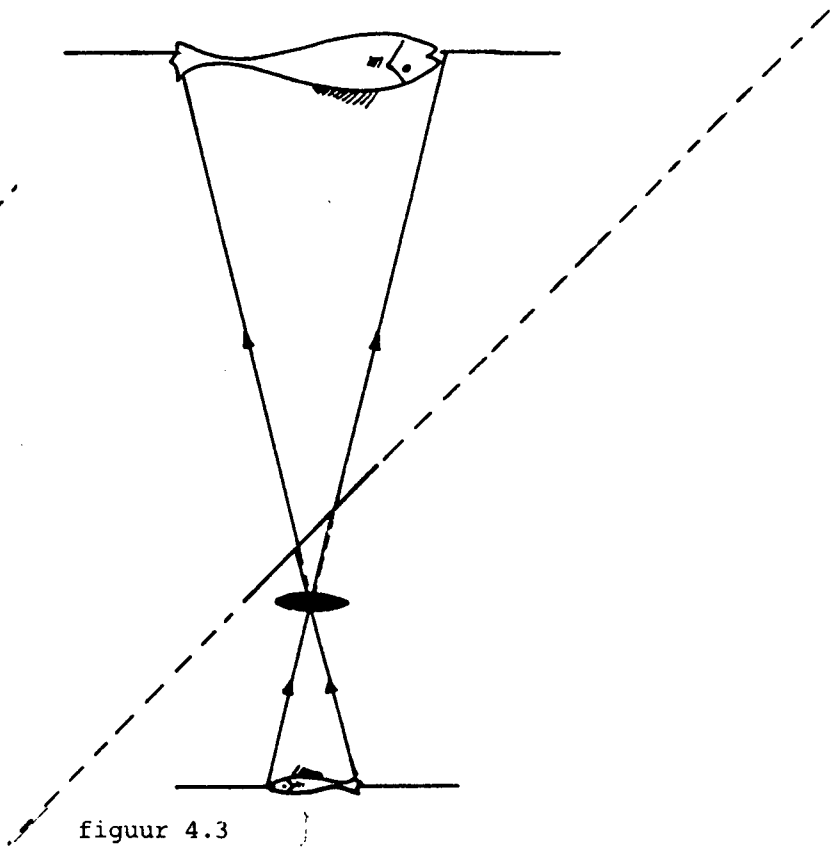
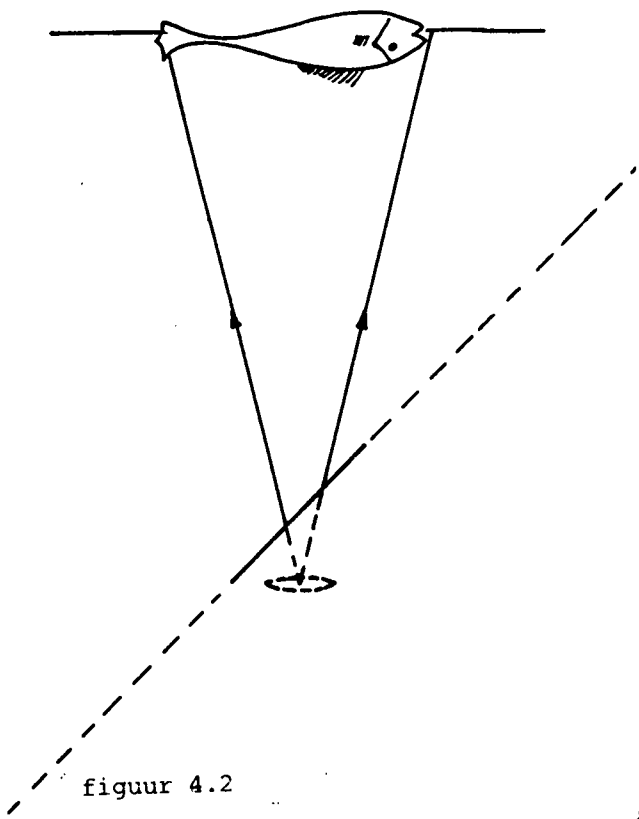
2^e demonstratie: Het rode en blauwe brandpunt.

Nog steeds is de kop van de ohp verwijderd.

Op de tafel is een masker gelegd waaruit een ring gesneden is met een dikte van ongeveer 0,3 cm. De ring heeft een zo groot mogelijke diameter. Figuur 2.1 is een verkleinde afbeelding van het masker.

De hele fresnel-lens wordt hiermee gemaskeerd op de buitenste cirkelrand na. Door een verticaal gehouden karton in de kegelvormige lichtbundel te houden is heel fraai de kleurafwijking van de fresnel-lens te zien. Zie figuur 2.2. Er zijn verschillende brandpunten voor de verschillende kleuren.

(Wanneer de kop van de ohp weer aangebracht is, worden de kleuren weer samengevoegd; immers stralen uit één punt van de projectortafel worden in één punt op het scherm afgebeeld).



3^e demonstratie: Mini-spiegel in plaats van de kop.

Nog steeds is er geen kop op de projector.

Op de projectietafel leg ik een niet al te subtiel voorwerp, bijv. een sleutelbos. Ik beweeg mijn hand in de lichtbundel, ongeveer op de plaats waar normaal de kop zit. De vingers lichten roze op. Dan wijs ik met de wijsvinger de plaats in de bundel aan waar een beeld van de lamp gevormd wordt (De vinger wordt er warm van!). En zie: er verschijnt een beeld van de sleutelbos op het scherm. Wonder boven wonder. Op het topje van de wijsvinger is een klein rond spiegelkje met diameter van ongeveer 6 mm geplakt met wat plasticine.

Het moet aan de voorkant spiegelen! Dit mini-spiegelkje vervangt de lens en de spiegel, dus de hele kop!

Het proefje doet sterk denken aan de camera obscura.

- . als ik mijn vinger lager houd dan wordt het beeld groter en blauwer;
- . als ik mijn vinger hoger houd dan wordt het beeld kleiner en roder.

De grootte hangt samen met de verhouding beeldafstand/voorwerpaafstand en de kleur hangt samen met de in figuur 2.2 getekende kleurschifting. (Gelukkig was ik niet zo zenuwachtig dat het trillen van de wijsvinger een rustig beeld onmogelijk maakte).

(Het spiegelkje kreeg op de glasfabriek Almeline; het valt uit de holle boor waarmee men gaten in spiegels boort. Het spiegelmetaal was wel bijzonder: het moet aan de voorkant spiegelen).

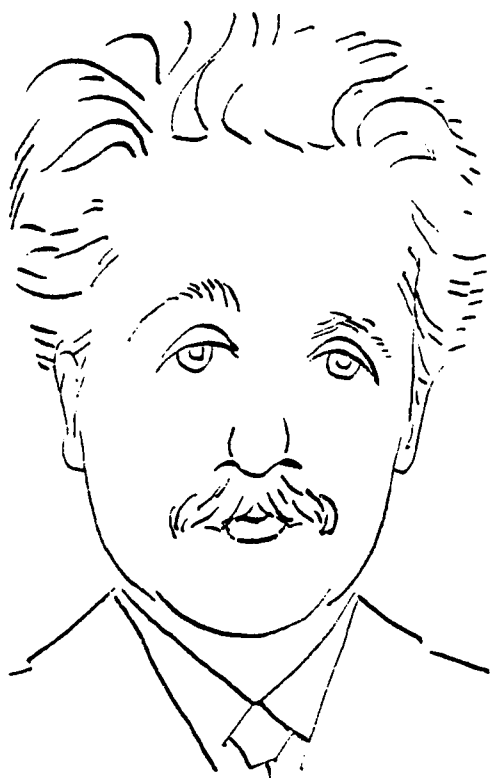
4^e demonstratie: Het beeld via lens en spiegel.

De figuren 4.1 t/m 4.5 zijn verkleinde afbeeldingen van sheets voor de ohp. In figuur 4.1 zijn een vis op de ohp-tafel getekend; twee randstralen door het middelpunt van de afbeeldingslens, de spiegel en (gestippeld) een vlak voor de spiegel (voorwerpsheet). In figuur 4.2 zijn getekend: de lens, het vervolg van de twee randstralen en het visse-beeld als er geen spiegel was en de spiegel (beeldsheet).

In figuur 4.3 zijn de twee figuren als overlay weergegeven.

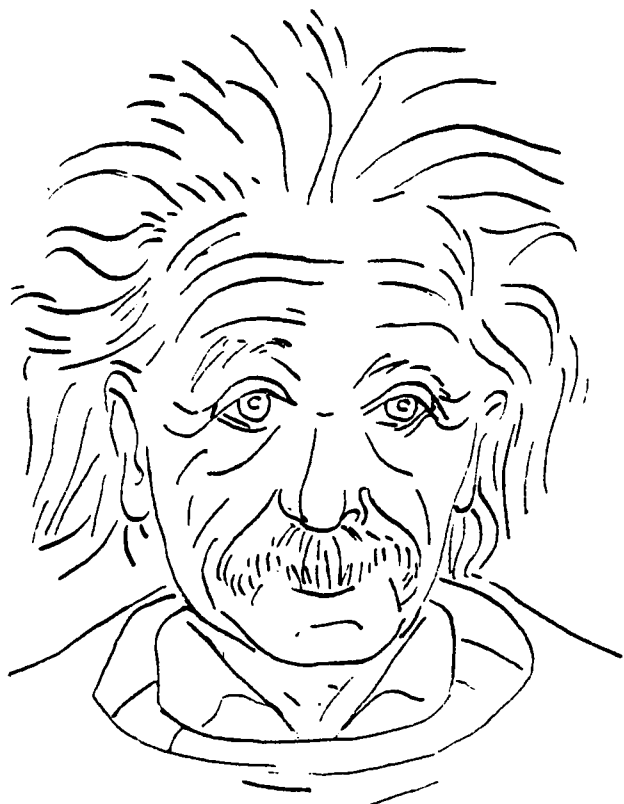
Wanneer nu het beeldsheet om de stippellijn wordt omgebladerd dan ontstaat figuur 4.4. Het spiegelen kan in dit geval door een simpel ombladeren bereikt worden. (Interessant om over na te denken!)

In figuur 4.5 is nagenoeg dezelfde figuur weergegeven, maar de voorwerpsafstand v en de beeldafstand b zijn erbij gezet. Deze figuur noem ik nu verder het afbeeldingssysteem. Merk op dat bij het omhoog draaien van de kop de afstand b niet verandert en een voorwerp mee omhoog zal moeten om een scherp beeld te houden!



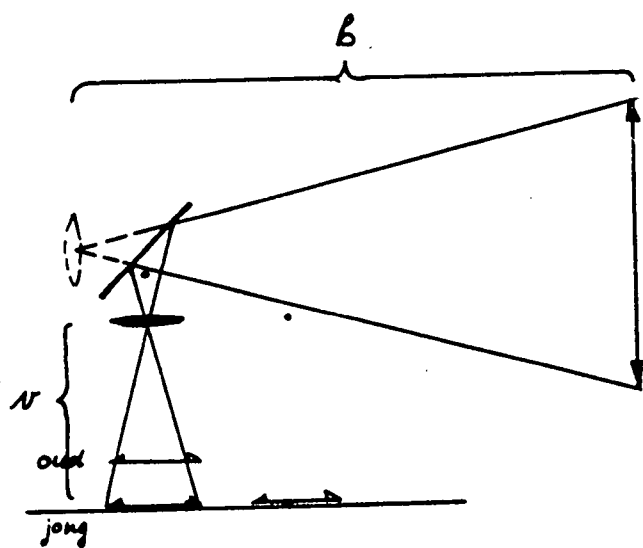
Einstein 1916

figuur 5.1

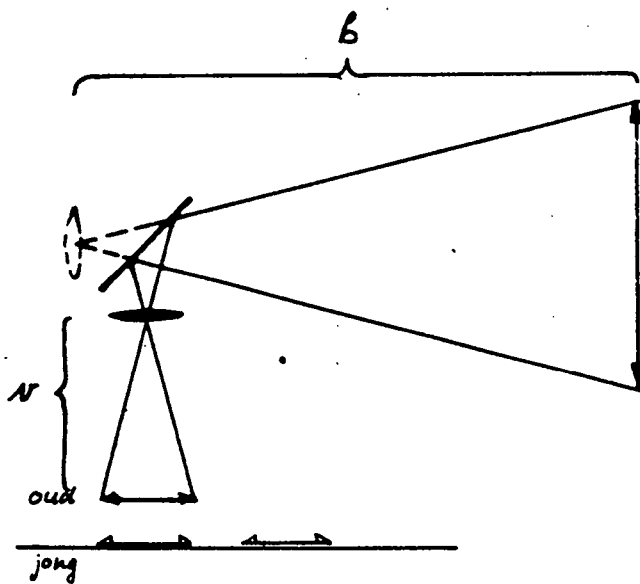


Einstein 1955

figuur 5.2



figuur 5.4



figuur 5.3

5° demonstratie: overvloei-sheets.

Op de projectietafel ligt een sheet met het portret van de jonge Einstein. Zie figuur 5.1.

Ongeveer 7 cm hoger ligt een sheet met het portret van de oude

Einstein. Zie figuur 5.2.

Dat tweede portret wordt gedragen door een dun glashelder acrylplaatje op pootjes.

Ik begin met het afbeelden van de oude Einstein. Het afbeeldingssysteem, dus de kop, staat dan hoog. Zie figuur 5.3.

Vanwege de geringe scherptediepte van de ohp is het jonge portret niet te zien.

Op twee manieren is nu het jonge portret tevoorschijn te halen.

- Ten eerste door met het scherm naar voren te gaan.

(Ik gebruikte een groot wit karton dat ik eerst vlak voor het vaste scherm hield en waarmee ik naar voren liep).

Het oude portret vervaagt langzaam, het jonge komt langzaam op tot het scherp is.

Als je dan nog verder naar voren gaat, vervaagt alles en houd je een wit scherm over.

Ga je weer langzaam naar achter dan komt de jonge kop weer op, die krijgt rimpels en lange haren en tenslotte is de oude weer te zien.

- Ten tweede door de kop naar beneden te draaien. Zie figuur 5.4.

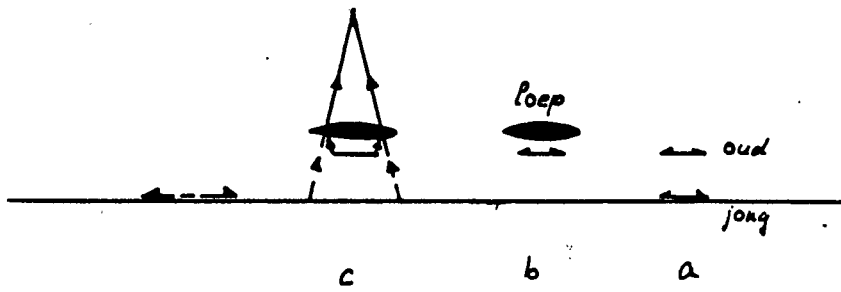
Het jonge portret komt dan op de bij de vaste beeldafstand benodigde voorwerpafstand te liggen.

Dit soort opstelling is fraai te gebruiken bij het uitleggen van allerlei verschijnselen.

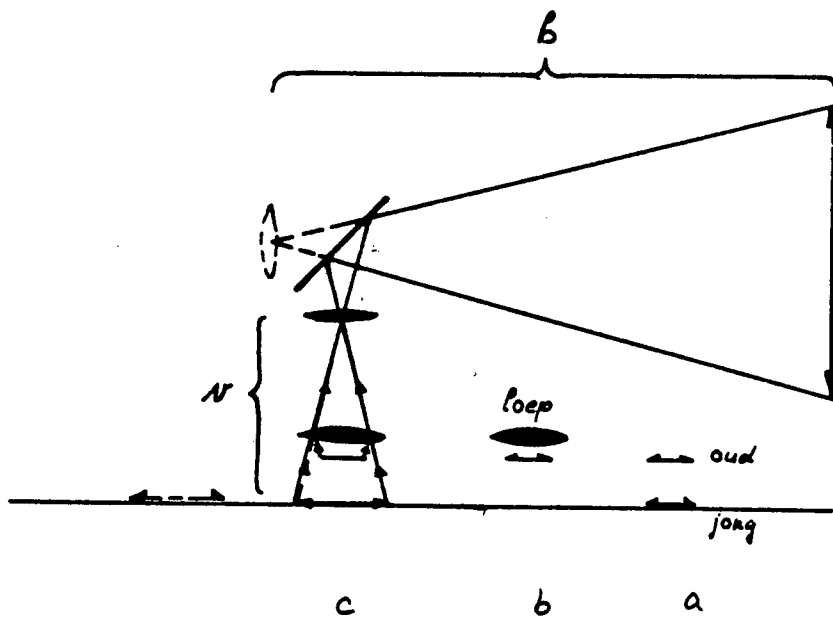
Bijv. een fysisch apparaat op een sheet en een analogon op een ander sheet. Apparaat en analogon kunnen dan heen en weer in elkaar overvloeien.

Het idee om de kop van Einstein te gebruiken is van een leerlinge, Mieke Kerkhof. Ze vond m'n technische plaatjes te saai.

De tekeningen van figuur 5.1 en 5.2 zijn door mijn collega Ewald de Keijser gemaakt.



figuur 6.1



figuur 6.2

6^e demonstratie: de loep.

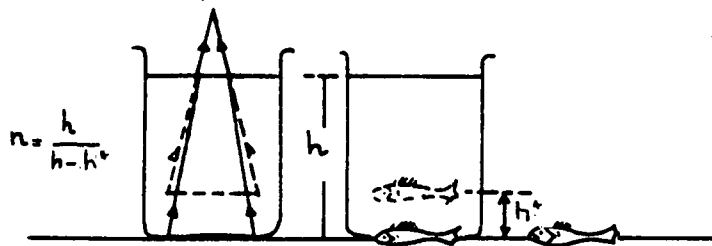
Ik ga uit van de situatie van figuur 5.4: de jonge Einstein in beeld. Nu houd ik een loep boven de oude Einstein, op zodanige wijze dat er een virtueel beeld van ontstaat op de plaats van de jonge Einstein. Zie figuur 6.1 b en c.

Omdat het afbeeldingssysteem instaat op de jonge Einstein zie ik dus een vergroot beeld van de oude!

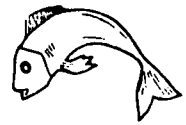
Zie voor de stralengang figuur 6.2 c.

Figuur 6.2 is figuur 6.1 met figuur 4.5 als overlay.

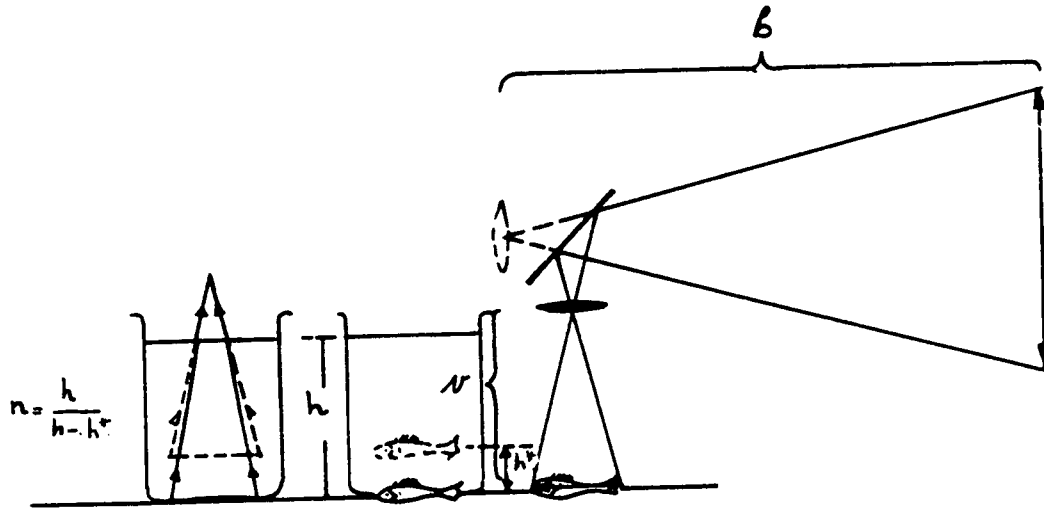
Het kan natuurlijk eenvoudiger: wanneer een voorwerp op de projectie-tafel ligt en een loep een virtueel beeld geeft dat h cm onder de glasplaat ligt, moet de kop gewoon h cm naar beneden draaien om op het scherm een scherp beeld te krijgen.



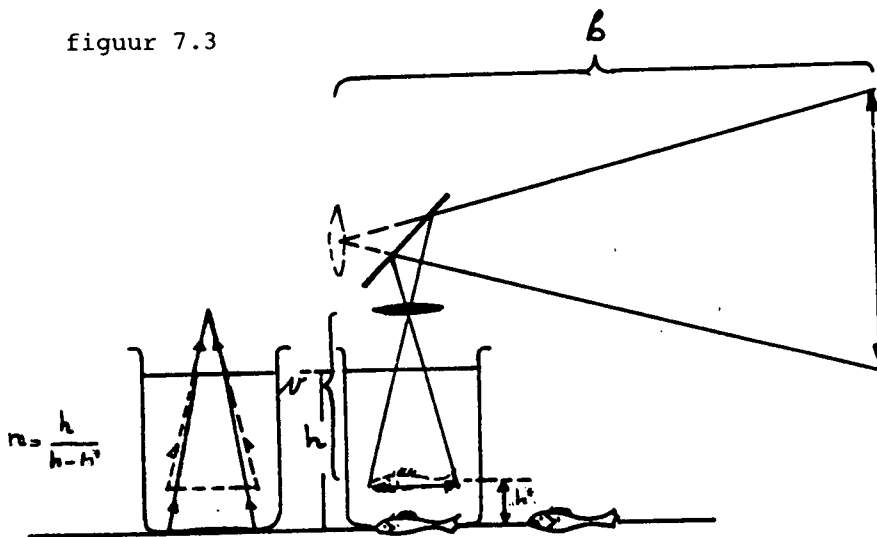
figuur 7.2



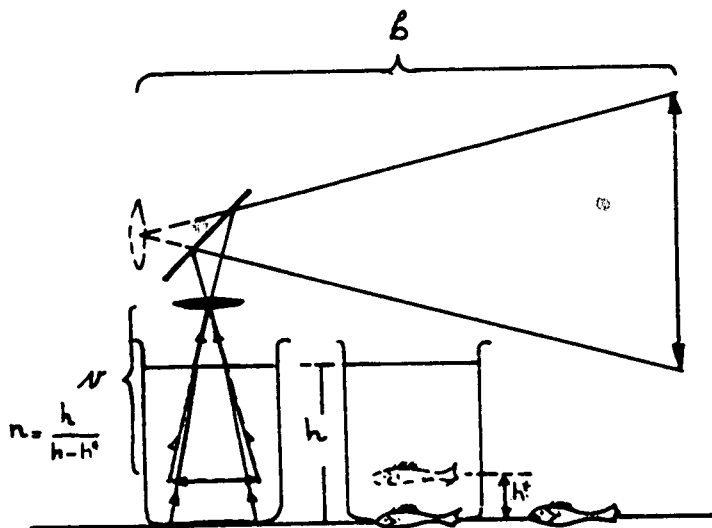
figuur 7.1



figuur 7.3



figuur 7.4



figuur 7.5

7^e demonstratie: Bepaling van de brekingsindex.

Een vis in een rechthoekig aquarium lijkt dichterbij te zijn dan hij in werkelijkheid is: we nemen een virtueel beeld waar.

Ik leg op de ohp een visje neer: zie figuur 7.1.

Wanneer ik scherp stel op dit visje dan moet het afbeeldingssysteem geplaatst worden zoals in figuur 7.3 getoond. (Figuur 7.3 is figuur 7.2 met figuur 4.5 als overlay).

Nu plaats ik op het visje een bekerglas met water ongeveer 25 cm hoog gevuld. Die hoogte noem ik h . Van bovenaf gezien is er een verhoogd virtueel beeld.

Teneinde dat scherp af te beelden moet het afbeeldingssysteem over een afstand Δh verhoogd worden. Zie figuur 7.4.

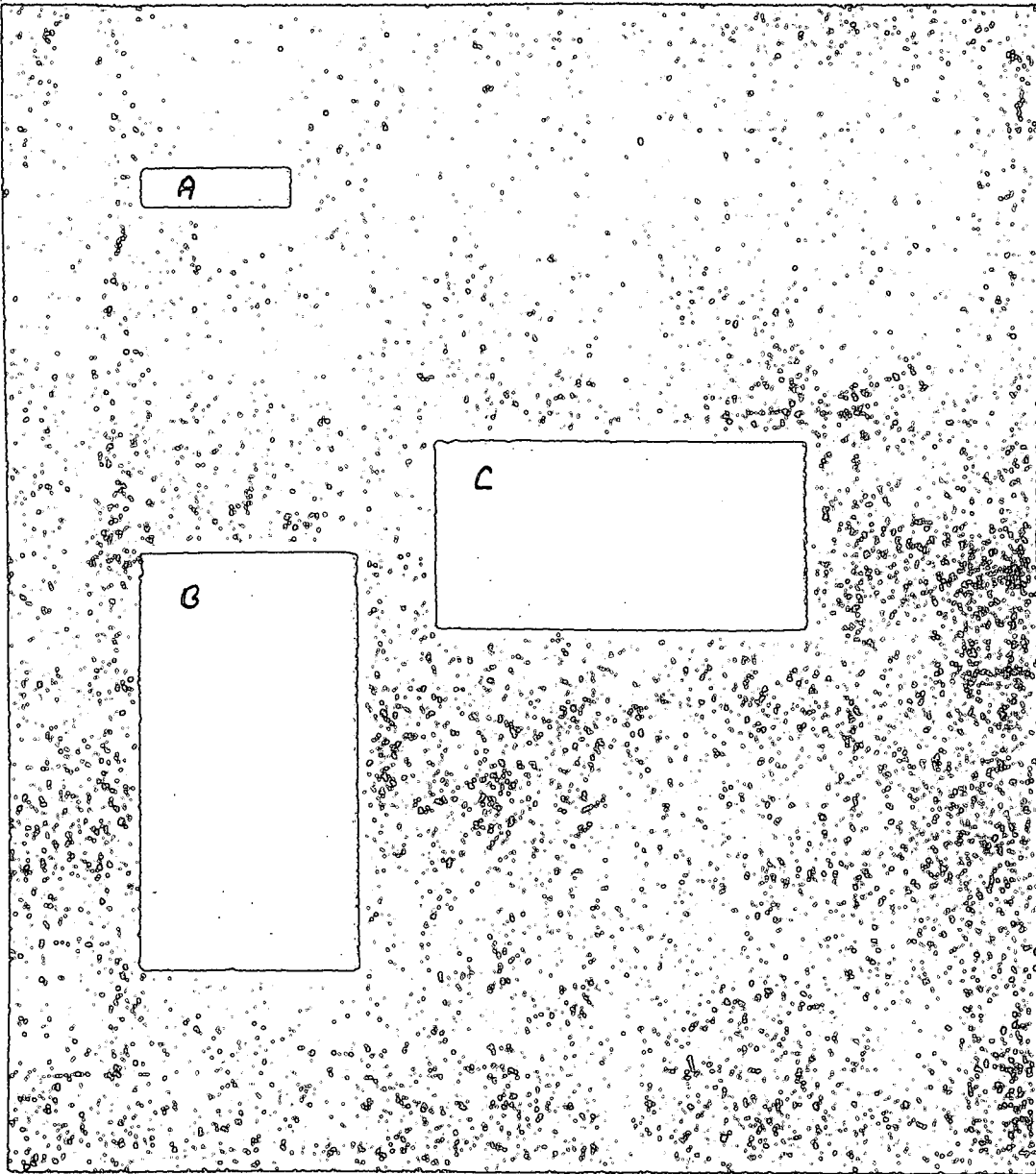
De brekingsindex is $n = \frac{h}{h - \Delta h}$ zoals een eenvoudige afleiding toont.

In figuur 7.5 is de stralengang getekend: de lichtstralen van het visje breken aan het wateroppervlak en lijken afkomstig te zijn van het virtuele visje.

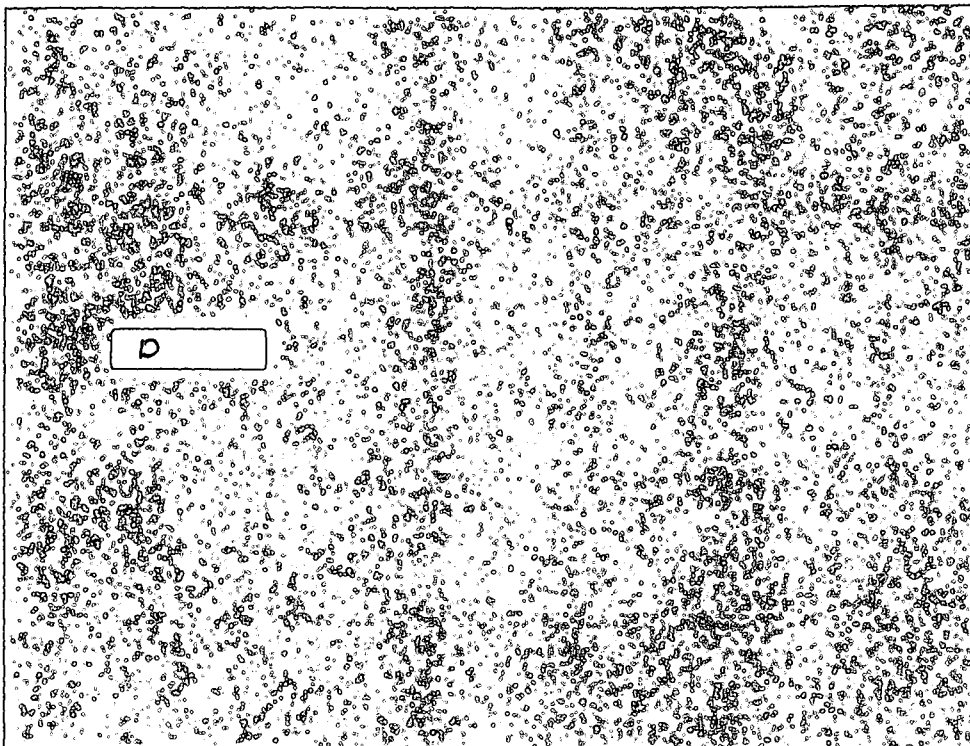
Dus uit twee metingen, de hoogte h van de waterkolom en de verhoging Δh van de kop volgt n . En.....heel secuur.

Het is heel leerzaam om een tweede visje naast de bak te houden: het moet inderdaad op een afstand h boven de projectortafel zijn om scherp over te komen.

(In plaats van een bak water gebruikte ik een staaf perspex die ik op het visje op de tafel plaatste. Dat is wat handiger omdat water zo schommelt).



figuur 8.1



figuur 8.2

8^e demonstratie: Ontleding in kleuren door een tralie vervolgens additieve menging.

Op de projectorkop plak ik een tralie-folie.

Het gewone beeld verschijnt dan weer als 0^e orde, maar daarnaast ontstaan de hogere ordes. (Het tralie moet dus niet op de projectortafel liggen: de hogere ordes gaan dan langs de kop en worden niet afgebeeld).

Het mooiste tralie dat ik ter beschikking heb, is een dubbel tralie. Daarmee bedoel ik twee gewone tralies met hun krassen loodrecht op elkaar. Dit dubbel tralie, de zgn. RAINBOW DISC komt uit de speelgoed-winkel. WOW! staat erop. Inderdaad.....

Omdat de tralieconstante niet al te klein is, zijn de spectra niet al te breed en zijn de eerste ordes nog heel intens.

Op de projectortafel liggen bij alle proefjes:

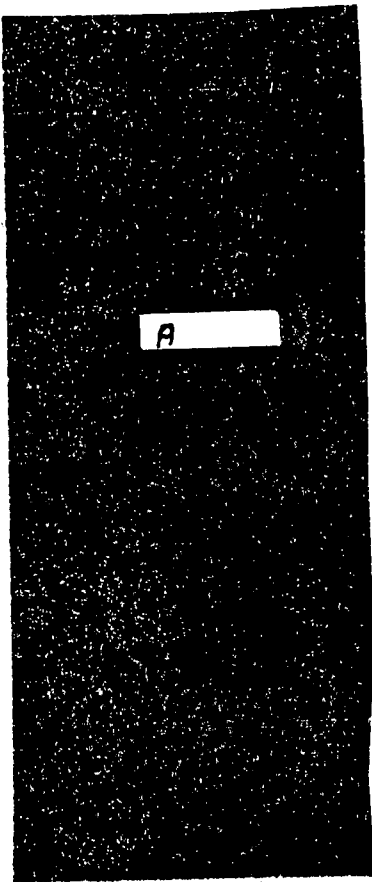
- het grote masker van figuur 8.1. Het meest zwart is hier weggelaten. Het bevat drie openingen: A, B en C.
- het kleine maskertje van figuur 8.2. Het bevat gleuf D. Dit maskertje komt op het grote te liggen.

Hiermee kan men nu het masker van figuur 8.3 maken; alleen gleuf A is open.

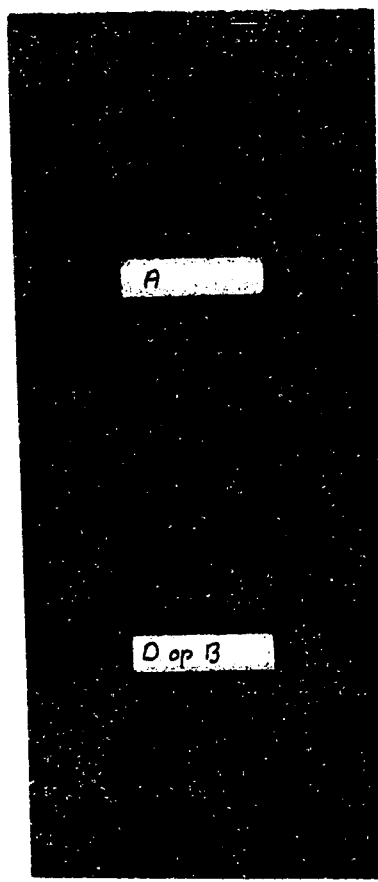
Of het masker van figuur 8.4: twee evenwijdige gleuven met veranderbare afstand. Daar gaat het om: het variëren van de afstand.

Of het masker van figuur 8.5: twee gleuven loodrecht op elkaar.

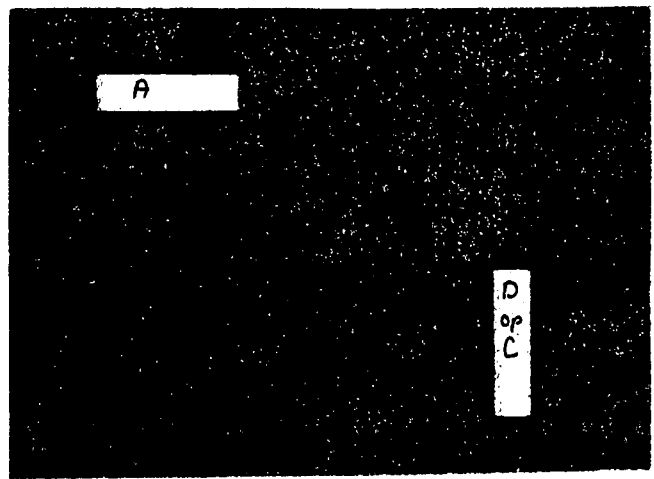
Ook weer met veranderbare afstand.



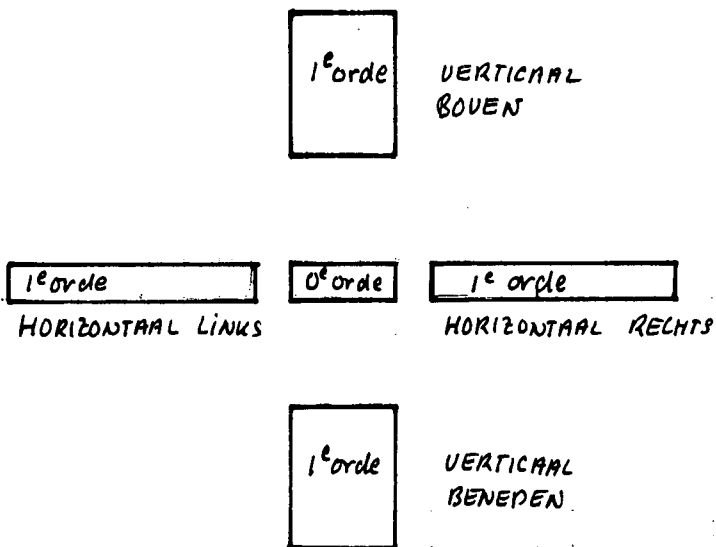
figuur 8.3



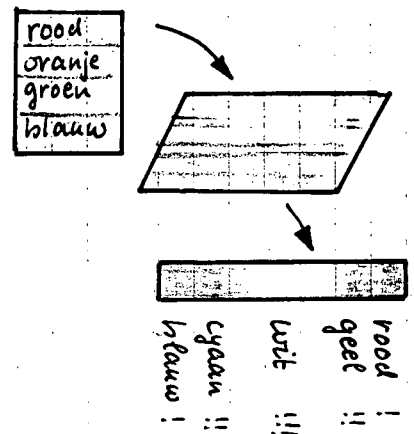
figuur 8.4



figuur 8.5



figuur 8.6



figuur 8.7

Met het masker van figuur 8.3 ontstaat op het scherm het interferentiepatroon van figuur 8.6:

- het 0^e orde spectrum, dat is wit en ligt centraal;
- vier 1^e orde spectra; verticale boven, verticale onder, horizontale rechts, horizontale links;
- allerlei andere spectra, die in de figuur zijn weggelaten.

WOW!

Met het masker van figuur 8.4 ontstaat tweemaal de hele verzameling van figuur 8.6.

Daardoor ontstaat de mogelijkheid van kleurmenging.

Door het kleine masker te verschuiven kan men het 1^e orde verticale beneden-spectrum van de ene spleet over het 1^e orde verticale-boven spectrum van de andere spleet schuiven.

Daardoor ontstaan allerlei mengkleuren: magenta, cyaan, geel in alle nuances.

(Met het masker van figuur 8.5 zijn weer andere trucjes uit te halen). Tenslotte nog een keer het masker van figuur 8.3.

Beschouw het 1^e orde verticale boven-spectrum.

Het is een opeenstapeling van kleuren; zie de stroken van figuur 8.7. Als ik nu het tralie op de kop van de ohp draai, gaan de stroken elkaar overlappen;

en als het tralie 90° gedraaid is, is het horizontale 1^e orde spectrum ontstaan. Dat is nu in het midden wit, uiteraard: daar zijn alle stroken over elkaar komen te liggen.

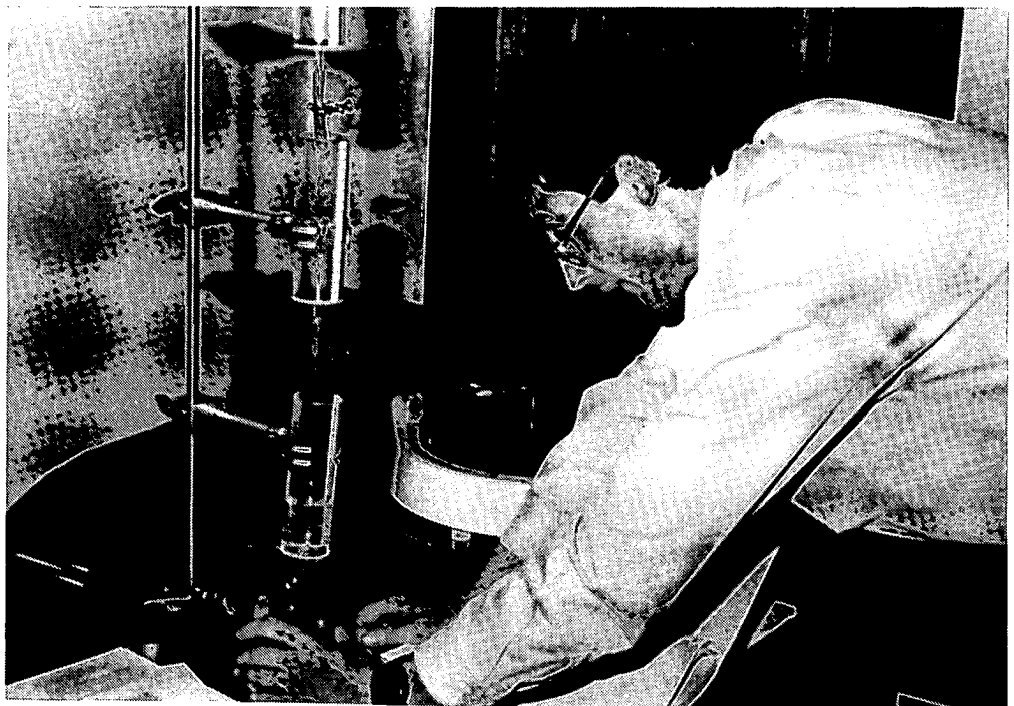
Zie hier waarom zoveel om ons heen wit is: alles is zo kleurrijk dat het er wit van is!

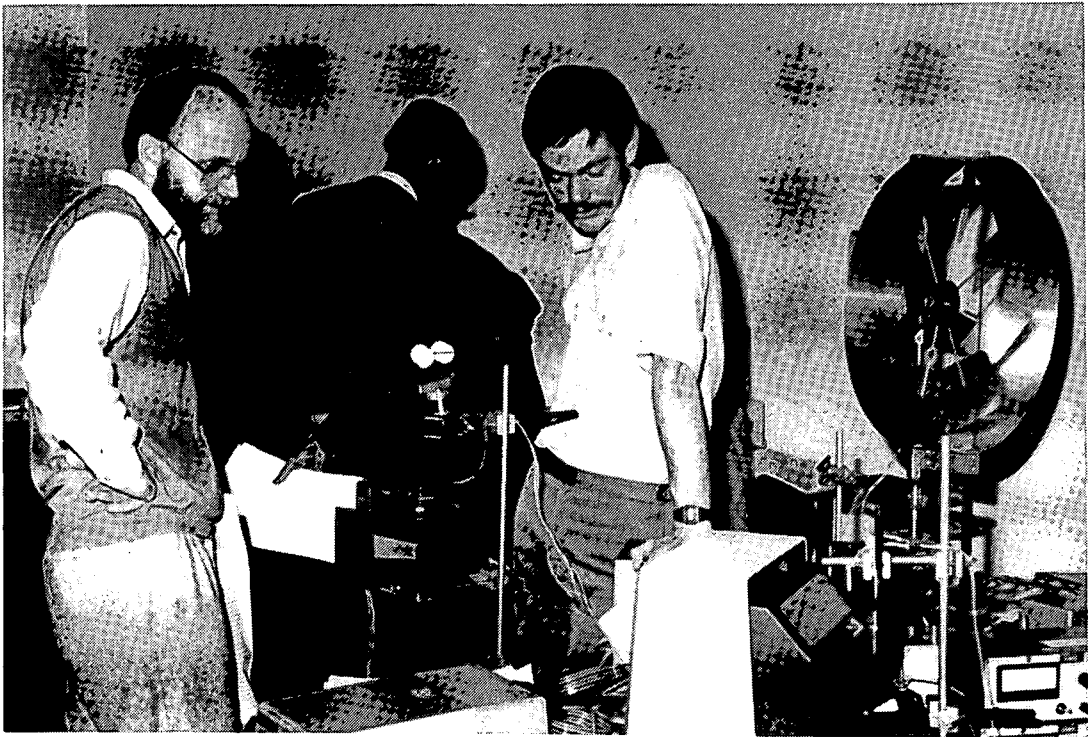
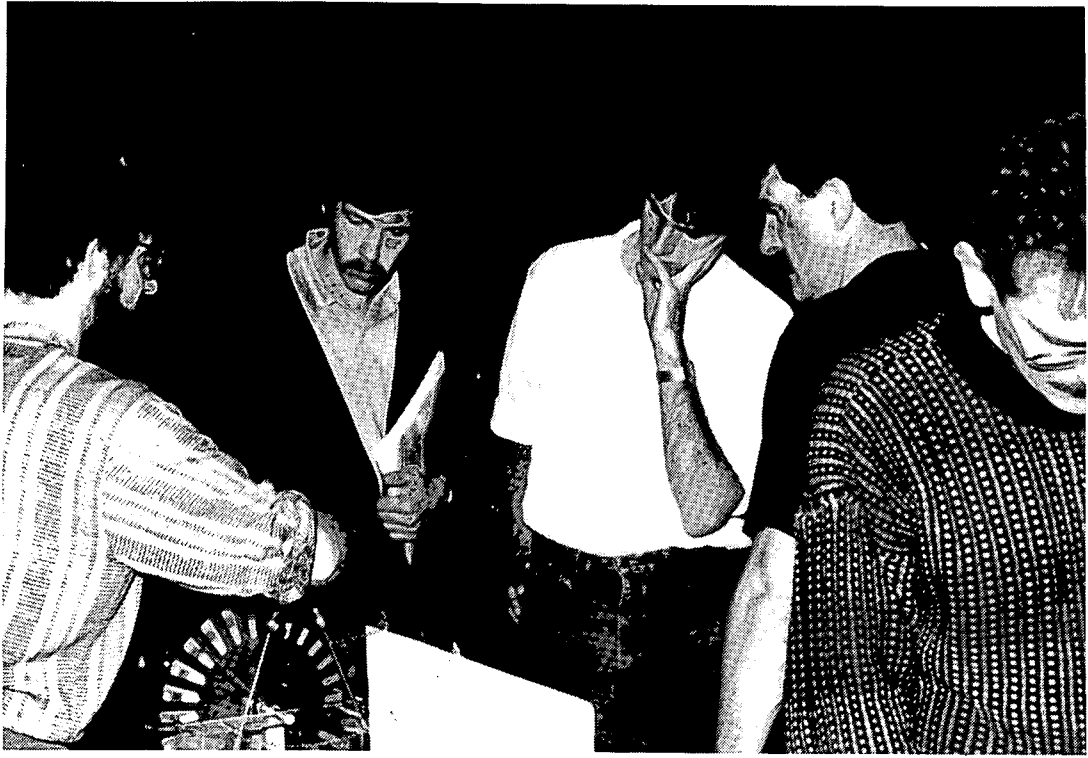
Maarten van Woerkom
Tijmofslaan 36
7602 HN Almelo

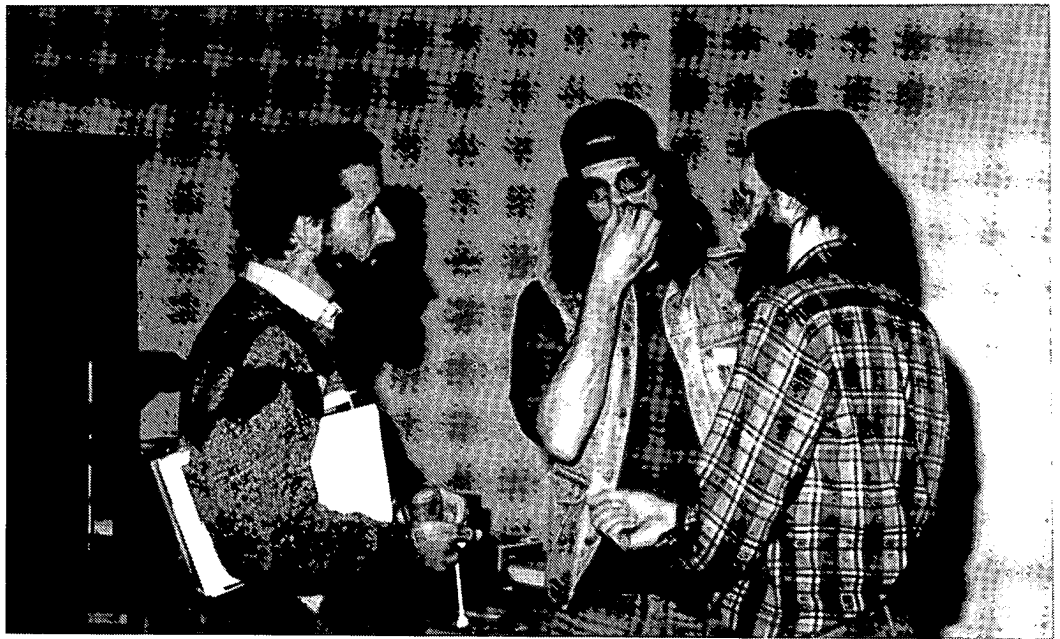


deel 5: de markt











deel 6: allerlei



ENQUETE WOUDSCHOTENKONFERENTIE 1987

Na afloop van de konferentie werd de deelnemers gevraagd hun mening te geven over de hoofdlezingen, de parallellezingen, de werkgroepen en de konferentie als geheel. Van ongeveer honderdvijftig mensen kregen we een ingevuld formulier terug.

Het blijkt dat de hoofdlezingen alledrie hoog scoorden op de vraag of ze boeiend waren. Ze sloten ook alle goed aan bij het thema van de konferentie.

De meningen over de relevantie voor de direkte lespraktijk liepen wat verder uiteen. Van de zes parallellezingen ondervonden vooral die van Créton en Lockhorst grote waardering. Van bijna al deze lezingen vindt men dat ze goed bij het konferentiethema aansluiten. Ook hier worden nogal eens vraagtekens gezet bij de praktische waarde.

Er zijn drieëntwintig werkgroepen verzorgd, waarvan de meeste tweemaal plaatsvonden. De aantallen deelnemers wisselden sterk, waardoor er niet altijd harde konklusies uit de enquête getrokken kunnen worden. Een opvallend beeld is dat de werkgroepen waarin de computer centraal stond over het algemeen én minder belangstelling trokken én minder gewaardeerd werden. Dat neemt niet weg dat uit de enquête over het geheel genomen een gunstig tot zeer gunstig beeld naar voren komt. Dat geldt alle aspecten: boeiendheid, aansluiting bij het thema, bruikbaarheid in de praktijk, opzet. Er zijn natuurlijk uitschieters naar beneden. Zoals ook de vorige keer het geval was, zal daaruit lering getrokken worden voor de volgende konferentie.

Het slotonderdeel "en nu nog een proefje" viel zeer in de smaak.

Uit de vragen naar de konferentie als geheel blijkt evenals vorig jaar dat u, deelnemers aan de Woudschotenkonferentie, tot het dankbare publiek behoort.

We zullen proberen volgend jaar wel wat (meer) te doen aan de temperatuur in de zaal.