

werkgroep natuurkunde didaktiek

WEN  DROMEN



1986
'woudschoten'

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDACTIEK

Laboratorium voor Vaste Stof

Princetonplein 1

3584 CC Utrecht

Tel.: 030-531179

Bestuur:

Voorzitter	Th. Wubbels
Secretaris	P.A.J. Verhagen
Penningmeester	A.J.C.D. Holvast
Leden	A.A.M. Agterberg
	J.W. Lackamp
	N. Buis
	P.J. Wippoo

VOORWOORD

Kan dat verslag niet wat eerder verschijnen? Dat was een van de opmerkingen van de evaluatie van de conferentie. Dat kan. Maar, zoals alles in het leven heeft ook dat zijn prijs. Het verslag is eerder klaar, maar het ziet er minder verzorgd uit dan u gewend bent. Ondanks het verlies streven we er voortaan naar het verslag zo rond pasen te laten verschijnen.

De nieuwe opzet van de evaluatie heeft veel informatie opgeleverd. Waarom bezoeken de leden eigenlijk de conferentie?

Het belangrijkste motief blijkt het opdoen van nieuwe ideeën te zijn. Op de tweede plaats eindigen ex aequo het thema, de sociale contacten en het op de hoogte blijven. De andere in de evaluatie genoemde motieven spelen geen rol van belang. Nu was men gelukkig over het thema goed te spreken en vond men de meeste lezingen concreet genoeg om er bruikbare ideeën aan te kunnen ontleenen. Een uitschieter in dit opzicht was wel de lezing van Louis Mathot. De conferentie als geheel wordt door de meeste deelnemers positief gewaardeerd, al mag een forum aan het slot zich niet in een grote populariteit verheugen.

Knelpunten zijn er natuurlijk ook. Eén daarvan is deze conferentie opgelost. Men was zeer te spreken over de nieuwe intekenprocedure voor de werkgroepen. Een ander punt sprong sterk naar voren. De deelnemers wensen meer mogelijkheden om werkgroepen te kunnen bezoeken. Het bestuur van de werkgroep zal dit jaar opnieuw onderzoeken of er mogelijkheden zijn om het aantal keuzemomenten voor de deelnemers te vergroten.

Tot slot en 'last but not least' dank ik allen hartelijk die meegewerkt hebben aan het tot stand komen van deze conferentie.

Namens de werkgroep Natuurkunde-Didactiek

Paul Verhagen

INHOUD

Voorwoord	1
Inhoud	3
Programma	4

deel 1: lezingen

"Beter(e) natuurkunde leren. Over contexten in het natuurkunde-onderwijs"	Drs. H.F. Aalst	7
"Welke leerling is blij met de context?"	F.J. Seller	21
"Het zout in de pap"	Drs. L. Mathot	27
"Wen(s)dromen en werkelijkheid"	Drs. A. Snater	35
"Touwtrekken tussen leefwereld en vakstructuur"	Drs. A.E. van der Valk	45
"Context in natuurkunde-examens: slaapmiddel of boze droom?"	Ir. J. Kortland	67

deel 2: werkgroepen

1. Natuurkunde in de huishouding: <i>C.J. Horn.</i>	91
2. Denkbeelden over straling n.a.v. Tsjernobyl: <i>H.M.C. Eijkelhof.</i>	95
3. Zelfstandige experimentele opdracht op HAVO en VWO: <i>J.W. Lackamp, R. v. Haren en A. Pollman.</i>	96
4. Workshop Natuuronderwijs voor 1 ^e fase VO: <i>F.L. Gravenberch.</i>	104
5. Context in examenopgaven: functioneel of franje?: <i>S. Bakker en H. Joosten.</i>	115
6. Fietsend door de mechanica: <i>D. van Genderen.</i>	119
7. Individuele verschillen tussen leerlingen en het gebruik van contexten: <i>J. M. de Leeuw.</i>	124
8. Techniek: een boeiende context voor natuurkunde-lessen: <i>M. de Vries.</i>	128
9. Het HEWET-project: wat kan natuurkunde leren van wiskunde-A?: <i>H. Verhage.</i>	132
10. Natuurkunde voor meisjes apart?: <i>C. Drukker en I. Mottier.</i>	136
11. Spanning en stroom het kan wel, maar toch.....: <i>P. Licht.</i>	137
12. Het I.T.N.-project: meten met de computer: <i>A.L. Ellermeijer, R. Heijler en C. van Bart.</i>	140
13. Het I.T.N.-project: micro-elektronika en informatica in het natuurkunde-onderwijs: <i>A.L. Ellermeijer, P. Hogenbirk en C.H.T. Mulder.</i>	142
14. Het P.B.N.: het thema Verkeer en het blok Bewegingen: <i>J.A. Dekker, W. Kraakman en W. Wennink.</i>	144
15. Even WENnen met DBK - bovenbouw: <i>P. van Wijlick, H. van Riet en R. Knoppert.</i>	146
16. "De milieuproblematiek als context voor natuurkundeonderwijs": <i>F. v.d. Loo en M. Pieters.</i>	149
17. Hoe kun je natuurkunde aantrekkelijker maken voor meisjes?: <i>A.G.D. Jörg.</i>	156
18. Topics in optics: <i>M. van Woerkom.</i>	158
19. Elektronica in de bovenbouw HAVO/VWO: <i>J.C.J. Masschelein.</i>	171
20. Moderne natuurkunde en het WEN-rapport: <i>J. Brouwers, E. Payens en H. Poorthuis.</i>	177

deel 3: forum

Forum	181
-------	-----

deel 4: allerlei

Foto's	187
Deelnemerslijst	189



VRIJDAG 12 december 1986

- 13.30 - 14.40 Onvangst deelnemers
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, Mevr. Drs. J.E. Frederik (lerarenopleiding Zuid-West Nederland te Delft).
15.00 - 15.50 Lezing: *Beter(e) natuurkunde leren. Over contexten in het natuurkunde-onderwijs* door Drs. H.F. van Aalst (voorzitter Adviesgroep Projecten Voortgezet Onderwijs - 2).

Thee/binnenkomst laatkomers

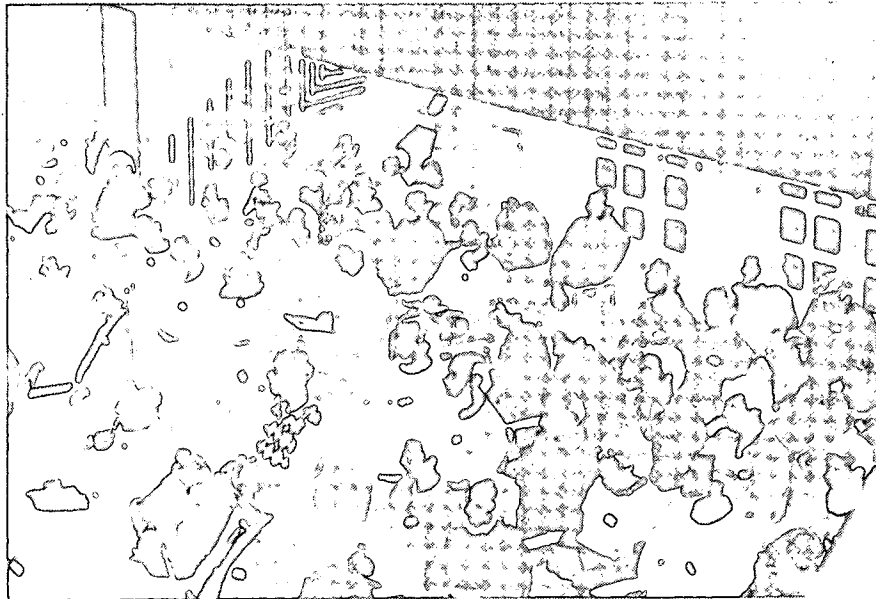
- 16.20 - 16.45 Lezing: *Welke leerling is blij met de context?* Door F.J. Seller (docent Niels Stensen College).
16.45 - 17.10 Lezing: *Het zout in de pap* door Drs. L. Mathot (docent het Waterlant College).
17.10 - 17.20 Informatie over markt en werkgroepen
17.20 - 19.15 Aperatief/Diner
19.30 - 21.00 Werkgroepen
vanaf 20.45 Markt
vanaf 21.15 Bar open

ZATERDAG 13 december 1986

- 8.00 - 9.00 Ontbijt
9.00 - 9.50 Lezing: *Wen(s)dromen en werkelijkheid* door Drs. A. Snater (Voorzitter van de W.E.N.).
9.50 - 10.40 Lezing: *Touwtrekken tussen leefwereld en vakstructuur* door Drs. A.E. van der Valk (R.U. te Utrecht).
koffie
11.05 - 12.30 Werkgroepen
lunch
13.45 - 14.35 Lezing: *Context in natuurkunde-examens: slaapmiddel of boze droom?* door Ir. J. Kortland (R.U. te Utrecht).
thee
15.05 - 15.50 Forum met: Drs. H.F. van Aalst, H. van Bergen, C. Drukker, H.C. Kramer, Ir. J.C.J. Masschelein
15.50 - 16.00 Sluiting
16.15 uur Vertrek bus naar station Leiden



deel 1: lezingen



Beter(e) natuurkunde leren. Over contexten in het natuurkunde-onderwijs

Hans van Aalst

Als U twee wensen mocht doen m.b.t. een verandering of vernieuwing van het examenprogramma, welke zou U dan noemen? (even tijd om te denken.....).

Neem aan dat ik Uw antwoorden zou tellen, zou dan de wens om contexten in het examenprogramma op te nemen, tot de top-vijf behoren? Ik denk het niet! Toch is de introductie van contexten één van de opvallende kenmerken van de voorstellen van de WEN (1). Aannemende dat de WEN daar toch goede redenen voor had, leg ik U nog een tweede vraag voor:

Welk van de hieronder genoemde alternatieven geldt voor U?

"Het opnemen van contexten in het examenprogramma is:

- a) zéér gewenst
- b) beslist ongewenst
- c) misschien gewenst, misschien ongewenst, ik weet dat (nog) niet
- d) niet zo belangrijk, het doet er niet zoveel toe."

Het antwoord a) zal wel laag scoren (zie vorige vraag).

Mijn vermoeden is dat de meesten van U c) scoren (een vermoeden dat tijdens de lezing, door een peiling bij hand-op-steken werd bevestigd).

Zie ik het goed, dan is de situatie waar ik nu voor sta de volgende: De WEN gooit - door het opnemen van contexten in het examenprogramma - een onverwachte bak voer in het hoenderhok. Voor U als leraren is - om in de beeldspraak te blijven - echter nog onduidelijk of het voer te pikken is en zo ja, of U er dan buikpijn van krijgt of dat het naar meer gaat smaken.

Ja, wat betekent dat eigenlijk: contexten in het examen-programma, en waarom moet dat zonnodig?

I Contexten in het concept WEN-programma.

Het ligt voor de hand eerst te kijken wat het WEN-programma zelf zegt over contexten en hoe die erin worden gebruikt.

Een context is volgens de WEN: "een situatie - die leerlingen herkennen en hen aanspreekt - waarin natuurkundige theorie wordt geleerd en toegepast".

De Wen gebruikt contexten dan in de examen-programma-beschrijving, door naast een "theorie"-kolom nog 2 andere kolommen op te nemen: schoolse en buitenschoolse contexten.

Schoolse contexten zijn:

"o.a. apparatuur, proeven, diagrammen, die in de classesituaties een rol spelen bij de theorie, (en) die de leerling in ieder geval moet kennen" (de toevoeging (en) is van mij, omdat de zin anders voor tweeërlei uitleg vatbaar is).

Buitenschoolse contexten zijn:

"praktijksituaties waarin de theorie gekend moet worden".

Aldus de beschrijving op blz. 12.

Deze laatste beschrijvingen klinken vertrouwd. Ze horen ook in een examenprogramma. Dat is immers precies bedoeld om aan te geven welke kennis bij leerlingen bekend verondersteld wordt als ze examenvragen moeten maken. Het kan nooit kwaad om dat zo goed mogelijk te weten. Op verduidelijking van wat leerlingen wel en niet moeten weten op het examen is al vaak aangedrongen. Als contexten die functie hebben zal dat voor velen meer dan acceptabel zijn.

Vragen en twijfels

Ga je - nieuwsgierig geworden - kijken wat er in het programma staat onder de kolommen "context-begrippen" dan rijzen toch vragen en twijfels.

(Overigens: waar komt toch dat nare woord "context-begrippen" vandaan, kolom 1 heet toch ook niet "theorie-begrippen"?)

Die vragen en twijfels zijn, denk ik in 2 rubrieken onder te brengen:

- a) Is er een betekenisvol onderscheid tussen wat er in de context-kolommen staat en wat in de kolommen theorie resp. toelichting staat?
- b) Hoe zijn de elementen in de context-kolom eigenlijk gekozen? Ligt daar een systematiek onder die voor natuurkunde-onderwijs van belang is?

Context, theorie en toelichting, wat is het verschil?

Laat ik eerst de 1^e vraag bespreken: Is er wat in de context-kolommen staat inderdaad context, of is het eigenlijk extra leerstof, of toelichting. Ik bespreek enkele voorbeelden om de vraagstelling te verduidelijken:

Neem het voorbeeld van stroommeters en spanningmeters (rubriek 4.3.5, nr. 18).

Volg ik de algemene definitie van context, zoals de WEN die geeft, dan staat daar dus dat de stroommeter en de spanningsmeter moeten worden aangeleerd en toegepast bij weerstandsmeting. Maar wat betekent het feit dat beide meters in de kolom "theorie" zijn geplaatst? Moet de theorie van een stroommeter gekend worden? Ik denk het niet. Ik vermoed dat de bedoeling is dat het gebruik van beide meters in eenvoudige meetsituaties, zoals in ieder geval weerstandsmeting, gekend moet worden. Maar waarom dat dan niet opgeschreven in de kolom toelichting?

Volg ik de andere uitleg, de definitie van "schoolse context-begrip", dan moet ik begrijpen dat weerstandsmeting met behulp van spanning- en stroom-

meter gekend moet worden. Ik zou dan als volgt kunnen redeneren:

"Het begrip "weerstandsmeting" moet worden gekend en wel in ieder geval in één wel bepaalde situatie: de opstelling met een stroom- en spanningmeter". Maar dat zou er voor pleiten het begrip weerstandsmeting in de theoriekolom te plaatsen en de meters in de bedoelde opstelling op te nemen in de context-kolom.

Zoiets is bijvoorbeeld gedaan bij "detectie van radio-actieve straling" (4.3.8, nr. 06).

Maar in de toelichting staat dat het gaat om de kwalitatieve verklaring van de werking van bepaalde detectie-apparatuur, die in de context-kolommen wordt genoemd. Als het kennelijk gaat om het kennen van de werking van die apparaten zouden die dan juist niet onder de kolom theorie moeten worden geschaard? En zou dan niet - naar analogie van de stroom/spanningsmeters - in de context-kolom een bepaalde gebruikssituatie moeten zijn beschreven (bv. bepaling van absorptie van straling in diverse materialen)?

Zo blijf je met vragen en onduidelijkheden zitten. Ik wil er nu niet meer noemen, maar ze zijn bij bosjes te vinden. Eén wil ik U, bij wijze van uitsmijter, niet onthouden:

Hoe moet "kleuren zien" (4.3.9, nr.06) worden aangeleerd en toegepast in een situatie van kleurenblindheid?.....

Al met al: als je wilt weten wat contextbegrippen nu eigenlijk zijn, is hetgeen onder contextbegrippen staat in de WEN-lijst weinig verhelderend.

Soms gaat het om een uitbreiding van de theorie, soms om een inperking;

Soms om een voorwerp, soms om een werkwoord;

Soms om een voorbeeld, soms om een gebruikswijze.

Het onderscheid tussen de kolommen theorie-context-toelichting is verre van eenduidig.

De verbinding tussen regels-schoolcontext-praktijkcontext

De WEN is opvallend afgeweken van de formulering die - denk ik - ten grondslag heeft gelegen aan het WEN-denken over contexten. Deze is gegeven door Dik van Genderen, eerst in het vakdidactische tijdschrift TDB (2), later ook in het NVON-maandblad (3).

Dik van Genderen legt de nadruk op het verbinden van geleerde natuurkundige regels met contexten waarin die regels functioneren, bijvoorbeeld verschijnselen in de natuur, processen in de techniek, methoden in wetenschappelijk onderzoek. Dat noemt hij praktijkcontexten. Omdat zulke praktijkcontexten vaak te complex zijn voor rechtstreekse bestudering construeren we in het onderwijs eenvoudiger contexten: de schoolcontexten. Schoolcontexten zijn er altijd geweest (proeven, opgaven etc.), maar de eis die Dik van Genderen stelt is dat ze een verbinding hebben met praktijkcontexten. Dat betekent dat de praktijksituatie nog herkenbaar moet zijn als ze tot schoolsituatie wordt gereduceerd en dat de overgang van de schoolcontext naar praktijkcontext niet te moeilijk mag zijn. Later in deze lezing zal ik toelichten dat die overgang niet vanzelf ontstaat, maar geleerd moet worden. Volgens Dik, is een belangrijke consequentie dat in examens allerlei soorten opgaven die niet duidelijk bijdragen aan de verbinding tussen fysische regels en praktijkcontexten worden uitgesloten. Hij schrijft dat via examenopgaven en

daardoor oefenopgaven in boeken, schoolcontexten een eigen leven gaan leiden, dat ze van middel tot doel worden. Hij stelt dan het centrale probleem voor de discussie over examenprogramma's: "het gaat er niet om of natuurkunde onderwijs contextgebonden moet zijn, (in de praktijk is elk onderwerp dat een leerling moet kennen wel aangekleed met een context)". De vraag is: hoe kunnen we via een examenprogramma een zinvolle keuze uit de vele mogelijke contexten bevorderen?

Daarmee is de tweede vraag die ik hierboven heb gesteld aan de orde. Die vraag was: ligt er onder de keuze van contexten een systematiek die voor natuurkunde onderwijs van belang is? Dik van Genderen beantwoordt die vraag voor schoolcontexten dus heel pertinent: hij ziet die uitsluitend als verbindingsschakel tussen praktijkcontexten en fysische regels. Hoe praktijkcontexten moeten worden gekozen duidt hij zeer globaal aan. Hij spreekt over situaties in natuur, techniek of onderzoek. Het criterium voor selectie van fysische regels is of een fysische regel in veel en in voor leerlingen belangrijke situaties voorkomt.

De WEN heeft als zulke praktijksituaties "in gedachten gehad" (p. 12): bewegingen in verkeer, verkeersveiligheid, geluid, waarnemen in de ruimte, (optische) gebruiksinstrumenten, verwarming en isolatie, warmtemotoren, elektrische voorzieningen thuis en elektrische machines. Maar de WEN wil deze contexten zelf niet tot het examenprogramma laten horen. Daarmee ondergraaft ze twee elementen van Dik van Genderen zijn systematiek: namelijk dat fysische regels in het examenprogramma worden geselecteerd op grond van hun belang voor praktijkcontexten en dat de schoolcontext altijd een herkenbare relatie naar de praktijkcontext heeft, zodat ze een middel zijn om te leren hoe fysische regels in praktijkcontexten functioneren.

De onduidelijkheid is nu volgens mij dat de WEN in woorden de systematiek van Dik van Genderen overneemt, maar die in de uitwerking niet volgt en er ook geen andere systematiek voor in de plaats stelt.

Het lijkt erop neer te komen dat de WEN het context-begrip heeft gebruikt om de leerstoflijst wat aan te vullen en te verduidelijken. Dat is opzichzelf een heel goede zaak. Maar daarmee is geheel uit het oog geraakt wat de betekenis en het belang is van wat de WEN zelf ziet als één van de grondslagen van haar voorstel: een verschuiving naar "meer natuurkundige kennis in context".

II Betekenis en belang van contexten

Daarmee ben ik dan aangeland bij de hoofdmoot van mijn inleiding: wat is dan de betekenis en het belang van natuurkundige kennis in context?

Laat ik met het belang ervan beginnen. Het begrip context is ontwikkeld met het doel om leerlingen zowel beter natuurkunde te laten leren als betere natuurkunde te leren. De redenen daarvoor zijn bekend: te veel leerlingen snappen niks van natuurkunde en als ze het denken te snappen, snappen ze het verkeerd.

Daarnaast is het tertiair onderwijs, niet zò erg tevreden over de vooropleiding. Die levert te weinig geïnteresseerden in de natuurkunde af, of te veel met een antipathie. Opleidingen die zijn gericht op de gebieden waar het vak het hardst groeit: randgebieden als fysische chemie, medische fysica, tech-

nologie etc. zeggen niet goed uit te voeren te kunnen met mensen die uitsluitend zeer algemene basis-kennis hebben geleerd, en nooit de thrill van het specialisme, het de diepte induiden, hebben geroken. (5)

De invoeging van contexten in het natuurkunde-onderwijs is dus geen doel op zich. De bedoeling ervan is dat leerlingen beter en betere natuurkunde leren.

Hoe en waarom dat dan werkt, wil ik nu met U bespreken. Ik doorloop daarbij, zoals zal blijken, het gamma van beter natuurkunde leren naar betere natuurkunde leren.

Beter natuurkunde leren

Al heel lang bestaat de overtuiging dat iemand beter leert als hij (a) weet waarmee hij bezig is, en als hij (b) de resultaten die hij bereikt, (zelf) kan controleren. Dat heet dan "Betekenisvol leren", en dit wordt meestal tegenover "uit het hoofd leren" gezet.

Iemand leert ook beter als hij gemotiveerd is. Motivatie gaat gepaard met de bereidheid aan een opdracht of taak tijd te besteden.

De mate waarin voor iemand een leertaak betekenisvol is (dus de mate waarin hij weet waarmee hij bezig is en de mate waarin hij zelf resultaten kan controleren) en de mate van de eraan besteden tijd, zijn van directe invloed op het leerresultaat dat hij bereikt.

Nu is één van de manieren om zowel betekenisvol leren als motivatie op te roepen, om voor leerlingen betekenisvolle "situaties" te kiezen en de leerstof daaraan te verbinden. Dat heet "aansluiting bij de leefwereld/belevingswereld". De situaties zou je "contexten" kunnen noemen.

Nu is dat "aansluiten" bij leef-/belevingswereld nog niet zo eenvoudig. Uit allerlei experimenten blijkt dat door leraren gekozen contexten voor een meerderheid van de leerlingen niet de functie vervullen die ervan wordt verwacht. Het gebruik van contexten leidt bij veel leerlingen niet tot beter leren. Bij sommige leerlingen treedt zelfs het omgekeerde op. Met name contexten die hen onbekend zijn, staan hen tegen en verstoren het begrip! Dekker e.a. rapporteren over een onderzoek naar het leren van grafieken in contexten de volgende uitspraak: (6)

'Jane: "Ik begreep er ook helemaal niets van. En dan stond er weer van: "Je moet de grafiek tekenen van een gasrekening." Ik wist niet eens wat gasrekening was.'"

De kritiek van Jane en andere leerlingen was overigens niet gericht tegen contexten als zodanig, maar tegen de keus ervan. Op contextloze bladzijden uit het lesmateriaal reageerden ze zéér negatief. "Dat heeft helemaal geen inhoud", was het commentaar.

Het probleem is dus - voor leraren, voor leerplanontwikkelaars - om contexten te vinden die voor leerlingen betekenis hebben of kunnen krijgen. Anders dan sommigen denken, lijkt de spreekwoordelijke leraarsintuïtie - informatie gebaseerd op direct contact met leerlingen - ons hier maar zeer gedeeltelijk te helpen. Direct persoonlijk contact met leerlingen is natuurlijk nodig, maar deze moet gesteund worden. Er zijn in de loop van de tijd drie (elkaar aanvullende) oplossingen uitgewerkt:

1. Kies de contexten op basis van onderzoek naar "aansprekende" contexten. Een recent voorbeeld is het onderzoek van Pieter Licht e.a. (VU) naar geschikte contexten voor het leren van begrippen uit de electriciteitsleer. (7)
2. Maak het mogelijk dat leerlingen zèlf kiezen uit weloverwogen set contexten. Dit blijkt een goed en effectief middel, maar vereist uitgedachte lesmateriaal. De variatie aan keuzetaken moet nl. aan bepaalde voorwaarden voldoen. (8) Verder moet het keuzeproces goed worden begeleid.
3. De derde oplossing is dat ervoor wordt gezorgd dat de context uitvoerig en grondig wordt verhelderd en verlevendigd, met goed uitgedachte leerlingactiviteiten, gesprekken tussen leerlingen onderling en duidelijke klassikale richtingswijzers.
Een context wordt daarbij niet langer gezien als een situatie uit de leefwereld die de leerling voldoende kent, maar als een situatie die zèlf nog dient te worden verhelderd. Met andere woorden: ook de context moet worden geleerd. Contexten worden leerstof.

In dit verband is het eerder aangehaalde onderzoek van Dekker c.s. illustratief: zij vonden dat contexten beter werkten (dus dat er beter werd geleerd) naarmate:

- leerlingen beter en vaker samenwerken
- de docent relatief vaak klassikale inleidingen en nabeschouwingen houdt.

In het PLON hebben ervaringen met thematisch lesmateriaal in de proefscholen, ertoe geleid dat in elk thema een zogenaamde oriëntatie werd opgenomen. Daarin wordt het thema zèlf uitvoerig behandeld, in de vorm van leerlingactiviteiten én klassikale instructie, alvorens de fysische leerstof in verband met het thema wordt geïntroduceerd. Deze oriëntatie bleek zeer belangrijk.

Instapsituaties

Tot nu toe heb ik vooral gesproken over wat wel heet het "instap-aspect" van contexten. Daarmee wordt bedoeld dat je begint met een bekende situatie (bijv. de voetbalwedstrijd van gisteren) en dan geleidelijk het accent verlegt naar de fysische leerstof (bijv. impuls-overdracht).

De voetbalwedstrijd noemen we een instap-situatie. Zo'n instapsituatie dient om leerlingen te motiveren en nieuwe leerstof aan te haken bij iets bekends.

Het is niet eenvoudig zulke instapproblemen goed te kiezen. Het arsenaal is natuurlijk beperkt, want het moeten wél situaties zijn waarin de natuurkunde die we willen behandelen, ook werkelijk voorkomt; je kunt de wet van Ohm nu eenmaal moeilijk behandelen aan de hand van een voetbalmatch. Instapsituaties hoeven niet speciaal aan de leefwereld te worden ontleend, je kunt ze zelf "maken". Een goede demonstratieproef, een spannende story, zijn in feite "gemaakte" instapsituaties. De inleiding van Louis Malthot in dit congres gaat daarover.

We hebben hiervóór gezien dat niet alle instapsituaties geschikt zijn om "beter leren" (dus betekenisvol en gemotiveerd) te bevorderen. Integendeel: ze kunnen leren zelfs verstoren.

De belangrijkste voorwaarde voor succes is eigenlijk dat een leerling de

instapsituatie goed moet kennen.

Om dat te bereiken, wordt onderzoek gedaan naar zulke situaties, worden leerlingen in de gelegenheid gesteld om zelf situaties te kiezen en worden de situaties zélf aangeleerd.

Leerwinst

Ik kom nu op een ander belangrijk aspect van contexten.

Het gebruik van instapsituaties blijkt namelijk ook om heel andere redenen dan ik hiervoor besprak, niet altijd te leiden tot beter leren.

Ronny Wierstra heeft in het kader van het PLON-project jaren onderzoek gedaan om te achterhalen waardoor betrokkenheid van leerlingen bij het leren wordt bepaald.

Hij maakt mijns inziens zeer aannemelijk dat betrokkenheid niet alleen - en zelfs misschien maar in beperkte mate - een zaak is van motiverende instapsituaties. Heel belangrijk is - en misschien gaat het daar zelfs wel om - wat de resultaten zijn, welk soort leerwinst wordt bereikt. (9)

Kort samengevat is zijn betoog dat leerlingen zich bij lessen betrokken voelen als de leerwinst door hen zelf wordt ervaren in termen van relaties tussen praktijksituaties en natuurkunde. En wel relaties in twee richtingen: Natuurkunde-kennis die in verband is gebracht met situaties en situaties die in verband zijn gebracht met natuurkunde.

Vraag je leerlingen bijv. de maximale kracht die botten van het menselijk lichaam kunnen doorstaan zonder te breken, dat daarom de kracht op het lichaam beperkt gehouden moet worden, dat een kracht optreedt bij het in korte tijd remmen van een auto, dat je die kracht kunt benaderen met behulp van de formule $F \cdot \Delta t = \Delta m \cdot v$, etc. Het begrip kracht ligt dus ingebed in een hele redenering rond een praktijksituatie.

Omgekeerd als je iets vraagt over het gebruik van een bromfietshelm, dan volgt niet een zin als: "om je hoofd te beschermen", maar één waarin natuurkunde correct wordt gebruikt, bijvoorbeeld als je valt verlengt de helm de remweg van je hoofd en volgens de regel $F \cdot s = \Delta \frac{1}{2} m \cdot v^2$ zal daardoor de kracht op je hoofd kleiner zijn dan bij een rechtstreekse klap.

Het PLON-onderzoek heeft nu laten zien dat leerlingen geen instapproblemen willen, als daar niet wat mee gedaan wordt. Als er niet iets aan wordt toegevoegd.

Wat is dat "iets" dan? Dat "iets" bestaat uit twee delen:

1. de situatie leren zien met een fysische bril
2. die fysische kijk ook in je kennis en beleving van die situatie integreren.

Laat ik het voorbeeld noemen van een fietser. Daar wordt veelal weinig fysica mee in verband gebracht door leerlingen: "Die beweging van die karretjes op die luchtbaan is toch iets héél anders dan als ik fiets?" is een herkenbare uitspraak. Hoe kan je die relatie acceptabel leggen?

Stel je kiest als instapsituatie een reële beweging van een fietser. Je kunt dan een beschrijving maken van bijv. plaats, snelheid en tijd in termen van wanneer hij waar was en hoe hard hij toen ging etc., bijvoorbeeld in de vorm van een diagram. De fysische bril is dan om de beweging te analyseren, bijvoorbeeld door een benadering met een lineaire functie of een kwadratische.

We behandelen dan trouw de eenparige en eenparig versnelde beweging als prototypes daarvan. Nu is het punt dat veel lessen op dát punt blijven steken. Voor leerlingen lijkt het dan net of het dáárom ging: de eenparige

en eenparig versnelde beweging, en eventueel de daaraan gekoppelde, wat kunstmatig aandoende, proeven om zulke bewegingen te realiseren.

Wat nu voor leerlingen belangrijk blijkt te zijn, is dat de relatie terug naar de fietser wordt gelegd: dat kan bijv. door te laten zien dat door een lineaire/kwadratische benadering een snelle manier is verkregen om een globale schatting te maken van plaatsen, tijden, snelheden etc., een schatting die natuurlijk niet de werkelijkheid dekt. Om een fietsbeweging echt zuiver te analyseren, zijn ingewikkelder methoden nodig (die dan ook moeten worden uitgelegd!). Het aardige is juist, dat je relatief eenvoudig tot goede schattingen maken van de maximale versnelling die je kunt realiseren. Van de snelheid die je kunt bereiken als je een helling afsuist. Nodig is dan om ook te laten zien dat die schattingen redelijk goed zijn.

De leerling heeft dan als het ware meer greep gekregen op de situatie fietsen. Wat hij er nu meer van weet, is zoiets als: als ik wil, kan ik een redelijke eerste-orde-schatting maken van snelheid, plaats, etc. Wil ik het preciezer weten, dan moet ik andere - meer numerieke - analysemethodes gebruiken. Dit vertrouwen in de werkelijkheid, weten dat je er grip op hebt, al is het maar in eerste orde, is wat voor leerlingen belangrijk is. Natuurkunde die blijft steken in eenparige bewegingen, werkt vervreemdend, zelfs als de behandeling ervan wordt begonnen door het over fietsers te hebben.

Uit dit voorbeeld wordt ook duidelijk dat het leggen van relaties tussen de fysische beschrijving en de werkelijkheid ook daadwerkelijk geleerd moet worden.

Het is niet een kwestie van even noemen. Op dit punt ga ik later nog wat dieper in.

De drempel van de "fysische bril"

Eerst moet ik nog stilstaan bij de betekenis van "het leren zien van een situatie door een fysische bril". Wij beschouwen dat ook als een vanzelfsprekende stap. Maar voor leerlingen ligt hier juist een enorme drempel.

Hans Freudenthal vertelt een aangrijpend verhaal over hoe dit inzicht bij hem doordrong. Hij vertelt over twee tweede klassen van elk 25 leerlingen: een VWO- en een LBO-klas.

De les ging over de vraag: "Hoeveel kinderen heeft het gemiddelde Nederlandse gezin?", en dit leidde tot vraagstukken van steekproeftrekking.

Aan het eind van de lessenserie werden enkele vragen voorgelegd, bijv.: om te onderzoeken hoe vaak een Nederlandse student gemiddeld naar de bioscoop gaat, belde een onderzoeker drie studenten op in de universiteitssteden en vroeg hen hoeveel films ze gemiddeld in een week bekeken. Goed? Fout? Verklaar!

In de VWO-klas waren de antwoorden van alle leerlingen bevredigend. In de LBO-klas slechts van drie. Tweeëntwintig leerlingen gaven "verkeerde" antwoorden.

Ik geef hier een enkel voorbeeld:

- fout, want er draait gemiddeld maar één film per week
- fout, want zij kunnen elke dag meer keren naar de film gaan, en dat vind ik verkeerd, want het zijn toch studenten
- etc.

Freudentahl schrijft dan (mijn vertaling uit het Engels):

"Het resultaat is een toonbeeld van catastrofaal falen om de context van het probleem te vatten, ik bedoel de context die natuurlijk werd bedoeld: de

wiskundige context.

De tweeëntwintig leerlingen die faalden, zagen wel een context: de sociale. Maar ze konden zich er niet van bevrijden, ze konden de vereiste verandering van gezichtshoek niet volbrengen.

Was dit zo stom? Hoe langer ik erover nadenk, hoe meer ik geneigd ben de vraag negatief te beantwoorden en de tegenvraag te stellen: welke schroef was los bij de leerlingen van de VWO-groep en de drie meisjes uit de LBO-groep die het goed deden, dat ze de kromme wensen van de wiskundige gehoorzaamden, gehoorzaam de sociale context lieten liggen en er geen problemen mee hadden om de mathematische context te accepteren?"

Freudenthal geeft dan aan dat hij ook geen antwoord weet op de vraag, maar dat voor hem wel veel begrijpelijker was geworden waarom zoveel leerlingen het vak wiskunde tot in alle eeuwigheid zouden blijven beschouwen als een gesloten boek. (10)

Context binnenstebuiten gekeerd

Freudenthal gebruikt de term context hier in een binnenstebuiten gekeerde vorm: de wiskunde als context voor problemen in de werkelijkheid.

Dat lijkt verwarrend. Maar het sluit goed aan bij de tweezijdigheid van de relatie natuurkunde-leefsituatie, waarover ik hiervoor sprak. De dubbele, verstrengelde relatie tussen situatie en natuurkunde maakt het inderdaad mogelijk dat we kunnen spreken over de situatie als context voor natuurkundige structuur als context voor een situatie.

Waar het Freudenthal om gaat, is dat leerlingen het mathematische aspect van een werkelijk probleem leren zien, en wel zó dat het probleem ook opgelost wordt.

Dat vereist grondige kennis van het probleem, maar ook van methoden en structuren om het probleem tot een wiskundig probleem te maken.

In het wiskunde-onderwijs wordt dat, zoals U weet, aangeduid met het concept "mathematiseren". Dat idee is geleidelijk uitgegroeid tot een centrale doelstelling van het wiskunde-onderwijs.

Over "toepassen" en wendbaarheid

Als we spreken over een context als een situatie waarin natuurkundig begrip wordt "toegepast", doen we onrecht aan die tweezijdige relatie. Fysische begrippen bestaan niet los van contexten. Het zijn juist abstracties van hun contextgebonden verschijningsvormen. De een bestaat niet zonder de andere.

Natuurkundige kennis bestaat als het ware niet los van situaties, maar is erdoor gekleurd. Op grote schaal zien we dat in specialismen, waar begrippen ook een door dat specialisme gekleurde betekenis hebben. Daarom is "een atoom" iets anders in bijv. de organische chemie dan in de vaste-stof-fysica. Het fysisch vat hebben op een situatie betekent dus zowel dat de situatie moet worden "gekneed" tot hij past op een fysische abstractie, als dat de fysica moet worden gekneed tot hij past op de situatie.

Kennis is wel in abstracties op te schrijven, maar in ons hoofd zit het altijd gebonden aan contexten. Gebruik van die kennis verloopt goed als nieuwe situaties verwantschap hebben met de situaties waaraan de kennis is verbonden, maar is veel moeilijker wanneer die situaties sterk verschillend

zijn. En natuurlijk is het dan moeilijker, omdat daarvoor als het ware het situatie-aspect van de kennis sterk moet worden aangepast.

Om deze reden lukt toepassing van geleerde abstracties op reële situaties ook zo slecht. Je kunt, als je iets abstracts hebt geleerd (uit een studieboek) eigenlijk alléén problemen aan die in die context zijn ingebed: opgaven op papier. Het is daarom ook niet juist om te denken dat abstracte kennis wendbaarder zou zijn dan kennis die is gebonden aan reële situaties, dat abstracte kennis altijd op alle situaties toegepast zou kunnen worden. Dat hangt er sterk vanaf hoe die abstracte kennis is verworven.

Als het uitsluitend is verworven via de formulering, is wendbaarheid ver te zoeken. Als het een abstractie is, in de werkelijke betekenis: de abstractie van een verzameling meer specifieke begrippen, dan is het inderdaad wendbaar, althans naar het type situaties waaraan de specifieke begrippen waren gebonden.

Het is zeer wel mogelijk dat kennis die ingebed ligt in goed gekozen contexten, aanzienlijk wendbaarder is dan kennis die abstract is opgeslagen.

Leervorm

Het goede gebruik van contexten om "beter te leren" is niet alleen een zaak van leerstof die opschuift van schoolcontext naar leefwereldcontext. Tegelijk moet de leervorm opschuiven Ronny Wierstra gebruikt het volgende beeld: (9)

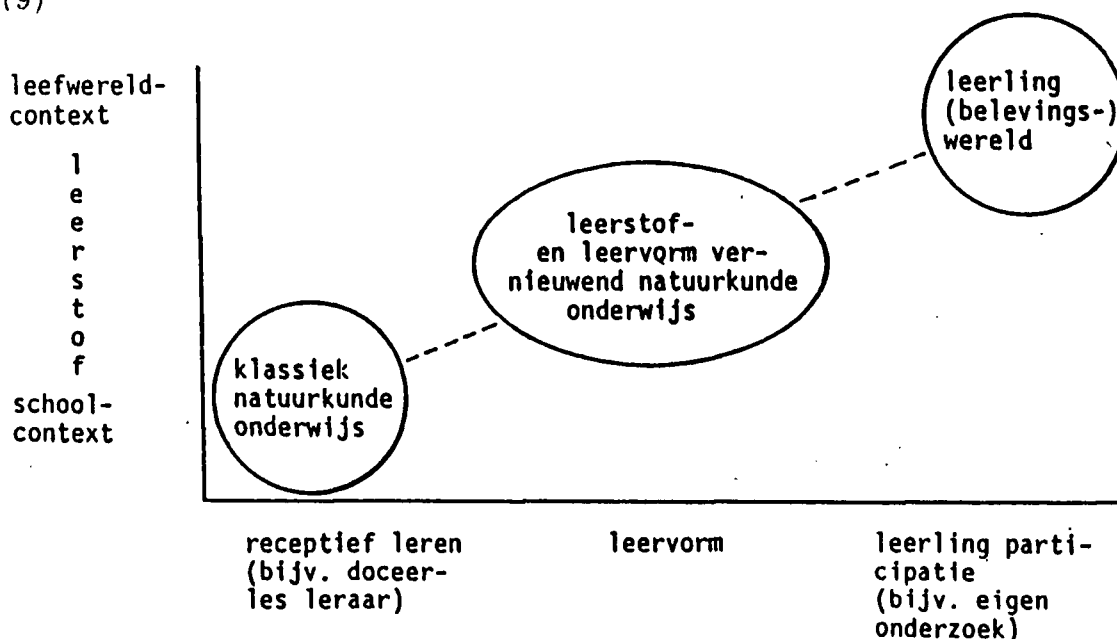


Fig. 1: Afstand onderwijs - leerling, voorgesteld door twee afstandsdimensies.

De stelling is, dat een verschuiving van schoolcontext naar leefwereldcontext, samen moet gaan met een verschuiving van receptief leren naar participatief leren. Daarmee wordt bedoeld dat de leerling actieve leertaken uitvoert en zelf invloed heeft op de keuze eruit en de volgorde ervan.

Een deel van de redenering achter de stelling in het plaatje, is dat begrippen in de leefwereld voor een groot deel op basis van ervaring zijn ontstaan en dat, als je ze wilt herzien - bijv. meer in fysisch perspectief zetten - het belangrijk is ze ook te herzien op basis van ervaringen en niet alleen

verbaal. Anders gezegd: het "contact" tussen wat je weet en wat je nieuw leert, kan alleen vruchtbaar gelegd worden als de leervorm analoog is. Doe je dat niet, dan worden nieuw geleerde begrippen niet of slechts incidenteel verknoopt met de bestaande kennis. De natuurkunde die uit het boek geleerd wordt blijft dan los staan van wat de leerling in de praktijk leert.

Betere natuurkunde

Langzamerhand ben ik in mijn betoog een heel eind opgeschoven van "beter natuurkunde leren" naar "het leren van betere natuurkunde".

Ik ben immers begonnen met instapsituaties te bespreken als aspect van contexten, maar geleidelijk heb ik geprobeerd aan te tonen dat juist ook uitstapsituaties van belang zijn. Voor de leerling moet zo'n uitstapsituatie een verbetering zijn van de instapsituatie, en omdat we over natuurkunde-onderwijs spreken, zit die verbetering in de verrijking van de situatie met fysische kennis. Ik heb erop gewezen dat daarmee de fysische kennis ook zélf is gekleurd door die situatie. De situatie is tegelijk context van de natuurkundige kennis zoals de natuurkundige kennis context is van de situatie. Nou bestaat dit principe al enige tijd en er is ook vorm aan gegeven in lesmateriaal. Er wordt dan meestal gesproken over "leercirkels". Die werken als volgt:

1. exploratie: onderzoek een situatie met actieve leervormen, zodat je hem kennen (instapsituatie)
2. informatie: het leren van bepaalde, specifiek fysische, begrippen
3. verwerking: gebruik de geleerde, fysische informatie bij verdere exploratie van de situatie (verdiep zowel de fysische kennis als de situatiekennis, in onderling verband)
4. oefening: doe hetzelfde voor één of twee verwante situaties.

Kenmerk van de leercirkel-benadering is dus dat je in een concrete situatie begint en er ook weer eindigt. Een aspect van die uitstapsituatie is dat je hem met een fysische bril kunt bekijken, maar niet vervangen door een fysische beschrijving. In mijn eerdere voorbeeld is de beweging van een fietser te benaderen, soms heel ruw, soms meer precies, door eenparige en eenparig versnelde bewegingen. Maar hij is er niet mee gelijk te stellen.

Nu is een veel gehoorde kritiek op de leercirkel, dat ze leidt tot de beperkte kennis, nl. gebonden aan de gekozen leercontext.

Ik heb al gezegd dat deze kritiek juist kan zijn, als de contexten die gekozen zijn, onvoldoende representatief zijn voor de situaties waarvan men eist dat een leerling ze zou moeten aankunnen. Ik heb ook duidelijk proberen te maken dat de oplossing van dit probleem niet is de leerstof dan maar contextvrij aan te leren. Dan immers wordt de bruikbaarheid voor reële situaties sterk gereduceerd, doordat een leercontext (meestal receptief leren uit een boek) helemaal geen verwantschap meer heeft met de situatie waar men wil dat de kennis wordt gebruikt.

Welke oplossingen worden dan wél aangedragen? Er zijn er twee:

1. De leercirkel wordt uitgebreid met "uitwerplussen". De leerling moet dan meerdere verschillende typen situaties op dezelfde manier doorwerken. De situaties worden zo gekozen, dat ze het gewenste "veld" waarin de fysische kennis gebruikt zou moeten worden, representeren. Deze methode is zéér succesvol, maar kost begrijpelijkwijls veel tijd.

2. Net zo als men moet selecteren in de fysische leerstof, is men ook gaan selecteren in de types contexten. Alles is leuk en nuttig, maar niet alles kan. Dit leidt tot de tweede wijze van benadering: Contexten zeer zorgvuldig bepalen op noodzaak en ze verdelen over leerstofonderdelen, zodanig dat elk type context enkele malen voorkomt en met name daar waar de koppeling met fysische begrippen sterk is.

Ik wil hier niet ingaan op de wijze van bepaling van contexttypen en de overwegingen daarachter.

Laat ik enkele resultaten geven:

Meestal komt men tot het resultaat dat contexten representatief moeten zijn voor een zevental aandachtsgebieden. Soms worden deze gerubriceerd naar twee hoofddoelen van algemeen voortgezet onderwijs, die overigens niet disjunct zijn: algemene vorming en voorbereiding op tertiair onderwijs. In onderstaand scheme heb ik de 7 aandachtsgebieden kort aangeduid:

- functionele algemene vorming:
 1. natuurkunde in de maatschappij (milieu, energie, defensie, voedsel, gezondheid, grondstoffen, etc.)
 2. natuurkunde als cultuurgoed
 3. natuurkunde in de omgeving
 4. natuurkunde in de levende natuur
- functionele voorbereiding op studie en beroep:
 5. natuurkunde als vakwetenschap: werk en resultaten van onderzoekers
 6. natuurkunde en technologie (industrie)
 7. natuurkunde en andere beroepen (gezondheidszorg, wetgeving, onderwijs.....)

Deze rubrieken zijn nog erg algemeen. Meer toegespitst zijn bijv. de aandachtsgebieden die te vinden zijn in het Experimentele ExamenProgramma VWO, zoals dat door het VWO-bovenbouw-project is terug voorgesteld. (11)

In dit programma worden de contexten ontleend aan:

- het menselijk lichaam
- technologie, effecten
- energievoorziening en -gebruik
- mechanisatie en automatisering
- informatie-overdracht
- verkennen van de aarde en de ruimte
- de ontwikkeling van de fysica.

Ten slotte

Dames en heren,

Ik kom tot een afsluiting. Ik ben begonnen met de stelling dat het noodzakelijk is dat er beter natuurkunde wordt geleerd. Eén van de middelen daarvoor is het gebruik van contexten. Wil dat het bedoelde effect hebben, dan komt daarbij het een en ander kijken.

Ik heb geprobeerd U te laten zien dat het daarbij niet alleen gaat om het goed kiezen van instapsituaties. Om allerlei redenen is juist de keuze van goede uitstapsituaties van belang. Een belangrijk criterium daarbij is of het "vertalen" van de situatie naar een fysische situatie en het omgekeerde, een voorbeeldwerking kan hebben voor andere situaties die men van belang

vindt.

Ik heb U enkele resultaten gegeven van onderzoek dat wordt gedaan om tot zulke "belangrijke" situaties te komen. Verder heb ik aangegeven dat het gebruik van contexten bepaalde - participatief gerichte - werkvormen vereist.

Ik wil ten slotte zelf de vragen beantwoorden die ik U in het begin heb gesteld. Mijn eerste wens zou zeker zijn om contexten in het examenprogramma op te nemen (de tweede om in het HAVO-programma te schrappen en vooral dáár contexten met grote zorg te kiezen). Verder acht ik het niet alleen zéér gewenst dat het gebeurt, maar vooral broodnodig. Ik realiseer me de moeilijkheden, zie zelfs ook nadelen, maar als we in de wat verdere toekomst willen dat natuurkunde een door leerlingen en tertiaire opleidingen gewaardeerd vak blijft (of wordt), dan moeten we deze kant op. Het zou een aparte lezing vergen om dat te motiveren. (12) Ik laat het hier dus bij.

De WEN zou ik willen adviseren nog eens te kijken naar haar uitwerking van wat ze zelf noemt: de verschuiving naar meer natuurkundige kennis in context.

Het idee is goed, maar de gegeven uitwerking schiet echt tekort.

Ik dank U voor Uw aandacht.

REFERENTIES

1. Werkgroep examenprogramma's Natuurkunde (WEN)
Examenprogramma natuurkunde VWO en HAVO, concept, oktober 1986.
2. Dik van Genderen: Context als β -didactisch begrip.
In: Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 3, nr. 3, september 1985.
3. Dik van Genderen: Contexten in onderwijs en examens.
In: NVON-maandblad, 10, nr. 7/8, juli/augustus 1985.
4. De overweldigende hoeveelheid feitenmateriaal die aantoonde dat de meeste leerlingen de leerstof verkeerd snappen, is m.i. nog veel te weinig algemeen bekend, maar niet minder onthutsend; de verkeerde denkbeelden heten in de wandeling "misconcepties", of verwijzend naar de oorsprong van hun bestaan en de daarmee verband houdende praktische bruikbaarheid, ook wel "straatbeelden" of "common-sense-denkbeelden".
Een uitvoerig literatuur-overzicht is verschenen bij het IPN-Kiel.
5. Zie bijvoorbeeld: Donald A. George: An Engineer's View of Science Education. Science Council of Canada, juni 1981.
6. P. Dekker, P. Herfs en J. Terwel: Contexten en begripsontwikkeling bij wiskunde 12-16.
In: Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 3, nr. 3, september 1985.
7. P. Licht: Stroom-spanning-weerstand, zou het dan toch kunnen?
In: Zicht op licht, verslag van de Woudschotenconferentie 1985, Werkgroep Natuurkunde Didactiek, Utrecht, 1986.
8. Hans F. van Aalst: Keuze-doelen in het leerplan/examenprogramma en in programma-eenheden.
Werkgroep Voorbereiding Participerend Leren in HAVO/VWO, Zeist, 1983.
9. R. Wierstra: Aansluiting van onderwijs bij de belevingswereld van leerlingen: uitdaging voor Ontwikkeling en Onderzoek.
In: Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde-onderwijs. SVO, 1986. Later ook - verbeterd - opgenomen in Methoden van Curriculumontwikkeling en Evaluatie, Eindverslag SVO-project 0487. Vakgroep Natuurkunde Didactiek RUU, 1986.
10. Hans Freudenthal: Weeding and Sowing, Reidel, Dordrecht, 1978, 1980, p. 242 e.v.
11. Een voorstel voor een Experimenteel PLON-Examenprogramma voor VWO (EPEP-VWO), VWO-bovenbouw natuurkunde project, RUU, november 1983.
12. Hans F. van Aalst: Science for all and each, redirecting the preparation for further education and future human life. Australian Science Teachers Association, Hobart, Tasmania, januari 1986.

Wat vindt een leerling zijn of haar context?

Frank Seller

In de laatste maand, bij het voorbereiden van dit praatje, stuitte ik diverse malen op twee vragen. De eerste vraag: "wat heb ik als leraar aan de context?", waarbij subvragen naar boven kwamen als: "wat kan ik ermee?, wat doe ik dan nu anders dan vroeger?, wanneer gebruik ik zo'n context?". De tweede vraag vind ik eigenlijk belangrijker en vandaar dat die, in gewijzigde vorm, bron was voor de titel. Die tweede vraag luidt: "wat heeft een leerling aan mijn (leraars)context?"

Het antwoord op die beide vragen zal ik niet kunnen en niet willen presenteren. Het gaat mij er eigenlijk meer om hier te laten zien dat contexten op leerlingen op heel verschillende manieren kunnen uitwerken. Dat werd mij uitermate duidelijk bij het werken in de klas (5-VWO) met het PLON-thema "De Natuurkunde van Rond 1900".

Bij de constructie van dat thema zijn we uitgegaan van het behandelen van leerstof (de ontdekkingen uit het tijdvak 1880-1910) in een historische context om leerlingen te laten zien hoe theorievorming in zijn werk gaat en hoe de ontwikkeling van de wetenschap vaak sprongsgewijs plaats vindt. De gevolgen van die contextkeuze worden op heel onverwachte momenten zichtbaar voor leerling en leraar.

Ik wil dat aan de hand van voorbeelden laten zien. Wellicht dat u en ik op basis daarvan een idee kunnen krijgen hoe groot de didactische reikwijdte van het begrip "context" en het "contextbegrip" is.

Het liefst had ik alle voorbeelden gekozen uit classesituaties met "Rond 1900", maar ik besef dat velen van u dit thema te weinig of zelfs in het geheel niet kennen.

Ik zal mijn voorbeelden dus kiezen uit situaties in diverse leerjaren. Wel allemaal situaties uit lessen met PLON-materiaal, omdat het Niels Stensen-college vanaf 1975 met PLON-materiaal werkt. Dat betekent in ons geval PLON-materiaal in alle afdelingen van de school: de onderbouw, de HAVO-bovenbouw, waar we meedoen aan het bijbehorende examen en de VWO-bovenbouw waar we met PLON-materiaal naar het gewone examen toewerken. Nu de school gefuseerd is met een MAVO-school zullen we ook daar in het examenjaar met PLON gaan werken.

Welnu dan. Ik zal u eerst vijf voorbeelden presenteren en daarna proberen uit die voorbeelden een conclusie te trekken aangaande het effect van de context bij de leerling.

VOORBEELD EEN

Wat moet ik aan met het foto-electrisch effect in een thema met een historische context?

Bij het gewone schematisch onderwijs staat voor de leraar het theoretische schema vast; dat is het frame van regels en formules, afgeleid uit het grote

schema van het totale fysica-bouwwerk.

Dat frame is het fundament voor een lessenserie en wordt opgevuld met bekende situaties of herkenbare nieuwe situaties waarop de nieuwe formules kunnen worden toegepast. In principe is het mogelijk, als de volgorde vast staat en de tijdsfasering is vastgelegd, elke les als afzonderlijk eenheid te plannen.

Afzonderlijk, Omdat de contexten elkaar niet raken.

De schoolboekcontext (=bekende situatie of inoefensituatie) wordt door de leerling gekoppeld aan de oefening en de vastlegging van het voorbeeld. Voor een leerling wordt het "belang" van een onderwerp bepaald door de tijd die de leraar besteedt aan sommen over het onderwerp. Tegelijk wordt de schoolcontext bepaald door de examencultuur, die voor een groot deel bestaat uit vraagstukken met valkuilen.

Terug naar het voorbeeld van het foto-electrisch effect. In formule wordt het geschreven als $hf = W + \frac{1}{2}mv^2 = W + q.V$.

In de examensommencultuur (waarmee ik niet bedoel het toetsproces op zich, maar de stijl van vragen en de herhaling ervan) gaat het om de toekenning van de juiste waarden aan de parameters, de herkenning van het probleem en, tot slot, het AHA-Erlebnis van de aangeleerde oplossing.

Het wezen van het experiment - het bewijs van het deeltjeskarakter van lichtgolven - verdwijnt hier onder de schoolcontext. De sommencultuur van het foto-electrisch effect draagt wel bij aan mathematisering van problemen, aan ordening van meetgegevens, maar niet aan begrip van het deeltjeskarakter van electromagnetische uitstraling.

In het PLON-thema Rond 1900 wordt bij het foto-electrisch effect alleen gewerkt aan de relatie $hf = W + \frac{1}{2}mv^2$ en ligt de nadruk (in de historische context van het thema) in de eerste plaats op wel - of - geen foto-emissie en in de tweede plaats op de relatie tussen foto-emissie en de aard en hoeveelheid van de opvallende straling. In het bij de leerling te ontwikkelen concept van het deeltjeskarakter doet de meetprocedure nog helemaal niet ter zake. De meetprocedure hoeft pas in een veel later stadium aan de orde te komen. Bij voorbeeld in het blok met examentraining of in het op het thema volgende Blok "Deeltjes in Velden".

Maar sommige leerlingen blijken in het themaboek over de essentie van het foto-electrisch effect heen te lezen, omdat ze er geen oefenopgaven en sommen over hoefden te maken.

Dat betekent dat in het kader van Rond 1900 de sommentypen rond het foto-electrisch effect enerzijds niet als zodanig (kunnen) worden ingeoeffend en anderszijds voor sommige leerlingen nodig zijn om een "beter" begrip van de essentie van het foto-electrisch effect te bereiken in het thema.

Het discussiepunt is dus niet zozeer of het foto-electrisch effect wordt onderwezen in schoolcontext of in een historische context, maar welke context bij welke leerlingen een bepaalde rendement oplevert.

Daarover straks bij de conclusies mogelijk meer.

VOORBEELD TWEE

Welke relatie is er tussen de contextsituatie en de leerstof?

In de onderbouw met PLON is er geen feitelijk verschil tussen les en practicum; de planning van beide moet hand in hand omdat de leerlingen bij leren-door-doen geen verschil ervaren tussen les en practicum.

In elk thema van klas 2 en in een deel van de derde klasterthema's hebben

leerlingen een keuze-activiteit aan het eind van het thema. In klas 2 kies ik ervoor om de leerlingen zelf de keuze-onderzoeken te laten bedenken. Ze maken daarvoor eerst een of twee (soms drie) werkvragen eventueel aangevuld met opzoekvragen. Vaak willen ze een vaag probleem te lijf. Het stellen van werkvragen dwingt ze tot specificeren. Daarbij wordt door de werkvragen mij de context van hun probleem duidelijk. De werkvragen zijn ook een afbakening van de leerstofinhoud.

Concreet gaat het als volgt:

Een groep leerlingen wil in klas 2, eind oktober, aan het eind van het thema Werken met Water onderzoek doen aan het drijfvermogen van boten. Het liefst willen ze duikboten bestuderen, want dat vinden ze het mooist.

Voor de goede orde, binnen PLON komt de context "wet van Archimedes" niet aan de orde. Leerlingen hebben geleerd dat er een relatie is tussen massa/zwaarte van een boot en de hoeveelheid verplaatst water die uit de zee stroomt (of de zee hoger doet staan). Na een gesprek en het opzoeken van informatie wordt de vage vraag omgebouwd tot twee concrete werkvragen:

** Hoe gaat een duikboot omhoog of omlaag?

** Als een duikboot dieper gaat moet-ie tegen meer druk kunnen en de wand moet dus dikker zijn en dus zwaarder en hoe komt die dan weer omhoog?

De relatie praktijkcontext-fysische context is duidelijk voor u en voor mij, maar hoe duidelijk is die voor deze leerlingen?

Bovendien: Klaas wil graag de boot bouwen die ze ervoor nodig hebben, Maarten wil op tijd de proef af hebben en Arjan denkt dat het een te moeilijke vraag is en haakt (al) een beetje af.

Na anderhalve les aanmodderen geef ik ze als mogelijkheid twee boten te maken die op elkaar lijken, even groot zijn en waarbij de een dubbeldikke wand heeft vergeleken met de andere. Ik suggereer ze na te gaan (en te meten) bij hoeveel lading elk van de boten net zinkt.

Als ze dat hebben gedaan, vraag ik ze de volgende les hoeveel boot-1 + lading weegt en laat ze achter met de opmerking dat ik nu ik ook kan zeggen hoeveel de tweede boot + lading weegt op het moment van zinken.

VOORBEELD DRIE

Waar gaat het nou eigenlijk om?

Een voorbeeld waarbij het duidelijk niet goed gaat. Aan het eind van het thema Mensen en Metalen gaat een groep onderzoek doen aan de huishoudelijke artikelen die van metaal gemaakt zijn. Ze willen nagaan welke van de bestudeerde metaaleigenschappen in de praktijk (het dagelijks leven) voorkomen. De huishoudelijke artikelen worden beperkt tot bestekken, vanwege de tijd en de omvang. De bestekken worden vergeleken op glans, soort metaal, prijs en vorm. De prijscourant van Blokker (het is drie weken voor Sinterklaas) dient als uitgangspunt en zal straks voor de muurkrant worden verknijpt.

Aspecten als dof worden, poetsen komen aan bod. Maar de veerkracht van een mes of diezelfde veerkracht in de tanden van een vork komen, ook na het aanbieden van mondelinge informatie erover, niet aan de orde.

Na drie lessen werken en ordenen is de conclusie van het onderzoek:

Hoe meer het bestek glanst, hoe duurder het is.

Het is het enige dat als conclusie overblijft, hoewel ik weet dat er meer fysica is onderzocht. In antwoord op mijn vragen naar het meerdere, krijg ik als antwoord, of eigenlijk als tegenvraag, of dit dan niet waar is en of dit dan niet het belangrijkste is.

VOORBEELD VIER

Vorbereiding van een context.

Ik denk dat het goed is, bij de voorbereiding van een keuze van leerlingen, de contexten zo breed mogelijk te laten zijn. Als leerlingen hun keuzes eenmaal hebben gemaakt kan dat breder maken vaak niet meer.

De leraarstaak is het de contexten van de leerlingen te herkennen en die zinvol te groeperen. Keuze-onderzoeken moeten dus altijd worden voorbereid, liefst op schrift. De mogelijkheden moeten worden besproken en pas na discussie kan beslist worden. Die discussie is nodig om te context voor leerlingen herkenbaar te maken.

Ook in een ander stadium is het vaak nodig de belangstelling en contexten van leerlingen in beeld te krijgen. In de oriëntatiefase van een nieuw thema bij voorbeeld laat ik leerlingen associatief reageren op het onderwerp. Zo'n vrije breinstorm over metalen leverde het volgende lijstje:

goud - brons - koper - staal - een blik - lood - roest - spiegels -
ballpenveertje- magneet - auto - zaag - metalen paperclip -
hoefnagel - hoefijzer - haarspeld - geld - oorbel - beugel -
verwarmingsbuis - jeu de boulesbal - spinazie - horloge - kwik -
fietsspaak

Contexten die leerlingen meebrengen zijn beladen met "straatbeeld". Maar hoe eerder straatbeeld begint te slijten, hoe gemakkelijker het is het schoolbeeld, als aangeleerde context er naast en erover te leggen. Uit het gebruik van het woord "beeld" mag niet worden geconcludeerd worden dat het alleen om de ideeën en beelden gaat. Van veel meer belang is het juist het taalgebruik de verandering van straatbeeld naar fysica te laten ondergaan.

VOORBEELD VIJF.

Welke waardering hebben leerlingen voor thematische context?

Deze maand heb ik mijn VWO-6 leerlingen gevraagd zich een uit te spreken over hun persoonlijke voorkeuren. Ze konden de lesweken met examentraining, in blokken en in het repetitieboek, vergelijken met het thematisch onderwijs.

Ik zal vier leerlingen aan het woord laten, die min of meer representatief zijn voor de "gemiddelde" mening.

- ** Ik vind de natuurkunde in thema's het leukst, maar wel het moeilijkst.
- ** Ik vind de eerste leerstijl (schematisch) beter (voor mezelf) als de tweede (thematisch); het is voor mij overzichtelijker. De tweede manier is rommelig; het heeft echter wel het voordeel dat het praktijkgericht is.
- ** De tweede manier (thema) is beter omdat je dan tenminste ziet waarmee je bezig bent. De eerste manier is gewoon belangrijk vanwege examentraining en te zien wat ze bedoelen met die rare vragen.
- ** Het voordeel van thema's is dat je natuurkunde leert op twee manieren te bekijken; je leert dingen die dicht bij je staan. Het werkt af en toe verwarrend: soms moet je alles uit het boek halen en alles zelf doen en dan moet je weer de borduitleg volgen, wat ik moeilijk vind.

Tegelijkertijd heb ik nog een tweede vraag gesteld. Die was voornamelijk bedoeld voor die leerlingen die natuurkunde in hun pakket moeten hebben

vanwege de vervolgstudie medische wetenschappen.

Leerlingen zeggen een voorkeur te hebben voor een langzame en gespreide opbouw, zoals ze dat hebben ervaren. Heel vaak klinkt als argument dat ze geloven de leerstof niet te kunnen bevatten als die wordt samengevat in een cursus van drie maanden, zoals die aan de universiteiten wordt gegeven bij insufficiënties.

Het is echter de vraag of hieruit expliciet een voorkeur voor contextrijk onderwijs mag worden afgeleid, danwel voor thematisch onderwijs. Het is echter wel een duidelijk signaal.

TERUG NAAR DE STARTVRAAG

Ik wil allereerst uit elk van de voorbeelden, in omgekeerde volgorde, een conclusie trekken, de een van grotere omvang dan de ander. Tot slot wil ik conclusies proberen te spiegelen aan de beginvragen.

Vijf conclusies:

- a. leerlingen hebben wel degelijk een voorkeur voor onderwijs dat dicht bij hen staat en rijk is aan (thematische) contexten. Het betere contact met de leerstof weegt op tegen de extra moeite die het de leerling kost. Wel zal de individuele leerstijl van een leerling kunnen vragen om aangepaste (schematische) handvatten of trainingsarbeid aan opgaven.
- b. Een thema, of een context, moet als zodanig worden omschreven en verduidelijkt. Dat kan al in een oriënterende/voorbereidende fase, maar ook in latere fases is het vaak nodig.
- c. Zowel in woordgebruik als in beeld overheerst het "straatbeeld" als een leerling zijn contextuele opdracht beschrijft. Bij een vage herkenning ontstaan situaties waarbij leerlingen zeggen niet te weten wat ze nu eigenlijk moeten doen.
- d. De contextsituatie moet een directe relatie hebben met de aan te leren leerstofelementen. Het bemeesteren van de werkvraag moet leiden tot het vaststellen van de leerwinst.
- e. De context waarin leerstofelementen en leerstofbegrippen zijn aangeleerd, bepaalt fundamenteel de manier waarop de leerstof kan worden afgevraagd of het begrip van de leerstof kan worden getoetst.

Ik zou vanuit die conclusies kunnen aangeven wanneer een leerling iets een eigen context vindt.

Dat is als het gaat om:

- iets waar zij/hij al iets van weet;
- meer van te weten wil komen;
- dingen die samenhangen met de eigen voorkeuren en verwachtingen;
- taken die een directe relatie hebben met het komend proefwerk;
- dingen die samenhangen met de verwachtingen die klasgenoten en/of docent in dat opzicht hebben.

Als antwoord op de tweede startvraag kan ik nu een voorwaardelijk antwoord formuleren:

Leerlingen hebben pas "nut" van de context als ik als docent erin slaag de context dicht bij de leerling te brengen.

Daarvoor zal ik zo scherp mogelijk moeten onderzoeken en peilen welke begrippen, abstracties en manier van denken leerlingen meebrengen bij de start van een thema. Uitgaande van die geconstateerde verschillen zal ik de "leerweg" van diverse leerlingen of groepen leerlingen moeten uitzetten met inbegrip van het door die groep of dat individu te bereiken einddoel.

Ongeacht of de toetsing uniform danwel gedifferentieerd plaats vindt, de

toets zal moeten aansluiten bij de contextuele werkwijze. Dat betekent in de praktijk dat bijna alle bestaand toetsmateriaal moet worden omgewerkt wil het bruikbaar zijn. Mijn ervaring daarbij is dat zoiets het beste lukt als de toets klaar is, op het moment dat de helft van de beschikbare lestijd voor het thema is verbruikt. Ik beseft met u dat ook dat ideaal niet altijd kan worden gehaald.

Het zout in de pap

Drs. L. Mathot

Natuurkunde is de enige wetenschap die pretendeert zowel het allergrootste als het allerkleinste te beschrijven: van heelal tot quark. Geen wonder dat Rutherford kon beweren: "All science is either physics or stampcollecting". Natuurkunde is geen gemakkelijk vak. Gelukkig geven we dat vak aan gemiddeld intelligente leerlingen.

Van Donner is de uitspraak: "In een samenleving moet alles uitgelegd worden; wat niet kan worden uitgelegd, is onzin". De theorie van Donner-Rutherford moet zijn. Het gaat weer goed met de exacte vakken: de tijd lijkt voorbij dat op de flap van boeken kon staan: "zonder formules" - alsof dat beter was voor het milieu.

Toch zijn er een paar wolkjes aan de hemel om met Kelvin in 1900 te spreken. De spreiding rond de gemiddelde intelligentie bij onze leerlingen is vrij groot. De concurrentie met véél leukere dingen in het leven van een puber is hevig en bovendien laten leerlingen zich niet allemaal op dezelfde manier benaderen: er is geen loper die op alle sloten past. De een leert vooral via zien en voelen, een ander vooral via horen en lezen. Daarom is elke les practicum net zo verkeerd als elke les: "Kreide und Schwamm".

Nu bestaat een leerling uit 10^{28} atomen. Daarvan heeft een deel zich georganiseerd (2%) tot hersencellen: 15 miljard stuks (2000 Megabyte).

Dat geheugen bestaat uit drie delen:

1. het momentane geheugen,
2. het semi-permanente en
3. het permanente geheugen.

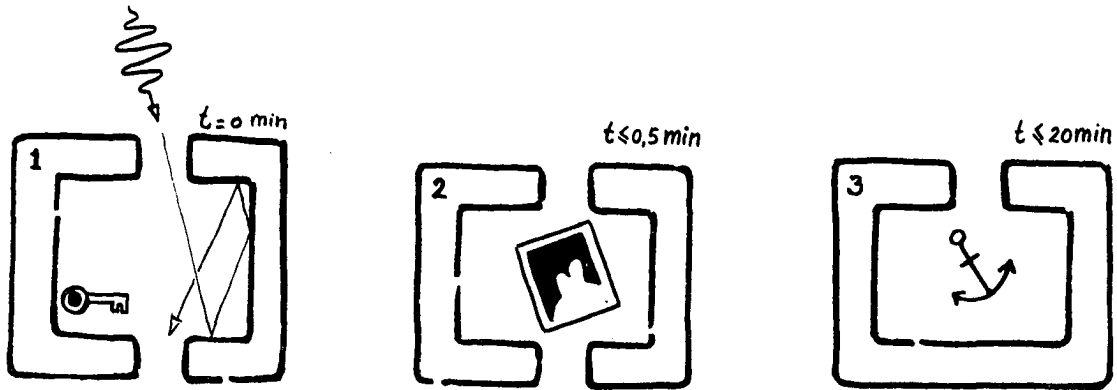
In het eerste geheugen blijkt nieuwe informatie hoogstens 30 s te circuleren. Als in die tijd geen associatie mogelijk is, sterft de informatie weg; de sleutel naar het semi-permanente geheugen is zoek. Is die associatie er wel, dan wordt er in het semi-permanente geheugen een afdruk gemaakt en wordt die doorgestuurd naar het permanente geheugen. Dan is de afdruk gefixeerd. Je zult manieren moeten zoeken om informatie in de hersenen van je leerlingen te verankeren. Dan kunnen ze de vogelverschrikker uit de tovenaars van Oz nazeggen:

"When I get used to my brains I shall know everything".

Alle middelen die je bij dat veranderen gebruikt, noem ik context. Context is voor mij dus veel meer dan een proefje hier en een toepassinkje daar; het is eerder een manier waarmee ik kan laten zien dat natuurkunde een leuk vak is en waarmee ik kan fixeren om te voorkomen dat de afdruk vervaagt. Zout brengt de spijs op smaak maar is ook conserveringsmiddel. Tegelijk blijkt dat je met natuurkunde wat kunt doen. Context is zowel middel als doel.

Hoe doe je dat: verankeren? Blijkbaar door ergens aan vast te knopen: aan iets leuks, iets bekends, iets spannends, iets nuttigs.

Ik noem een zestal "fixeertzouten".



Figuur 1.

1. Verpakken

Begin dit schooljaar vroeg mijn vierde klas om een extra opgave over de valbeweging. De dag daarop zou 't proefwerk zijn. Ik probeerde een opgave uit het boek - ik sla bijna de helft over - maar die hadden ze allemaal zelf al gemaakt. Ik moest dus ter plekke iets nieuws verzinnen. Er schoot me een opgave over de Eiffeltoren te binnen die ik net in 5 Havo had gegeven. Eind vorige eeuw wilde een Franse ingenieur de Eiffeltoren benutten als kermis-attractie. Vanaf 300 m hoogte zouden 15 mensen in een capsule worden losgelaten, naar beneden suizen en in een bassin met water aan de voet van de toren weer worden afgeremd. Dus ik vertel erover: ze zouden op stoeltjes met grote veren zitten; het bassin zou de vorm van een champagneglas krijgen, enz.

De opdracht werd: Schets de (x,t) -grafiek tot de capsule in het water drijft. Dat was natuurlijk een zware eis voor vierdeklassers 3 weken na de start van het schooljaar, ze hebben alleen $x = v \cdot t$, $x = \frac{1}{2}g \cdot t^2$ en $v = g \cdot t$ gehad, maar de klas was enthousiast. De valtijd tot het water was gauw gevonden: 7,8s (geen waar voor hun geld vonden ze). Toen kwam de grafiek: Ik teken een parabool en wil me er dan van afmaken en schets dus een hobbeltje, gevolgd door een horizontale lijn.

Dat heb ik geweten. Iedereen praatte door elkaar. De eerste aanmerking: "De capsule gaat als een pijl omlaag maar komt lang niet zo mooi omhoog, de hobbeltje moest dus scheef zijn". Dus ik vegen en de hobbeltje scheef getekend. De tweede aanmerking "het was nog erger want de wrijving zorgt op de heenweg voor een korte tijd maar klapt dan om en zorgt op de terugweg voor een lange tijd".

Ik weer vegen en ik maak de hobbeltje nog sterker asymmetrisch. Toen kwam nog nr. drie: "De capsule zal uit het water opduiken en op en neer dobberen voor hij stilligt. Ik weer vegen en ik teken een gedempte trilling.

Ik werd dus teruggefloten: ik moest niet zo slordig zijn. "Natuurkunde is een serieus vak meneer." Let wel, na drie weken vierde klas.

Voor mij is de conclusie dat een aardig verpakt probleem, waarbij ze zich betrokken voelen, alle deuren opent. Een oude mop in een nieuw jasje. De leraar als cadeausmurf.

2. Koppelen

Een drastische methode om te veranderen is gelijktijdig iets spectaculairs te laten plaatsvinden; een proef waarbij de leerling op de voorste bank schrikt.

Ook een grandioos mislukte proef blijft leerlingen jaren bij.

Ik durf nu wel te bekennen dat ik in de tweede ooit bijles heb gehad voor natuurkunde; ik snapte niets van "soortgelijk gewicht". Dat schijnt nog steeds favoriet in de eerste les natuurkunde. Proefjes waren er niet voor leerlingen in die tijd, natuurkunde was saai. Later kreeg ik les van Deknatel, een goede leraar, zowel theoretisch als experimenteel.

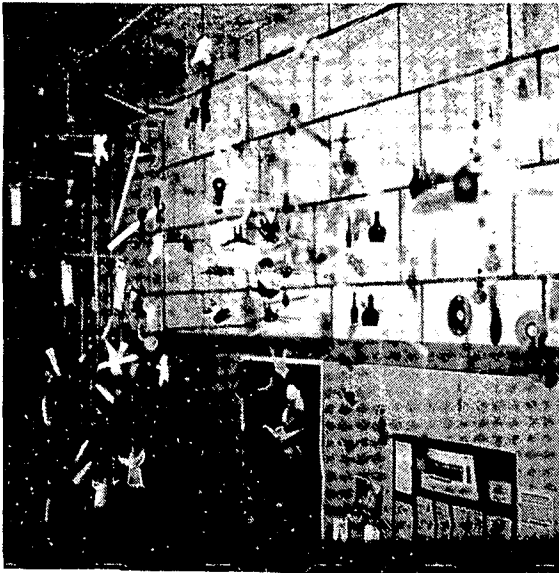
Toch is mij van hem het best bijgebleven die keer dat hij koolzuursneeuw maakte en de kraan van de cilinder niet meer dicht kreeg. Ik zie nóg een steeds groter wordende witte wolk met in het midden zijn steeds rodere hoofd. Ik wist toen opeens dat natuurkunde een leuk vak was.

Zo'n voorval zit in het permanente geheugen als een hologram: uit ieder deel van de hersenen is het beeld op te roepen en het is des te helderder naarmate het op meer plaatsen is verankerd: het gelach van de klas hoor ik nog steeds; de cilinder was bruin en roestig; Deknatel stond rechts van de toontafel; het was lente.

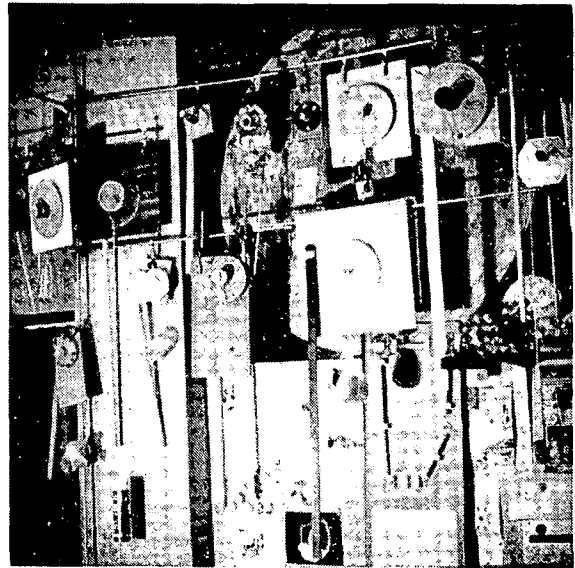
Toen de kraan eindelijk dicht was, stak hij een sigaar op - dat mocht toen nog - glimlachte minzaam en ging verder met de les.

Juist die verspreide holografische opslag met de mogelijkheid van opeenstapeling maakt de menselijke geest flexibel en creatief en onderscheidt hem van een computergeheugen. Nu kun je moeilijk al je proeven laten mislukken, hoewel Tommy Cooper daar zijn brood mee verdiende. Wel kun je zorgen voor een dubbele ingang, zodat een belangrijke begrip gekoppeld wordt aan een illustratie, aan een proef of aan een historische anecdote. Als ik aap, noot, mies ... zeg, denkt U aan gezellige plaatjes in warme kleuren. Dat was een vorm van koppelverkoop. Als je namen van leerlingen tijdens het eerste proefwerk uit het hoofd leert, koppel je hun namen aan hun plaats in het lokaal. Als je ze even later op de gang tegenkomt zet je ze in gedachten op hun plaats in de klas en zoekt dan hun naam erbij. Deze truc om het geheugen te helpen wordt al door Simonides in de 5e eeuw voor Christus beschreven.

Als je geen proef kunt doen, vertel dan iets over de filosofie van de wetenschapper of over hem of haar zelf; desnoods alleen anecdotes zoals die over Planck die het advies kreeg géén natuurkunde te gaan studeren of over Tycho de Brahe die een stuk van zijn neus verloor bij een duel. Sindsdien gebruikte hij een goud-zilveren vulstuk dat hij met was bevestigde.



Figuur 2: een verzameling door de leerlingen gebouwde mobielen.



Figuur 3: de klokken verzameling.

3. Spelen

Door speelgoed te gebruiken koppel je natuurkundige ideeën aan een vertrouwde en leuke wereld. Daarmee overwin je een ingebakken afkeer van alles dat moeilijk is. In de onderbouw kunnen leerlingen bij ons een extra punt boven op het proefwerkcijfer verdienen door iets in elkaar te zetten. Bij het onderwerp "krachten" heb ik mijn tweede klas dit jaar de opdracht "mobile" gegeven. U ziet hier het resultaat - praktisch iedereen maakt er een en de momentenwet (die de WEN eruit gooit) gaat voor hen leven. Hang die op in het lokaal en het enthousiasme groeit. Zo maken ze kristalmodellen, luidsprekers, klokken, camera's, papieren vliegtuigjes.

Deze karretjes van 's Gravesande kreeg ik vorige week: ze schieten al rijdend een stuiter omhoog en vangen die weer op.

Vierde klassers zeuren vaak ook om zo'n opdracht en soms geef ik die, bijv. maak een papieren vliegtuigje. Maar i.p.v. schets de (plaats, tijd)-grafiek wil ik dat ze antwoord geven op vragen als: vliegt het ook als het van karton is? Vliegt een modelvliegtuig nog steeds als je alle maten 10x zo groot maakt?

Als compensatie voor de niet-knutselaars zit in ieder proefwerk één lastige, liefst uitdagende vraag zodat iedereen een tien kan halen en soms een elf (in principe althans).

Met deze aanbieding is de klant over de drempel gelokt. Lukt je dat niet, dan komt hij zeker niet aan natuurkunde toe.

4. Resoneren

Het enthousiasme van de leraar is misschien wel de meest aanstekelijke manier om leerlingen tot resonantie te brengen. In mijn eerste jaren durfde ik dat niet goed; nu kan het me niet veel schelen of ik voor gek sta met bijv. een belachelijk stuk speelgoed. Ik zal U dat bewijzen. Ze kijken je wat toegeeflijk aan, maar blijken het wel te waarderen. (Dat hoor je pas op reünies).

Dan is de leraar context.

Ook als ik de horizontale worp behandel en in gedachten uit het raam spring. Ik zit op twee-hoog en krijg dan ook altijd luide bijval: "Als dat zou kunnen meneer". Alleen al om die reden zou ik de worp niet graag missen. De belhamel in de klas laat ik in het proefwerk optreden. Een verslag over de - toch saaie - wet van Boyle wil ik in de ik-vorm ontvangen: "Schrijf het alsof je Boyle zelf bent". Met wat historische gegevens erbij maken sommigen daar een kunststuk van. Laatst kreeg ik zo'n verslag compleet met lakzegel. Ik vertel bij de beroemde foto met het positronspoor dat Anderson vlinders in zijn buik moet hebben gehad toen hij dit voor het eerst zag. Anders zien ze er niet meer in dan een voor-historische foto. Formuleer de wet van Lenz eens als: pubers keren zich tegen de ouders; ze werken ze oorzaak van hun ontstaan tegen".

Als er geen collega meeluistert, schaam ik me niet om animistisch te werken en laat ik elektronen denken over de richting die ze in een magneetveld zullen nemen.

De meeste leraren denken in beelden lijkt me, dan moet je ook zo uitleggen. Einstein deed dat ook getuige de gedachte-experimenten in zijn kruistocht tegen de quantummechanica.

5. Toepassen

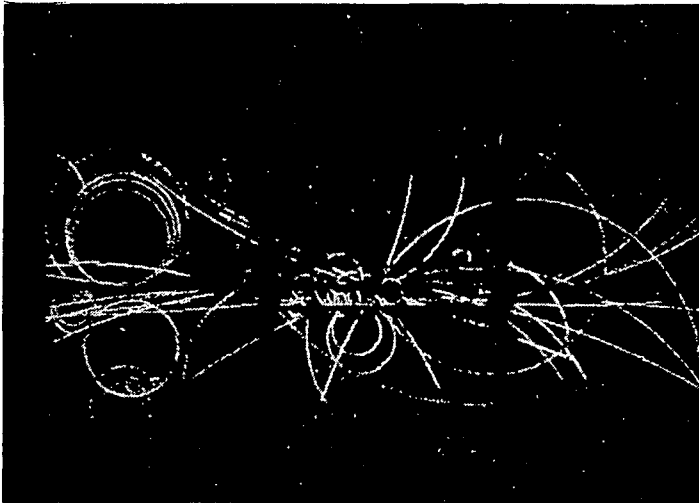
Natuurlijk laat je ook toepassingen van je vak zien. Nog vorig jaar stond in een blad over school- en pakketkeuze de kreet: "Waarom lijken de exacte vakken die je op school krijgt zo ver van de realiteit te staan?" Dat moeten we ons aantrekken. Kunnen Uw leerlingen aan bijv. Newton uitleggen hoe een t.v. ongeveer werkt? Bedenk dat Newton slim was en dat Uw leerlingen elke dag t.v. kijken.

Als toepassing van ons vak zie ik ook een vraag als: "Schat het wereldrecord polsstokhoogspringen".

Uit een topsnelheid van 10 m/s en behoud van energie volgt direct: 5. Wat te laag omdat ze klimmen tijdens de sprong en omdat met het zwaartepunt wordt gesjoemeld.

Haal de moderne fysica in huis. Vertel bijvoorbeeld wat over lasers of over een dradenkamer. Het Wilsonvat is door de WEN terecht in de historische context geplaatst. Leuk als starter en om zelf te maken, maar 75 jaar oud. Het bellenvat komt erin maar gaat er bij de Cern alweer uit!

De dradenkamer is net zo oud als de Woudschotenconferentie en is al vervangen door de driftkamer voordat wij er van gehoord hebben. U moet dit niet verder vertellen, maar we lopen achter.



Figuur 4: Deeltjes in een dradenkamer.

Breng in ieder geval een moderne toepassing als de compactdisc in je klas. De spoorafstand is $1,6 \mu\text{m}$ en constant, met een laserstraal van 633 nm , leidt dat tot 5 reflectiemaxima, waaraan door een leerling zeer goed te meten en te rekenen valt (iets voor de zelfstandige opdracht?)

Ik heb Philips gevraagd of ze niet wat afgekeurde discs wilde opsturen voor het goede doel. Nu zijn er bijna geen afgekeurde discs, maar het is toch gelukt. Ik heb er ruim 200 gekregen en straks kunt U er eentje komen halen: één per school stel ik voor. Ik zal er persoonlijk op toezien dat Bert Snater er een krijgt wat het tralie moet blijven!

6. Uitdagen

Ik noem een laatste truc om te verankeren: Maak ze nieuwsgierig en daag ze uit.

U weet toch hoe sommige tweede klassers binnenkomen?

"Hoeveel ampère komt er uit een stopcontact?"

"Wat gebeurt er als je in een zwart gat valt?"

Speel in op die drang naar kennis en organiseer bijvoorbeeld een maandelijks prijsvraag via een vitrine en het schoolblad zoals een collega van mij doet. Net als in een stripverhaal waar rechtsonder iets spannends gebeurt, zodat je snel wilt omslaan, kun je proberen een les te eindigen met een rare proef of een grappig probleem. De volgende les los je dat pas op.

Als je met inductie bezig bent, mag bijvoorbeeld zo'n perpetuum mobile niet ontbreken en als je hem in de vitrine zet maakt je de rest van de school nieuwsgierig.

Natuurlijk moet U niet alles geloven wat ik hier vertel. Natuurlijk is het niet zo dat leerlingen in mijn lessen als zwarte gaten mijn informatie opzuigen en dat de entropie van de klasseorde tot een dieptepunt is gedaald, gelukkig niet. In de didactiek zijn we allen expert. Iedereen heeft gelijk, maar sommigen hebben meer gelijk dan anderen. Je moet wel geloven in wat je doet maar een korrel zout is nooit weg.

Denkt U aan het verhaal dat Bohr graag vertelde:

Zijn buurman had een hoefijzer op zijn schuur aangebracht.
Op de vraag van Bohr of hij bijgelovig was, antwoordde deze:
"Welnee, maar het schijnt ook te helpen als je er niet in gelooft!"

Ik dank U wel.



Figuur 5: Speelgoed kan een stuk motiverend didactisch hulpmiddel zijn.

Wen(s)dromen en werkelijkheid

Drs. A. Snater

I. Doelen - verschuivingen - realisatie in programma.

A. In par. 2.2 van ons concept-examenprogramma hebben we als uitgangspunt geformuleerd dat natuurkunde-onderwijs de leerlingen de gelegenheid en mogelijkheid biedt om zich evenwichtig te ontplooien en zich goed voor te bereiden op een vervolgopleiding en op een functioneren in samenleving en beroep.

Hieruit voortvloeiend zal het natuurkunde-onderwijs gericht moeten zijn op het bereiken van algemene doelen die betrekking hebben op: (blz. 4 v.h. rapport)

1. persoonlijke ontwikkeling,
2. inleiding in de natuurwetenschap en techniek,
3. voorbereiding op vervolgopleiding en beroep,
4. voorbereiding op bewust burgerschap.

Nadere toelichting:

ad. 1) er moet gedacht worden aan:

- a. kennis van en inzicht in de fysische aspecten van de omgeving van de leerling,
- b. kritische instelling en onderzoekende houding,
- c. basisvaardigheden: formuleren, rapporteren onderzoeksvaardigheden en probleemoplossen,
- d. sociale vaardigheden: samenwerken, discussiëren en debatteren in een groep, delegeren.

ad. 2) er moet gedacht worden aan:

- a. kennis van de resultaten van de natuurkunde: wetten, begrippen, grootheden, modellen,
- b. kennis van en inzicht in de onderzoeksmethode van de natuurkunde,
- c. kennis van de historische en filosofische aspecten van de discipline,
- d. gebruik van natuurkunde kennis in technische toepassingen.

ad. :3) hier is nu geen nadere toelichting nodig (zie III!).

ad. :4) er moet gedacht worden aan:

- a. bewust consumentengedrag,
- b. weerbaarheid in technische omgeving (?),
- c. kritische instelling t.a.v. maatschappelijke problemen met fysische en technische aspecten,
- d. inzicht in wisselwerkingen tussen wetenschap, techniek en samenleving.

B. De WEN is van mening dat een aantal van deze algemene doelen beter dan nu te realiseren zijn door in het natuurkundeonderwijs de volgende verschuivingen aan te brengen:

1. naar meer "omgevings" natuurkunde,
2. naar meer toepassingen van natuurkunde-kennis,
3. naar natuurkunde-kennis vanuit concrete situaties naar abstracte beschouwingen,
4. naar natuurkundige kennis door zelf doen,
5. naar meer natuurkundige kennis in context,
6. naar een meer realistisch beeld van de natuurkunde.

Nadere toelichting (zie blz. 6 + 7 van ons concept)

ad. 1:

Verschuiving van leerstof die vooral het bouwwerk van de theoretische natuurkunde beschrijft naar leerstof waarin natuurkunde-kennis wordt toegepast in situaties uit het dagelijks leven.

ad. 2:

Meer toepassingen van de natuurkunde in de techniek en de effecten hiervan op de samenleving behandelen tijdens de les. Tevens meer zicht op vervolgstudies en beroep geven door de keuze van de leerstof.

ad. 3:

Fysische wetten en begrippen dienen waar mogelijk geïntroduceerd te worden aan de hand van concrete situaties (zie ook punt III).

ad. 4:

In natuurkundeonderwijs moeten leerlingen aangemoedigd worden tot zelfstandig leren door: experimenteren, discussiëren, verzamelen van informatie, werken met boeken, demonstreren en rapporteren, zelfstandig theoretisch en praktisch onderzoek.

ad. 5:

Natuurkundige regels (wetten, definities, modellen) dienen bij voorkeur te worden aangeleerd in situaties die de leerling kan herkennen.

Deze situaties vormen de context voor de natuurkundige regels.

Wij hopen dat op deze wijze de nieuwe kennis een zinvolle betekenis krijgt waardoor deze beter beklijft.

ad. 6:

In natuurkundeonderwijs meer aandacht besteden aan:

- moderne ontwikkelingen in de natuurkundige techniek,
- de beperkte mogelijkheden van de natuurkunde bij het oplossen van maatschappelijke problemen,
- relatie tussen opvattingen in de samenleving en ontwikkelingen in de natuurkunde,
- het onderscheid tussen model en werkelijkheid,
- de geschiedenis en de filosofie van de natuurkunde. Hierdoor krijgen leerlingen een completer beeld van de natuurkunde als vak en als menselijke activiteit.

Hoe is nu de relatie tussen algemene doelen en de genoemde verschuivingen. In onderstaande matrix heb ik getracht deze relaties weer te geven.

	verschuivingen					
algemene doelen	1	2	3	4	5	6
1a fys. asp. omg.	+	+				
1b krit. instelling				+		
1c basisvaardigheden				+		
1d soc. vaardigheden				+		
2a kennis van resultaten van natuurkunde					+	+
2b onderzoeksmeth.				+		+
2c. hist. en fil. asp.					?	+
2d techn. toep.		+			+	
3 voorber. vervolgoopl. + beroep	+	+		+		+
4a consumentengedrag	?				?	
4b weerbaarheid in techn. omg.		?				
4c kritische inst.		+			?	+
4d wisselwerking		+			?	+

C. De volgende vraag die gesteld kan worden, luidt en dat is een hele belangrijke:

Hoe zijn nu de verschuivingen in het voorgestelde programma terug te vinden.

ad. 1: omgevingsnatuurkunde

- opsomming van buitenschoolse contextbegrippen bij vele onderwerpen,
- een aantal vrij formele stukken leerstof zijn weggelaten zoals:
 - 2 dim. botsingen,
 - fys. optica,
 - golvenconstructies.

ad. 2: naar meer toepassingen

- overlap met het onder 1) genoemde,
- in basistheorieën komen op verschillende plaatsen formele natuurkundige begrippen voor waarvan toepassingen worden uitgewerkt in een aantal andere gebieden:

- biofysica,
- natuurkunde van de muziek
- weerkunde?
- elektronica/fysische informatica
- vaardigheden genoemd in 4.2.2 en 4.2.3

ad. 3: concreet formeel

- Dit is niet direct terug te vinden in de opsomming van onderwerpen. Het is voornamelijk een didactische kwestie en heeft te maken met leerstofordening. De uitwerking krijgt gestalte in boeken/methodes; uiteraard speelt de leraar hierbij een belangrijke rol.
- In het VWO-programma zijn wel een aantal abstracte/formele beschouwingen opgenomen:
 - beweging ($U(t)$, $v(t)$, $a(t)$) van harmonisch trillend punt,
 - uitwerking model kinetische gastheorie,
 - inductiespanning en verandering magnetische flux,
 - energieniveaus waterstofatoom.

ad. 4: zelf doen

- practicumvaardigheden vastgelegd in 4.2.4 (praktisch S.O.)
- mogelijkheden tot zelfstandig werken gecreeërd 10% van de lestijd: zelfstandige opdracht.
Op blz. 10 van het rapport hebben we dit als volgt verwoord.
Het accent kan zowel op de theorie als op het experiment liggen en kan variëren van een open onderzoekopdracht (incl. experiment) tot het zelfstandig bestuderen van één of meer van de huidige keuzeonderwerpen.
Het zelfstandig bestuderen van een stuk leerstof en zo mogelijk opzetten en uitvoeren van een onderzoekje alleen of in een groep is een belangrijke doelstelling.
De opdracht kan gespreid worden over de klassen 4, 5 en 6 of geconcentreerd worden in klas 6. Een deel moet in ieder geval in klas 6 terecht komen i.v.m. toetsing in het kader van het schoolonderzoek. Een minutieuze uitwerking of voorschriften in dezen vallen buiten de competentie van de WEN; wel zal bij een invoeringsplan hieraan ruime aandacht worden geschonken. In onze visie zullen o.a. instituten voor de didactiek en groepen leraren hieraan werken en ruimschoots voor 1-8-'89 resultaten publiceren. De WEN zal in het eindrapport nog proberen een en ander te verduidelijken, hoewel ook op blz. 11 van het rapport de bedoelingen m.i. vrij uitvoerig zijn weergegeven.
Bij de kringbijeekkomsten wordt er veel kritiek op dit onderdeel van het voorstel geuit. Vooral de beschikbare tijd van de docent en de faciliteiten van de school spelen daarbij een belangrijke rol.
De WEN wacht de eindrapportage van de NVON op dit punt af en zal zich dan beraden.
- Voor het overige is dit punt (natuurkunde leren door zelf doen) niet in het programma vast te leggen maar hangt het af van de aanpak van de docent.
Te denken valt hierbij ook aan het zg. geïndividualiseerd studie systeem (Keller-plan) waarbij leerlingen alleen of in groepjes de door de leraren geprogrammeerde leerstof doorwerken en waarbij de leraar als begeleider optreedt.

ad. 5: natuurkundige kennis in context

De uitwerking die de WEN bij VWO en HAVO geeft aan de opname van contexten in het examenprogramma is anders dan bij het MAVO. Bij het MAVO zijn brede contexten geformuleerd; bij de meeste onderwerpen uit de theorie is de relatie met deze contexten aangegeven. Ook zijn enkele contextbegrippen in kolom 3 genoemd van het MAVO-rapport. De motieven staan uitvoerig beschreven op blz. 15 t/m 21 van het eindrapport Examenprogramma natuurkunde C- en D-niveau (maart 1985).

Bij het HAVO en in nog sterkere mate bij het VWO moeten de leerlingen blijk geven van het kunnen oplossen van problemen in nieuwe situaties (inventiviteit). Om die reden is het o.i. niet wenselijk brede contexten voor te schrijven; de koppeling moet lossier zijn dan bij het MAVO.

We hebben volstaan met het vastleggen van schoolse en buitenschoolse contextbegrippen.

We laten het aan de leraar en/of de boekenschrijvers over om de leerstof in brede contexten in te passen. Door het vastleggen van de contextbegrippen weten we wel wat iedere leerling in ieder geval gehad heeft. De leraar wordt ook gedwongen maar hopelijk ervaart hij dit niet zo, om de theorie uit kolom 1 te relateren aan de genoemde contextbegrippen.

De natuurkundestof gaat dan o.i. meer leven voor de leerling en zal beter beklijven als deze in verband gebracht wordt met situaties die de leerling uit z'n omgeving kent.

De WEN gaat ervan uit dat de genoemde contextbegrippen zonder nadere toelichting op het examen gebruikt kunnen worden. Bij in kolom 3 voorkomende apparaten behoeft de fysische werking niet gekend te worden.

De vraag kan zich voordoen waarom de stof uit de hoofdstukken 6, 9, 10, 11 en weerkunde niet als contextbegrippen opgenomen zijn in de hoofdstukken 1 t/m 5. De WEN is van mening dat de eenheid binnen deze hoofdstukken en het belang dan onvoldoende tot hun recht zouden komen.

De WEN schrijft echter geen ordening voor; iedere leraar of boekenschrijver is vrij in de ordening van de vastgelegde onderwerpen.

Samenvattend denken we door de opname van contextbegrippen in het examenprogramma te bereiken dat

- in de aanleerfase fysische begrippen gerelateerd worden aan de situaties die de leerlingen herkennen en aanspreken
- er duidelijkheid is over de vraag of problemen in een bekende of onbekende context op een examen aangeboden worden.

Overigens zij opgemerkt dat het noemen van contextbegrippen nu ook weer geen spectaculaire verandering is t.o.v. het huidige onderwijs. Vele leraren zullen al op deze wijze lesgeven; iedereen gebruikt echter z'n eigen contexten. Op het examen blijf je dan met onduidelijkheden zitten.

Ad. 6: realistisch beeld van de natuurkunde

- zie voor een deel 1 + 2
- vaardigheden in 4.2.3
- keuze van de hoofdstukken
- voor het overige krijgt dit voornamelijk gestalte in de leerboeken maar het belangrijkste is hier de leraar.

Heel kort samengevat is de relatie tussen de verschuiving en het examenprogramma weergegeven in onderstaande matrix. Daar waar de rol van de leraar en/of het leerboek zeer wezenlijk is, is dit ook aangegeven.

Verschuivingen	Examenprogramma	Leraar/Leerboek
1. omg. nat.	- buitenschoolse contexten - nieuwe onderwerpen	+
2. meer toepassingen	- nieuwe hoofdstukken 8, 9, 10 en 11	
3. concreet formeel		++
4. zelf doen	- zelfstandige opdracht - vaardigheden 4.2.4	
5. context	- relaties kolom 1 met kolommen 2 en 3	+
6. realistisch beeld	- vaardigheden 4.2.3	++

II. Vormgeving examenprogramma

De WEN heeft bewust gekozen voor een vormgeving van het examenprogramma waarin veel meer dan tot nu toe aan leraren en leerlingen duidelijkheid wordt verschaft over de vraag wat wel en wat niet gekend moet worden voor het examen.

Sommigen vinden dat het hierdoor op een leerplan lijkt; de functie van het Rijksleerplan tussen examenprogramma en schoolwerkplan is echter volstrekt niet duidelijk.

Het examenprogramma bevat de volgende onderdelen:

- Een uitgebreide opsomming van vaardigheden op blz. 17 t/m 19; binnen 4.2.1 is gestreefd naar een ordening met opklimmende moeilijkheidsgraad.
- Beschrijving van de kernleerstof. Hierbij worden 4 kolommen gehanteerd:
 - kolom 1 bevat de theorie: begrippen, wetten, relaties
 - kolom 2 bevat de schoolse contextbegrippen
 - kolom 3 bevat de buitenschoolse contextbegrippen. De genoemde begrippen moeten zonder nadere toelichting gebruikt kunnen worden op het examen.
 - kolom 4 bevat een toelichting.
 Daar waar uit de vaardighedenlijst niet eenduidig blijkt tot hoever de theorie uit kolom 1 gekend moet worden is een toelichting gegeven.
- De formuleverzameling geeft de formules die bij de kandidaten bekend verondersteld worden. Hiermee wordt tevens een indicatie van het beheersingsniveau van de theorie gegeven. Een wet of relatie uit kolom 1 die niet bij de formuleverzameling staat vermeld hoeft dus niet kwantitatief gekend te worden.

Uit de kringbijeenkomsten blijkt dat één en ander toch nog niet geheel duidelijk in het rapport beschreven is.

We wachten de eindrapportage van de NVON af, maar we moeten zeker een aantal van de genoemde contextbegrippen kritisch bekijken: moeten ze allen worden opgenomen? Zijn ze eenduidig? De toelichting in kolom 4 zal nog vergeleken moeten worden met de omschrijvingen in de NVON-herformulering (maart 1982).

De normering bij de formules is niet geheel eenduidig.

III. Onderscheid HAVO-VWO

In de WEN is vrij langdurig gediscussieerd over de vraag hoe het onderscheid tussen HAVO en VWO gestalte zou moeten krijgen. Daarbij speelden ondermeer de volgende vragen een rol:

- moet het nieuwe HAVO-programma totaal anders worden dan het huidige
- moet er een groot verschil komen tussen HAVO en VWO
- moet het HAVO-programma recht doen aan de eigenheid van de HAVO-leerling en zo ja, wat is die eigenheid dan.

Uiteindelijk hebben we bij het onderscheid de volgende punten mee laten spelen:

1. de beschikbare tijd
2. verschil in ontwikkelingsniveau van de leerlingen
3. eisen vervolgopleiding.

Ad. 1:

In de bovenbouw van het VWO (klas 4, 5 en 6) zijn circa 100 lessen meer beschikbaar dan in het HAVO. Ook is het tempo op het HAVO lager dan bij het VWO.

Het huidige HAVO-programma is zeer overladen; in ons voorstel is dan ook veel geschrapt. Een ruwe schatting levert op dat ongeveer 1/4 deel is geschrapt t.o.v. het huidige programma. Er is ook aanzienlijk minder stof dan bij het VWO. Mede met het oog op punt 3 is vooral geschrapt in de zgn. toepassingsgebieden (begrippen die breder wendbaar zijn moeten blijven!)

Ad. 2:

In Engelse onderzoeken, verricht aan het Chelsea-College, heeft men getracht het ontwikkelingsniveau van de middelbare schooljeugd in kaart te brengen. Theoretisch gingen de onderzoekers (Shayer en Afdey) uit van de theorie van Piaget en in het bijzonder richtten zij zich op de laatste twee ontwikkelingsniveaus: de concreet-operationele en formeel-operationele fasen.

Hun steekproef bevatte maar liefst 12.000 leerlingen. Een leerling die zich in de concrete fase bevindt is in zijn redeneringen afhankelijk van de werkelijkheid.

Wanneer een leerling de formele fase heeft bereikt is hij in staat om te redeneren vanuit geverbaliseerde (in tekst of formulevorm) hypothesen.

De resultaten van dit onderzoek luiden kort samengevat:

- de theorie van Piaget gaat in grote lijnen voor natuurkunde op
- de leeftijdsindeling zoals door Piaget is vastgesteld geldt alleen voor de beste groep leerlingen: het merendeel van de leerlingen bereikt de fase van het formele denken later of helemaal niet (bijv. op 15-jarige leeftijd heeft slechts 30% van de leerlingen het vroeg-

formele niveau bereikt).

- binnen de grenzen en formele fasen zijn duidelijk verschillende structuren te ontdekken: de onderzoekers hebben onderscheid gemaakt tussen vroeg-concrete c.q. formele en late fase. In de vroege fase zijn een aantal kenmerken van het denken in dat niveau aanwezig en in de late alle.
- boven 16 jaar treden verzadigingseffecten op: het percentage leerlingen dat een hoger niveau bereikt stijgt nauwelijks meer.

Door de onderzoekers is ook een taxonomie voor natuurkunde opgesteld, waarbij onderwerpen onderscheiden zijn naar de vier genoemde niveaus. Deze taxonomie is vertaald door Herman Coenen.

Dit onderzoek is in Nederland (Harry Slaper, RUU) in beperkte zin uitgevoerd. Hieruit blijkt o.a. dat een groot aantal HAVO-leerlingen het formele niveau niet bereikt.

Bij de vaststelling van het programma hebben we getracht hiermee rekening te houden. Een aantal onderwerpen die appelleren aan het formele niveau komen veel voor in het VWO- maar niet in het HAVO-programma als: arbeid bij veranderlijke kracht, meer-dimensionale bewegingen, trillingen en golven, kinetische gastheorie, elektrisch veld etc.

Onderwerpen die in het oude HAVO-programma wel voorkomen maar in het nieuwe niet meer zijn o.a.:

beweging langs hellend vlak, botsingen, momentenwet, fysische optica, elektrisch veld, vaste stof fysica.

Ad. 3:

Bij de algemene doelen is al genoemd dat de eisen van de vervolgoopleidingen van belang zijn. Je moet leerlingen niet in een fuik laten lopen door een te makkelijk programma. Door de vertegenwoordigers van de vervolgoopleidingen in de WEN (HTS en Universiteit (theor. nat.)) wordt gesteld dat duidelijkheid over de omvang en het niveau van de behandelde leerstof een eerste vereiste is. Welke onderwerpen wel en welke niet behandeld worden is van minder belang. Deze mening wordt bevestigd door overige contacten met vertegenwoordigers van vervolgoopleidingen.

De problemen bij de vervolgoopleidingen liggen vooral bij het hoge tempo, het grote aantal vakken en de snelheid en diepgang waarmee de wiskunde wordt behandeld en toegepast. Vooral de HAVO-leerling die weinig vakken heeft gehad en gewend is om niet al te hard te werken komt hierdoor in de problemen.

De WEN acht het van belang dat voor de onderwerpen die behandeld worden, vooral op het HAVO, meer tijd beschikbaar is, waardoor de stof beter beklijft en de leerling deze stof ook beter kan toepassen in nieuwe situaties. Als deze basis goed is zal ook nieuwe stof op de vervolgoopleiding makkelijker verwerkt kunnen worden.

De keuze bijvoorbeeld om trillingen en golven te laten vallen en enkele begrippen hieruit meer concreet en/of kwalitatief terug te laten komen in het nieuwe hoofdstuk geluid en licht (bij het HAVO-programma) had duidelijk de steun van de vertegenwoordigers van de vervolgoopleidingen.

IV. Verdere planning

- januari t/m juni : - bijstelling rapport
- ontwikkelen leerplan
- nascholingsbehoefte formuleren
- maart/april : - afsluitingsconferentie HAVO
- juli '87 : aanbieding eindrapport door WEN
- schooljaar 87/88 : adviesronde o.a. onderwijsraad
- juli '88 : vaststelling examenprogramma's
- augustus '88 : onderwijs volgens nieuwe programma's begint in
ca. 5 voorloopscholen HAVO
ca. 5 voorloopscholen VWO
- augustus '89 : alle scholen beginnen met nieuwe programma
- mei '90 : eerste experimentele HAVO-ex
- mei '91 : eerste reguliere HAVO-ex
eerste experimentele VWO-ex
- mei '92 : eerste reguliere VWO-ex.
- vanaf aug.'87 : - nascholing docenten op een aantal gebieden
- ontwikkeling en publicatie van voorbeeldopgaven
- ontwikkeling van voorbeelduitwerkingen van de
zelfstandige opdracht
- ontwikkeling van nieuwe c.q. bijstelling van
oude methoden/leerboeken.

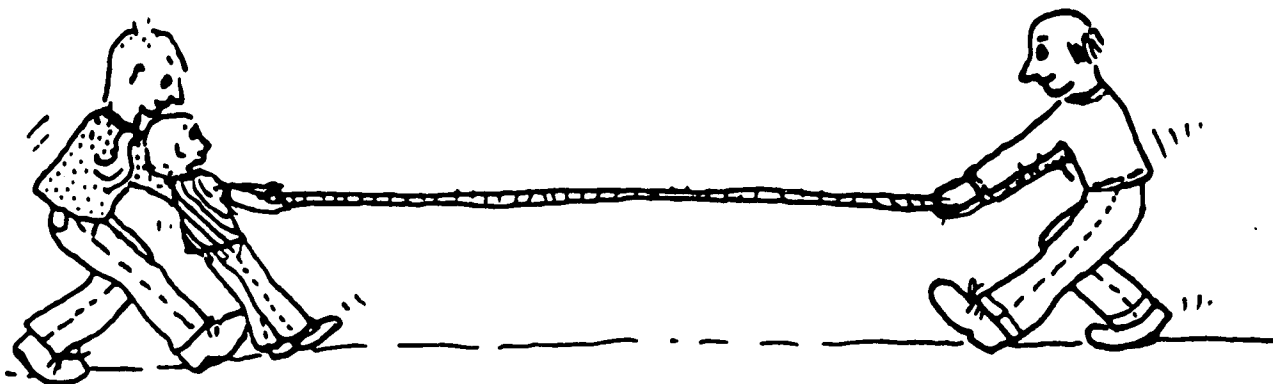
Het is de bedoeling dat vanaf '87 de invoering begeleid zal worden door een coördinator, waarvoor een aantal taakuren beschikbaar is, bijgestaan door een stuurgroep.

De WEN heeft daartoe contacten met het Ministerie, het PBN en het project-ITN. In bovengenoemde stuurgroep zullen wellicht een aantal (oud-)leden van de WEN zitting hebben.

In principe eindigen de werkzaamheden van de WEN rond de zomervakantie '87.

Touwtrekken tussen leefwereld en vakstructuur

Ton van der Valk



TOUWTREKKEN TUSSEN LEEFWERELD VAKSTRUCTUUR EN

1. Inleiding

Onderwijs geven in contexten betekent de leefwereld van de leerlingen op de een of andere manier, nadrukkelijker dan in 'kaal' onderwijs, in de les te betrekken. De voordelen daarvan zijn door andere sprekers vóór mij al breed uitgemeten.

In deze lezing zal ik ingaan op een moeilijkheid die samenhangt met de relatie tussen het natuurkunde-onderwijs en de leefwereld: het optreden van begripsproblemen bij leerlingen. Immers, vanuit de leefwereld beschikken leerlingen over *denkbeelden* over allerlei fysische verschijnselen. Deze denkbeelden maken veelal gebruik van termen die ook in de fysica een betekenis hebben, zoals kracht, stroom, arbeid, energie. Ze geven verklaringen die verschillen van de fysische verklaringen en die er vaak zelfs mee in strijd zijn. Leefwereld en vakstructuur beschouw ik als de twee polen, waartussen het leerlingdenken in de natuurkunde - en daarmee ook het natuurkundeonderwijs zelf - heen- en weergetrokken wordt. Wat ik precies met leefwereld en vakstructuur bedoel, zal ik in de loop van mijn verhaal

uitleggen.

Ik doe onderzoek naar begripsproblemen die bij leerlingen optreden rond de begrippen energie en arbeid in 4 en 5 VWO (v.d. Valk en Lijnse, 1986). Mijn voorkeur voor deze begrippen is onder andere ingegeven door mijn eigen ervaringen met lesgeven in HAVO/VWO-bovenbouw. Ik ontmoette elk jaar weer de volgende problemen:

1. Leerlingen lossen mechanica-probleempjes het liefste op met kracht, snelheid, versnelling etc. Ze komen niet zo snel spontaan op het idee om een oplosmethode via energie te proberen.
2. De leerlingen weten niet welke formule ze moeten gebruiken: de wet van behoud van mechanische energie, de wet van behoud van energie of de wet van arbeid en kinetische energie. Later komt daar nog de 1^e hoofdwet van de warmteleer bij. Hebben ze een 'formule' gekozen, dan komt de vraag welke krachten arbeid verrichten, en welke energiesoorten in de vergelijkingen meegenomen moeten worden.
3. Voor mijzelf was er altijd het probleem van de tekens in de 1^e hoofdwet: het teken voor de arbeid in die wet klopt niet met die welke je vanuit de mechanica zou verwachten. Ik wist wel dat dat verschil veroorzaakt wordt door een verschil "arbeid door een kracht" en "arbeid door een gas" maar hoe kon ik dat nu de leerlingen duidelijk maken?

In het kader van het VWO-bovenbouwproject van het PLON, de UvA en de RUG heb ik gewerkt aan lesmateriaal voor 5-VWO dat op dit punt nieuwe ideeën wilde introduceren, het blok Arbeid en Energie (PLON, 1985). Nu ben ik sinds een jaar bezig met onderzoek naar begripsontwikkeling van leerlingen en heb ik twee 5-VWO-klassen die met het thema Energie (PLON, 1986) en het genoemde blok bezig waren, intensief gevolgd. De voorbeelden die ik in deze lezing zal aanhalen, zijn voornamelijk afkomstig uit deze twee klassen.

Tijdens het schrijven van het blok 'Arbeid en Energie' en vooral tijdens dit onderzoek heb ik ontdekt dat bovengenoemde problemen sterk samenhangen met het gebruik van "leefwereld betekenissen" van energie en arbeid" in de natuurkundeles, niet alleen door de leerlingen maar ook door de school-natuurkunde zelf.

De vragen die ik in deze lezing exemplarisch zal proberen te beantwoorden zijn:

- * Welke zijn mogelijke begripsproblemen die voortkomen uit de verschillen tussen leefwereld begrippen en vakstructurele begrippen, met name betreffende energie en arbeid?
- * Hoe kun je d.m.v. context-onderwijs iets aan deze begripsproblemen doen?

2. Leefwereld.

Hoe kijkt een mens, in het bijzonder een leerling, aan tegen de fysische wereld om hem heen? Welke verklaringen voor fysische verschijnselen worden hem aangeboden vanuit de leefwereld?

Via de taal en via regels hoe je moet omgaan met apparaten of met de natuur, krijgt de leerling een zekere structuur aangeboden waarmee de wereld om hem heen hanteerbaar gemaakt en in een aantal opzichten ook verklaard wordt. Deze "leefwereldstructuur" wordt gekenmerkt door het specifiek toegesneden zijn op de diverse situaties die in het dagelijks leven relevant zijn. Daardoor mist het de interne samenhang en de logische consistentie die het kenmerk zijn van natuurkundige verklaringen.

In dit leefwerelddenken wordt een onderscheid gemaakt tussen processen, die

naar een natuurlijke toestand leiden en processen waarbij de natuurlijke toestand juist verstoord wordt. Volgens dit leefwerelddenken vallen dingen van nature naar beneden, komen bewegende voorwerpen tot rust en worden temperatuursverschillen opgeheven.

Deze processen gaan 'vanzelf'. Ze horen zo te gebeuren en er is eigenlijk geen behoefte aan het zoeken naar een oorzaak. Desnoods kunnen aan "dode" dingen menselijke trekjes gegeven worden: "een steen valt, omdat hij naar beneden wil". Ook wel wordt er een beroep gedaan op een wet, schijnbaar afkomstig uit de wetenschap: "Dat is nou eenmaal de wet van de zwaartekracht".

Termen als arbeid en energie worden in de leefwereld niet gebruikt in verband met dit soort processen. Ze worden gebruikt in situaties waarin fysische processen zich met een zekere, door mensen bepaalde, doelgerichtheid voltrekken. Deze - kunstmatige - processen verstoren het streven naar de natuurlijke toestand. Voor dit verstoren moet menselijke arbeid verricht worden waarvoor zowel voedsel als doelgerichte kracht ("energie") nodig is. Door zijn technisch vernuft heeft de mens ervoor gezorgd dat machines dergelijke arbeid kunnen verrichten.

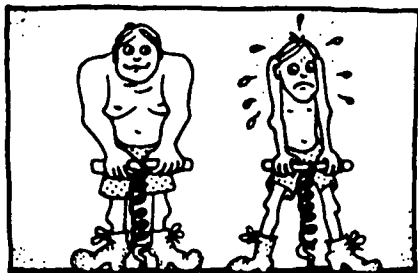
Naast deze betekenis, en die van "geesteskracht", heeft energie nog een betekenis gekregen die met name sinds de energiecrisis van 1973 gemeengoed is geworden. Deze is aan de natuurkunde ontleend, maar heeft sterke leefwereld accenten. In deze betekenis is energie een begrip waarmee alle vervangingsmiddelen van menselijke energie en voedsel samengevat worden: olie, gas, electriciteit etc. Door menselijk ingrijpen (in brand steken, schakelaar omzetten etc.) worden deze "energiebronnen" de oorzaak van 'kunstmatige' processen.

3. Denkbeelden over arbeid en energie.

Het oorzakelijk en procesmatig karakter heeft het begrip energie gemeen met het begrip kracht, waardoor het dan ook in veel formuleringen vervangen kan worden, zoals blijkt uit de zeven "denkbeelden" die Watts (1983) bij leerlingen heeft gevonden t.a.v. energie.

1. Energie is iets menselijks. Er wordt dan vaak gesproken over "energiek zijn", geen energie meer hebben om te.....; energie ergens in stoppen. Deze betekenis vind je in woordenboeken omschreven als "geesteskracht".
2. Energie als "opgeslagen kracht en oorzaak". In dit beeld is energie een krachtbron en een eigenschap van voorwerpen. Verschillende VWO-5-leerlingen omschrijven energie als "een kracht waarmee je arbeid kunt verrichten". Volgens dit beeld bezitten sommige voorwerpen energie, zoals een batterij of een steen die door de lucht vliegt. Andere voorwerpen hebben energie nodig. Bijvoorbeeld een lampje om te branden of een ruit om te barsten.
3. Energie als een sluimerend bestanddeel van sommige dingen. Door menselijk handelen wordt de energie opgewekt, "komt tot leven". Volgens dit beeld zit in voedsel geen energie, maar door het te eten krijg jij energie. Een steen op een steiger krijgt pas energie als je hem een zetje geeft, zodat hij gaat vallen. "Vrijgemaakte" energie kan dan verder doelgericht gebruikt worden bijvoorbeeld voor het opwekken van electriciteit in een centrale.

4. Energie als een product van een reactie. Als je plotseling hard aan een touw gaat trekken, straalt de energie als het ware van je af. In cartoons wordt dit vaak weergegeven.



figuur 2a: Zijn de zweetdruppels die bij krachtsinspanning vrijkomen energie? Uit: PLON, Krachten.



figuur 2b: Maakt de klap van Asterix energie vrij (de stervormige figuur)?

Ook het "opwekken" van energie door het verbranden van kolen kan onder dit denkbeeld vallen. Deze energie is, zoals rook, snel verdwenen, tenzij je er iets mee doet, zoals water verwarmen.

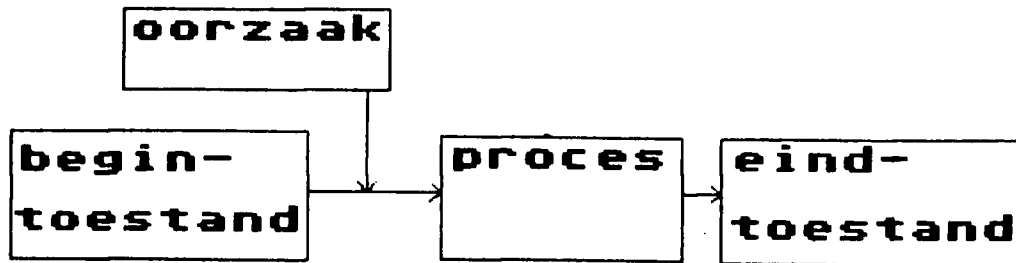
Vaak is het moeilijk denkbeeld 3 en 4 van elkaar te onderscheiden omdat uit leerlingantwoorden niet blijkt of energie voor het proces al aanwezig was (denkbeeld 3) of bij het proces geproduceerd wordt (denkbeeld 4).

5. Energie als klaarblijkelijke activiteit. In dit beeld is het proces zelf energie. Bijvoorbeeld sporten is energie, arbeid verrichten is energie. Dit beeld betreft vooral beweging, maar ook activiteiten als verwarmen, denken, licht geven en dergelijke.
6. Energie als iets functioneels, dat het leven voor de mensen makkelijker maakt. In dit beeld is energie vooral bedoeld als dat wat door de energiebedrijven geleverd wordt. Woorden als leveren, nodig zijn voor, gebruiken en verbruik enz. horen typisch bij dit beeld. Energie is daarbij synoniem voor stroom, electriciteit, aardgas, kolen enz.
7. Energie als een soort vloeistof. Dit denkbeeld treedt vooral naar voren als het over warmte of electriciteit gaat. De begrippen stroom, stroomverbruik en energie, energieverbruik worden dan als synoniemen gebruikt. Overigens wordt ook vaak in de natuurkunde het beeld gebruikt van energie als een soort vloeistof. Men praat over energiestromen die van het ene lichaam in het andere overgaan.

Leerlingen gebruiken bovenstaande denkbeelden door elkaar. Als er gevraagd wordt naar een toelichting, proberen ze vaak het ene denkbeeld uit te leggen met het andere.

Het is goed dat we ons realiseren dat deze denkbeelden ook veel door onszelf gebruikt worden. Ze komen tegemoet aan een behoefte die we allemaal hebben om dingen eenvoudig te zeggen. De vraag is nog in hoeverre deze ook geschikt zijn voor het leren en onderwijzen van natuurkunde.

Vanuit de natuurkunde bekeken zijn bovenstaande denkbeelden niet erg bevredigend. Energie wordt voorgesteld als iets materieels, dat echter niet behouden is. Het heeft een concreet karakter van brandstof of activiteit en heeft vooral te maken doelgerichte activiteiten van mensen. Meestal wordt energie gebruikt om een oorzaak aan te geven en om een proces te beschrijven, maar slechts zelden om het verschil tussen begin- en eindtoestand te geven. Dat alles conflicteert met het begrip energie zoals dat in de vakstructuur verankerd zit.



figuur 3: Verklaringsschema van situaties vanuit het fysische begrip energie:

- begin- en eindtoestand worden o.a. gekenmerkt door de toestandsgrootheid energie;
- grootheden die in oorzakelijke verklaringen een rol spelen zijn o.a. kracht, temperatuurverschil en potentiaalverschil.
- warmte, arbeid, straling zijn grootheden die in het proces een rol spelen.

Ook ten aanzien van arbeid bestaan leerlingdenkbeelden die aansluiten bij bovengenoemde denkbeelden van Watts over energie.

1. Arbeid als menselijke activiteit. Dit denkbeeld sluit aan bij het denkbeeld energie als iets menselijks. De mens verricht arbeid. Of als vervanger van de mens verricht een machine arbeid. Dit beeld sluit aan op de thermodynamische visie op arbeid waarin het systeem, waaraan energie onttrokken wordt, arbeid verricht. Het sluit niet aan op het begrip arbeid uit de mechanica, dat stelt dat de kracht op een systeem arbeid verricht.
2. Arbeid als een nuttige energiesoort. Dit denkbeeld ligt in het verlengde van de denkbeelden 5 en 6, energie als klaarblijkelijke activiteit en energie als iets nuttigs. In deze zin wordt arbeid, net als energie, geleverd of er kan arbeid nodig zijn. Een leerling geeft als voorbeeld: arbeid die verricht wordt om een auto te laten rijden.
3. Arbeid als vrijkomende kracht. Als een bijvoorbeeld in mensen 'opgeslagen kracht' vrijkomt wordt er arbeid verricht. Een leerlinge omschrijft arbeid als een kracht in de vorm van energie. Een andere leerling schrijft: Overal waar kracht geleverd wordt, wordt arbeid verricht. Leerlingen die van dit denkbeeld gebruik maken zeggen soms dat de arbeid gelijk blijft als je even hard blijft werken. Arbeid heeft dan iets als vermogen. Zie ook §6.
4. Arbeid = Beweging. Er zijn VWO-5-leerlingen die dat letterlijk zo opschrijven. Ook wordt arbeid omschreven als "het verplaatsen van iets".

Deze denkbeelden betreffende arbeid worden, meer nog dan die over energie, vaak expliciet in de schoolnatuurkunde gebruikt. Dat geldt met name voor de denkbeelden 1, 2 en 4. Daarvoor kunnen goede didactische redenen zijn, alhoewel hierin ook een (mede-)oorzaak kan liggen voor begripsproblemen (zie mijn §6).

4. De vakstructuur.

Wat de vakstructuur is lijkt in eerste instantie eenvoudiger te zeggen dan wat leefwereld is. Het is het geheel aan regels en wetten, waarmee natuurkundig gezien de wereld beschreven wordt. In tegenstelling tot de leefwereld heeft het een strakke, wel omlinjnde structuur. Het is een hecht samenhangend bouwwerk waar binnen de logische consistentie de hoogste eis is dat het logisch consistent opgebouwd is. Dit geeft de vakstructuur een hoogst abstract karakter. De wiskunde speelt er dan ook een belangrijke rol in.

In tweede instantie blijkt het bouwwerk toch zo ingewikkeld in elkaar te zitten, dat de vraag rijst: wat is de vakstructuur nu precies?

Een voorbeeld: geometrische optica is in zekere zin achterhaald en vervangen door de golfoptica die een meer-omvattende theorie is gebleken waarbinnen de geometrische optica slechts als een benaderingsmethode zinvol is gebleven. De golfoptica is op zijn beurt opgenomen in de theorie waarbij licht voorgesteld wordt als fotonen met enerzijds een golf- anderzijds een deeltjeskarakter.

Nu kun je ruwweg vanuit twee motieven binnen het vak natuurkunde werken:

- * het unificerende motief om de hele natuurkunde te vangen in één samenhangend en consistent bouwwerk, zonder overbodige begrippen.
- * het specialiserend, pragmatische, motief dat detailproblemen wil doorgronden op een voor het gebied geëigende en praktisch gebleken wijze (van Aalst, 1986).

Vanuit het unificerend motief zijn geometrische optica en zelfs de golfoptica overbodig. Vanuit het specialistische standpunt is het een ramp om de geometrische optica over boord te zetten. Een fraai voorbeeld van hoe je vanuit het specialiserend, pragmatische, motief met de natuurkunde kunt omgaan hebben we op de Woudschotenconferentie van vorig jaar kunnen horen: de lezing van dr. Braat over de compactdisk. Braat switchte naar believen van het geometrische model naar het golfmodel of naar het fotonenmodel, al naar gelang dat nodig was vanuit zijn praktische probleem: hoe lees ik een compactdisk met laserstraal.

Behoort de geometrische optica nu tot de vakstructuur, die consistent wil mogelijk wil zijn en zo economisch mogelijk met begrippen wil omgaan? Vanuit strikt unificerend standpunt is het antwoord: nee. Een begrip als lichtstraal kan vervangen worden door een bundel fotonen. Dan worden er geen overbodige begrippen ingevoerd.

Ja is het antwoord vanuit het specialiserende, pragmatische motief: met lichtstralen kan ik veel makkelijker beschrijven welke eisen ik aan een lens moet stellen in een bepaalde situatie dan met een fotonenbundel.

Net als de leefwereld blijkt de vakstructuur opgebouwd te zijn uit een groot aantal sub-structuren die vrij los staan van elkaar. Maar in tegenstelling tot die binnen de leefwereld kunnen ze zo ge(her-)formuleerd worden dat ze met elkaar in overeenstemming zijn.

In de schoolnatuurkunde wordt traditioneel slechts aandacht besteed aan één van de twee motieven: de unificerende. Deelgebieden zoals de geometrische optica worden onderwezen alsof ze een afdoende verklaring voor de verschijnselen geven, hoewel dat later onjuist blijkt te zijn.

5. Energie en arbeid in de vakstructuur.

Het begrip energie speelt een belangrijke, overkoepelende rol in de beschrijving van de natuurkundige wereld. Het is dan ook een uiterst abstract begrip met veel aspecten. Je kunt niet zo maar even zeggen wat energie nu precies is in de natuurkunde. Een in schoolboeken veel gehanteerde definitie als 'het vermogen om arbeid te verrichten' voegt niets toe aan het leerlingbegrip en kan eigenlijk alleen maar verwarring stichten (Lehrman 1973).

Zo is het in de praktijk, maar ook volgens de 2^e hoofdwet (in kringprocessen) principieel onmogelijk alle energie van een systeem te gebruiken om arbeid te verrichten. Niettemin is deze definitie hanteerbaar, maar dan als eindconclusie van een lessenreeks in 5-VWO, niet al beginpunt.

Aspecten van energie.

Energie heeft vanuit de vakstructuur gezien 5 te onderscheiden aspecten (Duit, 1984):

- Het eerste aspect is dat energie *omgezet* kan worden van de ene energiesoort in de andere.
- Daarbij blijft de totale hoeveelheid energie *behouden* hetgeen het tweede aspect van energie is.
- Energie kan ook *overgedragen* worden. Dat is het derde aspect. Overdracht van energie kan plaatsvinden door: 1) *warmte-uitwisseling* ten gevolge van temperatuursverschillen, 2) door *arbeid* (zie volgende blz.), 3) door "intermediaire" energiesoorten; dat zijn energiesoorten die alleen voorkomen als er sprake is van overdracht van energie. Elektrische energie (niet van statische, maar van stromende lading) is daarvan een voorbeeld, evenals stralingsenergie, de energie van fotonen.
- Het vierde aspect is dat er bij energie omzettingen altijd sprake is van *degradatie* van energie. Fysisch gesproken de entropie neemt toe. Simpel gezegd neemt de gebruikskwaliteit van energie af.
- Het laatste aspect is de *conceptualisatie* van energie als een abstracte kwantitatieve fysische grootheid waarmee je via een aantal rekenregels kunt omgaan onder de veronderstelling dat het geheel behouden blijft. Er zijn wel verschillende soorten van energie maar die zijn slechts uiterlijk verschillende verschijningsvormen van in wezen hetzelfde. Energie is een toestandsgrootheid die het verschil tussen de toestand vóór en ná een proces weergeeft.

Aspecten van arbeid.

Arbeid heeft zowel betrekking op het proces van omzetting van de ene energiesoort in een andere als op de overdracht van energie van het ene systeem naar het andere.

In de mechanica wordt arbeid, in de zin van een kracht waarvan het aangrijpingspunt wordt verplaatst, gezien als oorzaak van een verandering van een energiesoort en wel de soort die verbonden is met de betreffende kracht. Als de kracht conservatief is geldt:

$$W_{A \rightarrow B} = -\Delta E_{\text{pot}} = -(E_{\text{pot} B} - E_{\text{pot} A})$$

De arbeid wordt door de betrokken kracht verricht.

Als de betrokken kracht niet conservatief is ontstaat er (ook) warmte, zoals bij arbeid door de wrijvingskracht of door een reële veerkracht.

In de thermodynamica kijkt men anders tegen arbeid aan. Ogborn (1986) zegt zelfs dat het mechanische en het thermodynamische begrip arbeid essentieel

van elkaar verschillen.

In de thermodynamica wordt arbeid door een systeem verricht en wel alleen in het geval dat er sprake is van een geordende energie-overdracht van het beschouwde systeem naar een ander systeem, waarmee het een (krachts)wisselwerking heeft. Er is dan sprake van een energie-overdracht zonder entropieverandering. Ogborn (1986) wijst erop dat een wrijvingskracht in principe geen arbeid in de thermodynamische zin verricht, maar dat dat gezien moet worden als verwarmen, voor een deel van de betrokken energie zelfs het verwarmen van het zelfde systeem, waarbij dus geen sprake is van overdracht van energie.

Dit verschil tussen mechanische en thermodynamische arbeid is - naar mijn weten - niet storend voor de vakspecialisten in de mechanica en de thermodynamica. De thermodynamici houden zich in eerste instantie niet bezig met de vraag in welke vorm de energie, die via arbeid door het verplaatsen van een zuiger aan de omgeving wordt overgedragen, teruggevonden wordt. Dat deze arbeid via de arbeid door een andere kracht, de wrijvingskracht, uiteindelijk in warmte wordt omgezet, die gedeeltelijk tot verhoging van de inwendige energie van het systeem kan leiden is van secundair belang. Arbeid wordt min of meer 'verzelfstandigd' tot een energiesoort die het systeem verlaat: niet de eindtoestand, maar het proces wordt bekeken. Veelzeggend is wat dat betreft de notatie van de 1^e hoofdwet in de thermodynamica:

$$\begin{array}{rcccl}
 Q & = & \Sigma \Delta E & + & W \\
 \text{proces-} & & \text{toestands-} & & \text{proces-} \\
 \text{grootheid} & & \text{grootheid} & & \text{grootheid}
 \end{array}$$

Een aantal auteurs (Warren 1981, Mantei en Täubert 1981, Sherwood 1983) bepleiten dan ook de vorm:

$$\begin{array}{rcccl}
 Q & + & W & = & \Sigma \Delta E \\
 \text{procesgrootheden} & & & & \text{toestandsgrootheden}
 \end{array}$$

waarbij de arbeid niet door het systeem op de omgeving, maar door de kracht van de omgeving op het systeem wordt verricht. Zowel voor Q als voor W geldt dan dat ze positief zijn als de energie van het systeem toeneemt. Dit is in overeenstemming met de tekenconventie in de mechanica.

Waarom is het nu nodig in de schoolnatuurkunde het mechanische en het thermodynamische begrip arbeid met elkaar in overeenstemming te brengen? Als de thermodynamica alleen op gassen toegepast wordt zou er niet zoveel reden toe zijn. Als je echter ook naar de arbeid door mensen gaat kijken, moet je én naar het mechanische aspect (kracht en verplaatsing) én naar het thermodynamische aspect (de energie-overdracht) gaan kijken.

Het is belangrijk om naar arbeid in de context van zich inspannende mensen te kijken omdat veel leerlingdenkbeelden zich rond die context gevormd hebben en omdat de strikt mechanische opvatting van arbeid in conflict is met die denkbeelden, zoals ik zo dadelijk zal aantonen.

In mijn opvatting kan het conflict dat Ogborn signaleert opgelost worden door de volgende aspecten aan het begrip arbeid toe te kennen. Deze worden zowel aan de mechanica als aan de thermodynamica ontleend:

Eerste aspect: de conceptualisatie van arbeid: arbeid is een kwantitatieve, abstracte grootheid die aangeeft hoeveel energie er betrokken is bij het proces van energie-overdracht en omzetting van een systeem naar een ander systeem, dat een kracht op het eerste uitoefent, welk proces plaatsvindt vanwege de verplaatsing van het aangrijpingspunt van de genoemde kracht.

N.B. Door het begrip arbeid op te hangen aan kracht en de verplaatsing van

het aangrijpingspunt daarvan is het niet nodig om het verband met $S = 0$ (geen entropieverandering) te leggen, maar kan bewezen worden dat $S = 0$ als de kracht een conservatieve kracht is.

Tweede aspect (het mechanische aspect): Arbeid wordt door een kracht verricht op het systeem waarop de kracht werkt en kan berekend worden door:

$$dW = F \cdot ds$$

(arbeid wordt dus niet door een systeem verricht. Dit voorkomt ook verwarring in het geval dat een systeem arbeid t.g.v. twee verschillende krachten, die gelijktijdig werken, verricht).

Derde aspect (het omzettingsaspect): onder invloed van conservatieve krachten verandert de met de betreffende kracht corresponderende potentiële energie van het systeem volgens:

$$W_{A \rightarrow B} = -(E_{pot B} - E_{pot A}) = -\Delta E_{pot}$$

Onder invloed van arbeid door niet conservatieve krachten ontstaat warmte die door (één van beide systemen opgenomen kan worden).

Vierde aspect (het overdrachtsaspect): arbeid geeft aan hoeveel energie er wordt overgedragen van het ene systeem naar het andere. De arbeid wordt positief gerekend als de energie van het systeem toeneemt. De eerste hoofdwet krijgt dan de vorm:

$$W + Q = \Delta E_k + \Delta E_{pot} + \Delta E_{th} + \dots$$

waarbij E_k berekend kan worden via:

$$\begin{aligned} (\Sigma F) \cdot \Delta s_{zw} &= \frac{1}{2}mv^2 \\ \text{en } E_{k \text{ rot}} &= (\Sigma M) \cdot \Delta \phi = \frac{1}{2}J\omega^2 \end{aligned}$$

Een systeem wordt echer altijd "vanaf de buitenkant" bekeken. Daarom wordt arbeid die binnen een systeem verricht wordt niet gezien, maar enkel het resultaat ervan: de omzetting van de ene energiesoort in de andere.

De omzetting van chemische energie in warmte bij een mens die stil staat met een koffer aan zijn handen is daarvan een voorbeeld. Als je het subsysteem bekijkt van spieren dan zijn daar op microniveau wel allerlei verplaatsingen en daar kun je het "arbeidsproces" welke resulteert in omzetting van chemische energie in warmte, wel bestuderen. Maar vanwege je systeemkeuze kijk je bij het dragen van een koffer alleen maar naar de krachten van buitenaf op het systeem. Geen van die krachten verricht arbeid, maar de 'toestandsverandering' moet beschreven worden als omzetting van chemische energie van het systeem in warmte die het systeem verlaat.

Vanuit dit arbeidsbegrip is het blok 'Arbeid en Energie' geschreven en in die zin moeten woorden als 'systeem' en arbeid in het nu volgende voorbeeld opgevat worden.

6. Begripsproblemen.

Het leefwereld denken en het vakstructurele denken verschillen hemelsbreed van elkaar. Dat leidt met name in de onderbouw tot begripsproblemen die ieder van ons dagelijks in de klas kan constateren. Wie mocht denken dat begripsproblemen van deze soort in 5-VWO overwonnen zijn moet ik teleurstellen. De problemen doen zich nog in volle hevigheid voor, maar wel zijn ze

van karakter veranderd en daardoor moeilijker te herkennen. De leerlingen uit VWO-5 hebben geleerd de fysische terminologie te hanteren. De begripsproblemen gaan daardoor schuil achter het gebruik van formules, vectorteekeningen en fraaie fysische woorden. Ik zal me beperken tot de onderwerpen energie en arbeid in situaties waarin van beweging sprake is en ik kies één situatie waar ik diep op in zal gaan:

Touwtrekken.

"Bij een touwtrekwedstrijd wint de sterkste partij, de partij die de meeste kracht kan leveren." Dit is een "leefwereld"-uitspraak. Iedereen weet wat ermee bedoeld wordt. Maar hoe "vertaal" je deze uitspraak nu zo dat je een fysisch juiste uitspraak krijgt?

Ik stel deze vraag algemeen, omdat ik van mening ben dat je botsingen tussen leefwereld en vakstructuur pas kunt oplossen ten voordele van het fysische inzicht als je zo'n vertaling kunt maken.

Ik stel deze vraag in het bijzonder over touwtrekken, omdat het mogelijk is aan de hand van deze situatie dergelijke botsingen op verschillende niveau's aan te tonen.

Ik ga diep op deze situatie in, omdat het fysische analyseren van zo'n realistische situatie leidt tot beter inzicht in de didactiek van de natuurkunde en in de eisen die van daaruit aan een eindexamenprogramma gesteld moeten worden.

Tot slot leidt het analyseren van dit soort realistische situaties tot inzichten die op "specialistisch niveau" hun waarde hebben b.v. voor een trainer bij het vergroten van de kans om een touwtrekwedstrijd te winnen. En dat spreekt bovenbouw-leerlingen aan.

Nu de situatie: ik neem een vraagstukje over touwtrekken uit het blok "Arbeid en Energie". De discussies daarover heb ik geobserveerd in een leerlingengroep.

2 TOUWTREKKEN

Bij het touwtrekken sleept een man twee kinderen met 10 cm/s drie meter door het zand heen. De kracht in het touw is daarbij $3 \cdot 10^2$ N. Bekijk het systeem 'man' en het systeem 'kinderen'.

- Teken de krachten die op beide systemen werken en de eventuele wegen waarover die krachten verplaatst worden.
- Stel de energievergelijking van beide systemen op.
- Bepaal hoeveel chemische energie in beide systemen is omgezet als in beide systemen 10^4 J warmte is vrijgekomen tijdens dit deel van de touwtrekwedstrijd.

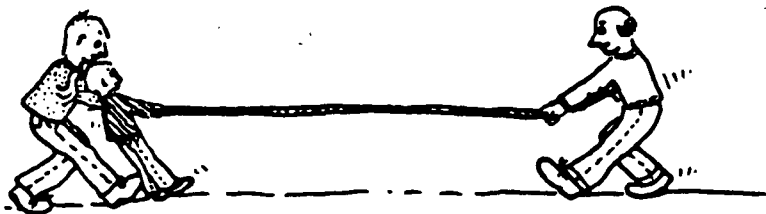


fig. 3.2 De man sleept de kinderen voort

figuur 5:

Deze situatie ziet er niet uit als een echte touwtrekwedstrijd. Dan is de beweging zelden eenparig: het trekken gaat met rukken en de kunst is de

tegenstander uit evenwicht te brengen.

Niettemin kun je de touwtrekwedstrijd ruwweg verdelen in tijdjes waarin er sprake is van snelheidsveranderingen en tijdjes waarin er geen snelheidsveranderingen zijn.

Laten we vooraf zo'n periode van snelheidsverandering bekijken, zodat daarover zo dadelijk geen misverstanden zijn. Laten we, om binnen het vraagstuk te blijven, maar aannemen dat de man gedurende 1 seconde inderdaad een grotere kracht uitoefent dan de kinderen, waardoor de snelheid van 0 tot 10 cm/s toeneemt. Laten we verder aannemen dat de man 70 kg is en de kinderen samen ook.

Ook ik ben geneigd te zeggen dat de man gedurende die ene seconde *meer* kracht heeft *geleverd*. Maar wat betekent dat nu fysisch?

1. Je zou naar de stoot kunnen kijken die de man geleverd heeft in die ene seconde:

$$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$$

$$F \cdot 1 = (70+70) \cdot 0,1$$

$$F = 14 \text{ N}$$

Hij heeft dus 14 N meer kracht uitgeoefend dan de kinderen.

Dat is niet veel op de 300 N, de spankracht in het touw bij constante snelheid. In een echte touwtrekwedstrijd tussen 2 personen is de spankracht in het touw ongeveer van die grootte, maar en de snelheidsverandering is kleiner, zodat de 'extra kracht' ook kleiner is. Deze alléén kan het verschil in inspanning niet verklaren.

2. Je kunt naar de toename van kinetische energie kijken:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - 0$$

$$= \frac{1}{2} (70+70) \cdot (0,1)^2$$

$$= 0,7 \text{ J.}$$

Ook dat is niet het grote getal dat je zou verwachten op grond van de inspanningen die tijdens zo'n touwtrekwedstrijd geleverd worden.

De conclusie is dat het 'meer kracht leveren' slechts voor een heel klein deel in het versnellen zit,

Dus we moeten toch maar het geval nader analyseren waarin de snelheid eenparig is. Ik zal daarbij inbrengen hoe de discussie in de geobserveerde groep verliep.

Begripsprobleem 1: de krachten.

Direct bij het begin, bij het tekenen van de krachten, ontstaat in het groepje een interessante situatie.

Eé leerling (S) tekent:



Figuur 6.

Na enige discussie zijn de andere twee leerlingen van het groepje het erover eens dat de som van de krachten nul moet zijn omdat er geen versnelling is. S ziet wel wat in die redenering maar kan het niet met zijn "gevoel" voor deze situatie in overeenstemming brengen. Hij gaat even voor zichzelf nadenken. Dan gaat de discussie als volgt verder:

(S, R en W zijn de leerlingen, Ob is de observator).

- S Als je het vanuit de leerlingen bekijkt, die moeten die kant op zeg maar, dus weg van de man.
- W Dat willen ze zeg maar.
- S Ja dat willen ze, die oefenen een bepaalde kracht uit op dat touw. Dat is positief zeg maar, want hun moeten die kant op. Dus moet volgens mij de kracht van de man groter zijn.
- W Natuurlijk niet. De kracht van de man kan toch nooit groter zijn. Er is een constante snelheid. Als je zegt dat de kracht van de man groter is dan zou er geen constante snelheid zijn, maar dan zou die versnellen want de kracht blijft dan constant groter.
- S Nee dat hoeft niet. De wrijving neemt ook toe.
- W Dus zal er een waarde zijn waarvoor.
- R Hij blijft gewoon 10 cm/s.
- W Er is natuurlijk wel een waarde waarbij.....de wrijving ook gaat rekenen.
- R Ok, die rekenen we nou niet mee.
- W Nee?
- R Die moet je gewoon buiten beschouwing laten.....in dit model.
- W Zij hebben natuurlijk meer wrijving dan hij.
- Ob Welke wrijving bedoel je?
- W Wrijving met de grond in dit geval.

W is aan het twijfelen gebracht door het wrijvingsargument van S. De vraag is wat 'de kracht van de man' nu is (zie ook Vegting 1986 over de kracht van en door) en wat wrijving nu is.

De fout die S in het bovenstaande protocol maakt is een bekende fout uit de mechanica, die zijn oorzaak vindt in het denkbeeld dat kracht een activiteit is, evenals wrijving.

Als de 'kracht van de man' opgevat wordt als het (arbeids)vermogen dat de man levert en 'zij hebben meer wrijving' als 'de arbeid door de wrijvingskracht op de kinderen is groter' dan klopt wat ze zeggen. Maar de leerlingen hebben geleerd hun woord kracht altijd te identificeren met het natuurkundige begrip, de vectorpijl met een F erbij.

Het argument dat S inbrengt "de wrijving neemt dan ook toe" hoeft in dit licht niet opgevat te worden als wrijvingskracht die toeneemt, maar als het vermogen dat via de wrijvingskracht gedissipeerd wordt. Dat vermogen neemt immers toe met toenemende snelheid (zie ook het einde van deze paragraaf).

Begripsprobleem 2: verandering van kinetische energie bij constante snelheid.

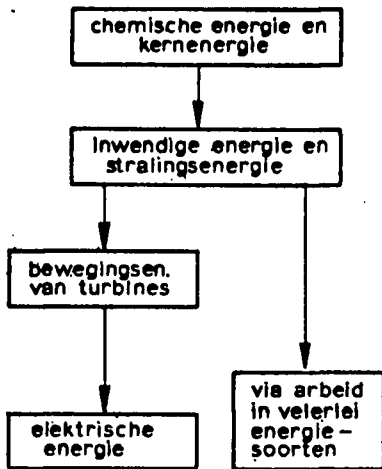
Nu kunnen we gaan kijken naar vraag b, het opstellen van de 'energievergelijking'. Deze uitdrukking kennen de leerlingen uit het boek. Het rechterlid van de vergelijking geeft welke energieën in het beschouwde systeem worden omgezet en het linkerlid geeft hoeveel energie er via arbeid of warmteoverdracht aan het systeem wordt toegevoerd. De vergelijking heeft de in §5 vermelde algemene vorm:

$$W + Q = \Delta E_k + \Delta E_{pot} + \dots$$

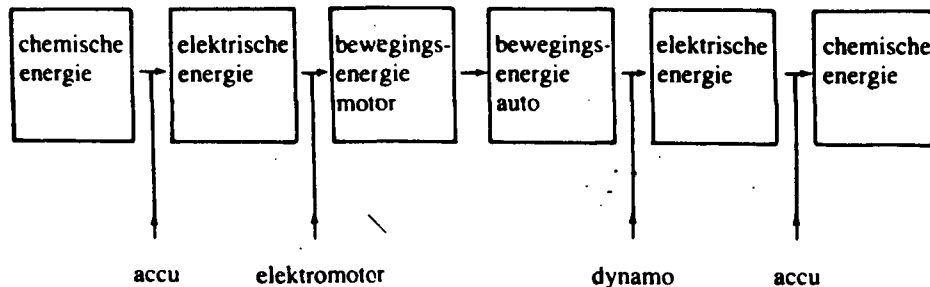
Nu doet zich een volgend begripsprobleem voor. Volgens de leerlingen is de toename van de kinetische energie groter dan nul. Uit mijn eigen lesvaaringen heb ik nooit begrepen waarom leerlingen dat zeggen, terwijl de

snelheid zo overduidelijk constant is. Nu is me gebleken dat de leerlingen in eerste instantie bij kinetische energie niet aan $\frac{1}{2}m \cdot v^2$ denken maar intuïtief aan de inspanning, de energie die nodig is om de snelheid te behouden. Het denkbeeld energie = activiteit kan daaraan ten grondslag liggen. Het is in zekere zin de energetische pendant van het denkbeeld dat er een kracht nodig is om de snelheid constant te houden.

Het is ook geen wonder dat dit begripsprobleem zich voordoet. Het constant draaien van een machine of motor wordt in natuurkunde boeken vaak als een tussenstap gepresenteerd waarin de kinetische energie verandert.



figuur 7a: omzetting in bewegingsenergie in een geval waarin de snelheid (van de turbines bij normaal draaien) constant is. (Uit: Schweers en v. Vianen, Natuurkunde op corpusculaire grondslag deel 2.)

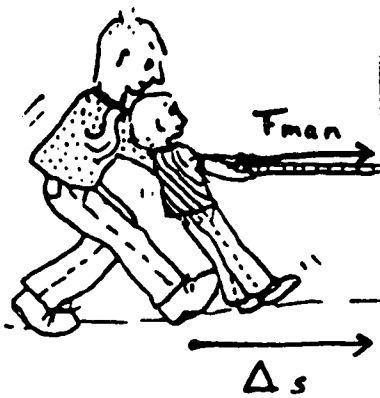


figuur 7b: Omzettingsschema uit Middelink, Systematische natuurkunde 1: De bewegingsenergie van auto en motor is in feite constant en wordt niet omgezet.

In al deze schema's staat kinetische energie in feite voor de activiteit "arbeid verrichten". Dit komt voort uit de behoefte een energie-omzetting te beschrijven als een proces, terwijl dat alleen maar zin heeft als resultaat van een proces. Bijv. het resultaat: warmte-ontwikkeling bij boren is wel juist, maar in de meeste leefwereldsituaties onbevredigend: het gaat immers om het geboorde gat. Dat resultaat is echter niet in energie-termen te geven. Vandaar dat men liever, in dit verband foutief, op het boren zelf ingaat.

Begripsprobleem 3: negatieve arbeid.

Intuïtief zeggen de leerlingen dat "de man een negatieve arbeid levert aan de kinderen". Zij worden immers de verkeerde kant op getrokken. Ga je echter kijken naar de richting van de kracht en de weg, dan blijken deze gelijk gericht.



figuur 8:

Ze moeten daarvoor een oplossing zoeken. Eén oplossing is: Δs is negatief omdat de kinderen de andere kant op willen. Dat blijkt uit het volgende stukje protocol:

S Wacht even die worden verplaatst hé die kinderen, die gaan 3 meter sszzjt, en ze worden verplaatst in de richting 3 meter verder dus die krijgt een negatieve richting.

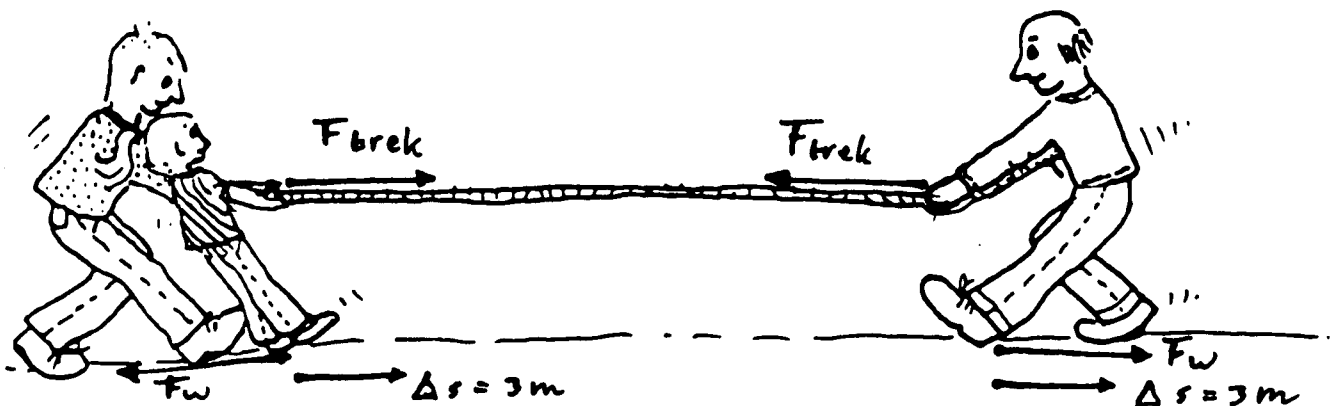
Hier wreekt zich het denkbeeld 'arbeid als nuttige energiesoort'. Vanuit dat denkbeeld is 'onnuttige' arbeid negatief. Er wordt geen verband gelegd tussen arbeid en overgedragen energie. Een uitkomst, die de leerlingen later in de discussie bereiken, dat de arbeid door de man en de arbeid door de wrijvingskracht tesamen nul zijn wordt dan ook niet aanvaard met de uitspraak: "Mooi dan is je snelheid dus nul".

Begripsprobleem 4: arbeid door afzetkrachten.

Dit begripsprobleem ontstaat niet vanuit de leefwereld van de leerlingen maar vanuit de traditionele "leefwereld" van de schoolnatuurkunde: de puntmassa-mechanica. Omdat punt toe te lichten zal dit probleem eerst oplossen via de "energievergelijking", die ervan uitgaat dat arbeid door krachten op een systeem wordt verricht.

De energievergelijking voor de kinderen.

De kinderen houden zich star en laten zich door het zand voortslepen. Voor hen geldt:



figuur 9

$$W_{\text{trek}} = +300.3 = 900 \text{ J}$$

$$W_{\text{wr}} = -300.3 = -900 \text{ J}$$

als ze 3 meter door het zand getrokken worden. Bij hen komt energie via arbeid door de trekkracht binnen en evenveel energie verlaat hun systeem weer via arbeid door de wrijvingskracht. Wel zetten ze chemische energie om, nodig om zich star te houden, maar al die energie wordt overgedragen aan de lucht als warmte. Dat blijkt uit de energievergelijking voor hun systeem:

$$W_{\text{trek}} + W_{\text{wr}} + Q = \Delta E_k + \Delta E_{\text{ch}}$$

$$900 \text{ J} - 900 \text{ J} + Q = 0 + \Delta E_{\text{ch}}$$

dus:

$$Q = \Delta E_{\text{ch}}$$

De energievergelijking van de man.

De trekkracht op de man verricht negatieve arbeid, -900 J. Dat wil zeggen dat er via die arbeid energie naar "buiten" wordt overgedragen.

Op het eerste gezicht verricht de wrijvingkracht op de man ook arbeid, +900 J. Dat is nogal merkwaardig: een positieve arbeid door de wrijvingskracht! Dat zou willen zeggen dat de man van de grond 900 J energie overgedragen krijgt!! Dat is natuurlijk onzin. Die 900 J komt niet van de grond maar van omzettingen van chemische energie van de man zelf. Dat betekent weer dat de wrijvingkracht geen arbeid verricht of alleen negatieve arbeid, als de voeten over de grond slippen. Dat klopt: de man houdt zich niet star, maar hij neemt stappen. De wrijvingskracht werkt zo lang een voet op de grond staat, maar verdwijnt zodra de voet wordt opgetild. Het aangrijpingspunt van de wrijvingskracht wordt dus niet verplaatst. Je kunt het ook zo bekijken: de man kan blijven staan en het touw inpalmen.

De wrijvingskracht op de man is nodig om zich te kunnen afzetten, om de omgezette chemische energie effectief te kunnen gebruiken. Op een spiegelgladde vloer lukt dat niet. Dit geldt voor alle afzetkrachten, bij rijden, bij springen, bij lopen enz., in alle gevallen dat er een "interne energiebron" is, die voor bewegen aangewend wordt.

De energie vergelijking van de man wordt:

$$W_{\text{trek}} + W_{\text{wr}} + Q = \Delta E_k + \Delta E_{\text{ch}}$$

$$-900 + 0 + Q = 0 + \Delta E_{\text{ch}}$$

Hieruit blijkt dat de man méer chemische energie omzet dan de kinderen, per seconde 30 J meer. Dat komt neer op een vermogen van 600 W als het rendement van deze omzetting 5% zou zijn, wat me een reële schatting lijkt. 600 W is een behoorlijke inspanning als je nagaat dat het maximum vermogen van een mens 600 à 800 W is.

Nu is het mogelijk de intuïtieve uitspraak: "de man levert meer kracht" in juiste natuurkundige termen te vertalen: "de man levert meer vermogen" of beter nog "de man levert een groter effectief vermogen". "Meer arbeidsvermogen" zou ook mooi zijn ware het niet dat arbeidsvermogen een omschrijving van energie is (dus niet een echt vermogen).

Overigens is me in mijn onderzoek opgevallen dat leerlingen kracht en ook arbeid (zie het 'arbeidsdenken' 3 hiervóór) intuïtief zien als een vermogen, iets dat niet groter wordt als je "even hard" blijft werken. In de vragenlijst die ze vóór de gevolgde lessenserie hebben ingevuld kwamen een

aantal van hen zelfs aan met de formule:

$$W = F \cdot t$$

Des te bevredigender is het om tot de bovengenoemde vertaling te komen: misschien staan leefwereld en vakstructuur soms toch minder ver uit elkaar dan op het eerste gezicht lijkt, maar is het de schoolnatuurkunde die "vervreemdend" werkt. In dit geval door het intuïtieve woord kracht altijd maar te identificeren met het natuurkundige begrip kracht.

Maar er is nog een oorzaak waardoor de schoolnatuurkunde zich van de realiteit vervreemd. Welke aanknopingspunten biedt dat programma om de touwtrek-situatie fysisch te analyseren in termen van energie en arbeid?

* de 1^e hoofdwet van de warmteleer: maar die hoeft volgens de WEN alleen maar "toegepast te kunnen worden op systemen waarin een gas uitwendige arbeid verricht".

* de wet van arbeid en kinetische energie: dat lijkt een goede mogelijkheid:

$$\Sigma W = \Delta E_k$$

Toegepast op de kinderen wordt die:

$$\begin{aligned} W_{t\text{rek}} + W_{wr} &= \Delta E_k \\ 300.3 - 300.3 &= 0 \end{aligned}$$

Dat klopt maar levert geen nieuwe informatie op, in tegenstelling tot de door mij gebruikte 'energievergelijking'. Toegepast op de man wordt de wet van kinetische energie en arbeid:

$$\begin{aligned} W_{t\text{rek}} + W_{wr} &= \Delta E_k \\ -300.3 + ? &= 0 \end{aligned}$$

Dat klopt niet! Want $W_{wr} = 0$ had ik juist beredeneerd en geen +900 J. Inderdaad is de zogenaamde wet van arbeid en kinetische energie hier helemaal niet toepasbaar!

Dat komt zo: deze wet is afgeleid uit de 2^e wet van Newton:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

door beide kanten te integreren langs de weg. Dan krijg je:

$$(\Sigma F) \cdot \Delta s = \Delta \left(\frac{1}{2} m \cdot v^2 \right)$$

Deze formule geldt ook voor de touwtrekkende man. Het gaat mis op het moment dat $(\Sigma F) \cdot s$ geïdentificeerd wordt met de som van de arbeid van de krachten. Voor starre lichamen geldt wel:

$$(\Sigma F) \cdot \Delta s = \Sigma (F \cdot \Delta s) = \Sigma W$$

maar voor niet-starre en voor rollende lichamen geldt dit niet!

Met de natuurkunde uit het WEN-rapport zijn realistische situaties, zoals touwtrekken, fietsen, opspringen, optrekkende locomotieven enz. niet aan te pakken. Maar voor het opsporen en het bestrijden van begripsproblemen zijn deze situaties onontbeerlijk, zoals hopelijk uit dit touwtrekvoorbeeld gebleken is.



7. Vier aspecten van een fundamentele vraag.

Vakstructuur en leefwereld botsen in de natuurkundeles met elkaar. De kloof tussen die twee moet door het natuurkunde-onderwijs overbrugd worden.

Moet het natuurkunde-onderwijs voor VWO-bovenbouw, dat mede gericht is op het krijgen van inzicht in de vakstructuur, nu uitgaan van de vakstructuur zelf of van de leefwereld? Of staan er misschien nog andere wegen open?

Nadenkend over deze vraag stuit je op vier aspecten van het leren en onderwijzen van natuurkunde.

Het eerste aspect betreft het abstracte en complexe karakter van de vakstructuur in het algemeen en de begrippen arbeid en energie in het bijzonder. Kun je die verantwoord vereenvoudigen zonder dat in een later leerproces begripsproblemen gaan optreden of de begripsontwikkeling zelfs te blokkeren?

In feite hebben mijn voorbeelden over de wet van arbeid en kinetische energie en de arbeid door een persoon of een gas betrekking op dit aspect. Is het onvermijdelijk deze of soortgelijke vereenvoudigingen te maken?

Het tweede aspect gaat over de taal. In de klas wordt voor een belangrijk deel gewone omgangstaal gebruikt, waarbinnen een aantal fysisch ingekleurde begrippen gebruikt worden. Voor de leraar en de leerlingen kan die inkleuring echter nogal verschillend zijn. Dat heeft vaak tot gevolg dat leraar en leerling, maar ook leerlingen onderling, elkaar niet begrijpen.

Ik wil dit toelichten aan de hand van het voorbeeld dat in mijn lezing centraal heeft gestaan. Als ik aan het begin van mijn lezing verklaard had dat de uitspraak "de partij, die het meeste kracht levert, wint bij touwtrekken" vervangen dient te worden door "de partij, die het meeste effectieve vermogen levert, wint bij touwtrekken", was de preciese bedoeling u daarvan ontgaan. Nu heeft u mijn overwegingen gehoord en heeft deze verandering hopelijk een diepere betekenis gekregen.

U weet van een fysicus, die het over "opwekken van energie" heeft dat hij niet denkt dat energie uit het niets gemaakt kan worden. U weet dat hij dat als een bondige samenvatting van een moeilijk fysisch verhaal bedoeld. Maar een leerling weet dat niet en kan deze uitspraak makkelijk verkeerd opvatten. Na het lezen van leerboeken en een aantal populair-wetenschappelijke artikelen op dit punt heb ik het vermoeden dat de schrijvers ervan veelvuldig gebruik (moeten) maken van "denkbeelden" uit de leefwereld om ver-

staanbaar te zijn. Maar de inhoud van deze "denkbeelden" is voor de schrijvers de 'bondige samenvatting' van een stuk natuurkunde. Zij kunnen die als een probleemstelling erom vraagt, uit de kast trekken. Het verschil met de lezer of de leerling is, dat dezen de fysische "vertaling" ervan niet kennen en niet de noodzaak zien om bij nadere analyse van een probleem naar een meer wetenschappelijk beeld over te stappen. Uiteindelijk ontlenen de begrippen energie en arbeid voor de fysicus hun betekenis aan de mathematische structuur van de natuurkundige theorie. Ook voor hen is de betekenis van deze begrippen bijna niet in woorden te vatten.

Het derde aspect betreft de vraag of je wel mag aansluiten bij leerlingdenkbeelden. Zijn deze wel voorstadia van fysische begripsvorming? Zullen ze het gewenste leerproces uiteindelijk niet blijken te blokkeren?

Uit vakdidactisch onderzoek (Driver, 1985) is echter gebleken dat leerlingen de denkbeelden uit de leefwereld niet zo maar ter zijde leggen. Bovendien is de vraag of dat wel gewenst is, of dat niet zou leiden tot een natuurkundekennis die geen betrekking heeft op de realiteit om ons heen. De vraag is dus meer hoe we rekening kunnen houden met de leerlingdenkbeelden. Dat leidt tot het vierde aspect: de doelstellingen van het onderwijs. Leren de leerlingen alleen voor later als ze natuurkunde nodig hebben of leren ze ook om nu al creatief met hun kennis om te gaan. Voor de doelstellingen van het natuurkunde-onderwijs geeft de WEN een duidelijke richting aan door de nadruk te leggen op "verschuivingen" naar omgevingsnatuurkunde, naar natuurkunde in contexten enz.

Ik ondersteun deze verschuivingen van harte.

Ik heb deze aspecten dan ook niet genoemd om het uitwerken van het onderwijs in de bedoelde richting te ontmoedigen, integendeel. Wel kunnen deze aspecten als achtergrond functioneren om vorderingen aan af te meten.

8. Vakstructurele en praktijkrelevante begripsvorming.

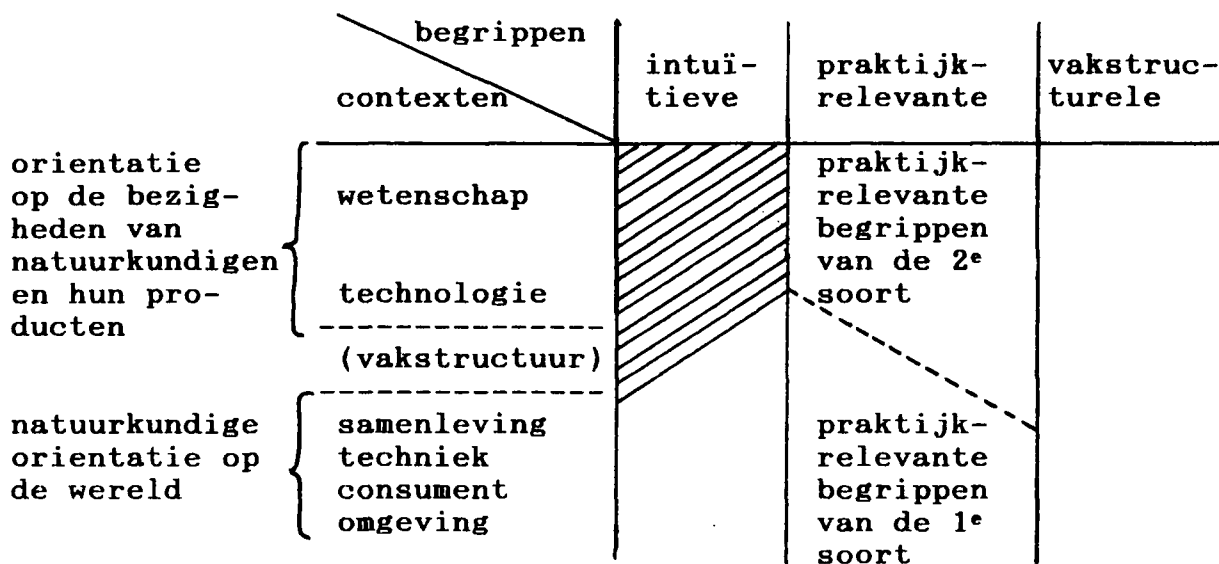
Het voorbeeld van het touwtrekken is genomen uit een leergang, die wat ik wil noemen "realiteitsgericht natuurkunde-onderwijs" wil realiseren. Het belicht slechts één kant van dat onderwijs, namelijk de kant van de vakstructurele begripsvorming. Van de andere kant, de praktijkrelevante begripsvorming heb ik geen voorbeeld gegeven.

De begripsvorming in de touwtreksituatie noem ik vakstructureel omdat het expliciet de bedoeling van het uitwerken van deze situatie was om de vakstructuur t.a.v. arbeid en energie te leren en te oefenen.

Praktijkrelevante begripsvorming gaat uit van een vraag uit een praktijksituatie, bijvoorbeeld over de energievoorziening van Nederland, waarbij relevante natuurkunde gezocht wordt. Een voorbeeld van zo'n vraag is: *welke manieren zijn er om het rendement van een gasgestookte elektrische centrale te verhogen?*

Aan de hand van dit soort vragen wordt in thema's natuurkunde geleerd. In zo'n context is het relevant te leren over energieomzettingen, degradatie, de kwaliteit van energie en het maximale theoretische rendement van een warmtemachine. In deze context is het bijv. niet relevant uitgebreid in te gaan tegen het denkbeeld dat het draaien van de generator energie is (het activiteit-denkbeeld). Evenzo is het niet storend als leerlingen een "materieel" idee hebben van energie zoals "aardgas is energie" of als ze warmte en arbeid als een energiesoort zien.

Het verschil tussen vakstructurele en praktijkrelevante begripsvorming wil ik toelichten aan de hand van het volgende model.



Schema 1: Contexten en begrippen in realiteitsgericht onderwijs.

Vertikaal staan de contexten. Onderaan staan er vier waarvan de bijbehorende praktijkrelevante begrippen in het algemeen ontwikkeld kunnen worden uit intuïtieve begrippen zonder dat deze begrippen eerst in het perspectief van de vakstructuur geplaatst zijn.

De bedoelde praktijkrelevante begrippen verschillen van de intuïtieve begrippen in de zin dat ze aangescherpt zijn en dat ze slechts gebruikt kunnen worden in 'gefysiceerde' situaties. Daarmee bedoel ik situaties waarvan de natuurkundige aspecten expliciet gemaakt zijn en niet-natuurkundige aspecten in eerste instantie niet in de beschouwingen betrokken worden. Ze zijn dus een stap in de richting van vakstructurele begrippen, maar vallen daarmee niet samen omdat ze nog sterk aan de context gebonden zijn.

Bovenaan in de verticale kolom van het schema staan twee contexten waarvan de praktijkrelevante begrippen slechts te vatten zijn als er voldoende kennis van de vakstructuur is. Een voorbeeld is de massa van een proton in MeV. Om dat te begrijpen heb je kennis nodig van de vakstructurele begrippen massa, energie en potentiaalverschil en hun onderlinge relaties. Iets soortgelijks is het geval voor de technologische begrippen "effectieve waarde voor wisselspanning en stroom", "signaal-ruisverhouding" bij het weergeven van geluid, of "thermische emissie" van electronen enz.

Praktijkrelevante begrippen van de eerste soort hebben met praktijkrelevante begrippen van de tweede soort gemeen dat zij een verbijzondering van vakstructurele begrippen zijn naar een praktijkcontext. Zij verschillen van die van de tweede soort omdat het geen voorwaarde is voor het zinvol gebruiken van deze praktijkrelevante begrippen om kennis te hebben van de vakstructurele inhoud.

Het realiteitsgericht natuurkunde-onderwijs zoals dat door het VWO-bovenbouwproject is vormgegeven kent twee soorten lesmateriaal: thema's en blokken. Met deze lesmaterialen worden drie globale onderwijsdoelstellingen nagestreefd:

1. natuurkundige oriëntatie op de wereld;
2. oriëntatie op de vakstructuur;
3. oriëntatie op de bezigheden van natuurkundigen en de producten daarvan.

9. Besluit.

In de 5^e klas doen zich begripsproblemen voor die hun oorsprong vinden in de verschillen tussen leefwereld en vakstructuur. De puntmechanica van de traditionele schoolnatuurkunde is soms een barrière in het vertalen van de vakstructuur naar de leefwereld en andersom. Daarom dient in ieder geval voor VWO ook niet-puntmechanica geïntroduceerd te worden.

De pure denkbeelden uit de leefwereld nemen bij 5-VWO-leerlingen vaak de vorm aan van fysische uitdrukkingen, formules, operaties. Door het werken in contexten kunnen deze begripsproblemen expliciet gemaakt worden en kunnen deze begripsproblemen fundamenteel bestreden worden. Wat het effect daarvan zal blijken te zijn, is onderwerp van verdere studie en onderzoek.

Aanbevelingen voor het werken met leerstof rond kracht, energie en arbeid in de klas kunnen zijn:

- * Luister goed naar leerlingen en probeer hun begripsproblemen expliciet te maken.
- * Besteed expliciet aandacht aan het verschil tussen energie-omzetting en energieoverdracht. Het begrip systeem kan daarbij van groot nut zijn.
- * Spreek niet over (veranderingen van) kinetische energie in omzettingssituaties, waarin de kinetische energie constant is, maar spreek daarbij over arbeid (b.v. elektrische boor, stoomturbine).
- * Vat het woord kracht uit de leefwereld niet klakkeloos op als kracht in de natuurkundige zin maar bekijk of het inderdaad kracht betekent, of arbeid, vermogen of energie.
- * Haal realistische contexten binnen de klas, maar denk er eerst goed over na in hoeverre problemen worden verduidelijkt en welke gevaren van verwarring er dreigen.

Literatuurverwijzingen.

Aalst, H.F. van, Waar doen we het eigenlijk voor? In: Op weg naar vernieuwing van het natuurkunde-onderwijs, H. Eijkelhof e.a. (red) 1986 Den Haag, SVO selectareeks.

Driver, R., Cognitive psychology and pupils' frameworks in mechanics, In: The many faces of teaching and learning mechanics, Proceedings of the GIREP-conference on Physics Educations. Ed. P. Lijnse, W.C.C., Utrecht 1985.

Duit, R., Learning the energy concept in school, In: Physics Education, 1984, 19, blz. 59-66.

Lehrman, R.L., Energy is not the ability to do work, The Physics Teacher, 1973, 11, blz. 15-18.

Mantei, U. en Täubert, P., Zustandsgrösse und prozessgrösse erläutert an Beispiel Energie - Arbeit, Wärme, Strahlung, Physik in der Schule, 19 (7/8) 1981, blz. 307-317.

Ogborn, J., Energy and fuel: the meaning of 'the go of things'. School Science Review 68 no. 242 (Sept. '86) blz. 30-35.

PLON-VWO-bovenbouwproject, blok Arbeid en Energie, PLON, 1985.

PLON-VWO-bovenbouwproject, thema Energie, PLON, 1986.

Sherwood, B.A., Pseudowork and real work, Am. J. Phys., 51, (7), juli 1983, blz. 597-602.

Valk, A. E. van der, en Lijnse, P.L., Begripsontwikkeling bij leerlingen in realiteitsgericht natuurkunde-onderwijs, aanvraag voor subsidie bij SVO, R.U. Utrecht 1986.

Vegting, P., Kracht, een moeilijk begrip, NVON-maandblad, 11, (11) 1986, blz. 36-31.

Warren, J.W., The teaching of the concepts of heat, Physics Education 7 (1), 1972, blz. 41-44.

Warren, J.W., The nature of energy, European Journal of Science Education, 4 (1982), blz. 295-297.

Watts, D.M., Some alternative views on energy, Physics Education, 1983, 18, blz. 213-217.

Context in natuurkunde-examens: slaapmiddel of boze droom?

Koos Kortland

De mogelijke gevolgen van de examenprogramma-adviezen van de WEN voor het cse-natuurkunde MAVO, HAVO en VWO.

1. Inleiding

Eén van de kenmerken van de examenprogramma-adviezen van de WEN voor de natuurkunde-examens MAVO, HAVO en VWO is de aandacht die besteed wordt aan het waarom, wat en hoe van het gebruik van contexten in examenprogramma's en in de dagelijkse lespraktijk van het natuurkunde-onderwijs. En dan komt de vraag op: wat betekent dat voor de natuurkunde-examens zelf?

Die vraag is vrij lastig te beantwoorden, al was het alleen maar omdat het begrip 'context' en de rol die het in het natuurkunde-onderwijs speelt en kan gaan spelen op verschillende manieren geïnterpreteerd (kunnen) worden. Dit wordt dus geen verhaal over hoe dat nu moet met die contexten in de natuurkunde-examens, over hoe die examens er (in de toekomst) zouden moeten uitzien. Wel zal ik proberen de keuzes die de WEN open laat op een rij te zetten en aan te geven hoe beslissingen in de ene of de andere richting kunnen uitvallen. Niet dus hoe het moet, wel hoe het op verschillende manieren zou kunnen.

Uit het voorgaande volgt de centrale vraagstelling voor dit verhaal: welke gevolgen kunnen de WEN-adviezen over de examenprogramma's MAVO, HAVO en VWO hebben voor vorm en inhoud van de centraal schriftelijke eindexamens natuurkunde?

Met die vraagstelling leg ik mezelf wat beperkingen op. Ik neem als uitgangspunt de bestaande examensituatie (een centraal schriftelijk eindexamen), de bestaande examenconstructiemethode en de voorliggende WEN-adviezen (1, 2). Geen beschouwingen dus over het al dan niet nodig of wenselijk zijn van een centraal schriftelijk eindexamen of over de waarde van de WEN-adviezen voor het Nederlandse natuurkunde-onderwijs.

Met de WEN-adviezen als uitgangspunt leg ik me dus ook vast op de betekenis die de WEN naar mijn idee toekent aan het woord 'context'. Een betekenis die ik zou willen omschrijven als *een samenhangende verzameling van situaties uit de leefwereld (van leerlingen), waarin natuurkundige kennis, (begrippen, wetten, modellen) is toegepast of toegepast kan worden*. De contexten die de WEN in haar adviezen noemt, zoals 'verkeer' of 'verkeersveiligheid', 'optische apparatuur', 'verwarming en isolatie' hebben het karakter van *toepassingsgebieden* voor natuurkundige kennis.

Ondanks deze beperkingen is de vraagstelling nog behoorlijk breed: het gaat om MAVO, HAVO- en VWO-examens. De WEN-adviezen voor het examenprogramma van

deze drie schooltypen verschillen in karakter wat betreft de rol die contexten daarin spelen. Deze rol is in het MAVO-advies het meest uitgewerkt. Vandaar dat ik het MAVO-advies als vertrekpunt neem, om van daaruit aandacht te besteden aan de HAVO/VWO adviezen.

In haar MAVO-advies geeft de WEN een argumentatie voor het gebruik van contexten in de dagelijkse lespraktijk:

- * context als middel om het *leerproces* te bevorderen,
- * context als middel om de *relevantie van het vak* te vergroten (ofwel context als doel).

Ik zal proberen aan te geven tot welk soort examenopgaven deze beide opvattingen kunnen leiden. Tijdens die poging zullen een aantal vragen naar boven komen: het lijkt erop dat op het gebied van vorm en inhoud van de examens binnen het kader van de WEN-adviezen nog een aantal keuzes gemaakt kunnen en moeten worden. En dat verklaart de vraag in de titel van dit verhaal: afhankelijk van de richting waarin die keuzes uitvallen kan dit verhaal werken als slaapmiddel (het valt allemaal wel mee, er verandert eigenlijk niets of niet zo veel) of als boze droom voor examenconstructeurs (moeten we daar echt allemaal rekening mee houden?) en voor leerkrachten (hoe bereid ik mijn leerlingen eigenlijk op zo'n examen voor?).

2. Context als middel om het leerproces te bevorderen

2.1 Waarom context in examens?

De WEN beargumenteert het gebruik van contexten in haar MAVO-advies als een middel om het leerproces te bevorderen. Aansluiting bij reeds aanwezige kennis zou tot gevolg hebben dat leerlingen nieuwe kennis gemakkelijker kunnen verwerken en onthouden en dat de motivatie van leerlingen toeneemt (doordat ze bezig zijn met iets dat voor hen betekenisvol is). (1) Daarbij gaat het om aanleersituaties in de les.

Dit heeft echter gevolgen voor het examen. De meeste leerlingen zullen een begrip, aangeleerd in een bepaalde context, wel kunnen toepassen in die (dan bekende) context. Maar slechts een enkele MAVO-leerling kan zijn kennis in een onbekende context toepassen (lit. 1). De geringe wendbaarheid in het toepassen van kennis door de MAVO-leerling wordt door de WEN geaccepteerd, door vast te leggen dat 90% van de vragen in een examen betrekking moet hebben op bekende en dan ook in het examenprogramma omschreven contexten. Voor de HAVO- en VWO-leerling ligt dat anders: 'van hen mag worden verwacht, dat ze hun natuurkundige kennis - die in context is aangeleerd - kunnen formaliseren en dat ze deze kennis kunnen gebruiken in een nieuwe situatie'. Dat blijkt ook uit het HAVO/VWO-advies, waarin onderscheid gemaakt wordt tussen basistheorieën met breed wendbare begrippen (toepasbaar in verschillende leerstof-/toepassingsgebieden) en toepassingsgebieden waarin de leerstof minder wendbaar gebruikt hoeft te worden.

Terug naar het MAVO-advies. Om wat voor contexten gaat het op het examen? Volgens de WEN zijn dat:

(1) Bij deze veronderstelde positieve effecten van het leren in contexten zijn overigens wel enige kanttekeningen te plaatsen (3).

- * 'schoolse' contexten, ontstaan uit ervaringen door in de klas zelf te experimenteren, door demonstraties van de leerkracht, door lezen en verwerken van teksten enz.;
- * 'buitenschoolse' contexten (de eerder genoemde toepassingsgebieden), gekenmerkt door fysisch/technische aspecten, persoonlijke aspecten (zoals bijv. veiligheid, gezondheid) en maatschappelijke aspecten (de maatschappelijke betekenis van toepassingen van natuurkundige principes, bijv. voor natuur en milieu).

2.2 Opgavevoorbeelden

Volgens de WEN is het aanbieden van problemen 'in context' niet iets heel nieuws: ook in de huidige examens worden problemen in context aangeboden. En inderdaad, bij het doornemen van de examens uit de afgelopen jaren zijn daar voorbeelden van te vinden.

* schoolse context

Een opgave die leerlingen bekend zou kunnen voorkomen op grond van ervaringen in de klas door zelf te experimenteren of door een demonstratie van de leerkracht: een schoolse context dus. En zo zijn er met lenzen, bewegende karretjes enz. een hele serie examenvragen te vinden die passen binnen de WEN-omschrijving van een schoolse context. Een voorbeeld daarvan is de ijzervijzelmagneet (MAVO 83/2-5) (zie figuur 1).

1. EEN IJZERVIJZELMAGNEET

In een reageerbuis zit ijzervijzel. We strijken met een sterke magneet langs de reageerbuis (zie figuur 1). De reageerbuis met het ijzervijzel gedraagt zich daarna als een magneet.

- a. Hoe zou je kunnen aantonen dat de reageerbuis met het ijzervijzel zich als een magneet gedraagt?
- b. Ontstaat aan de bovenzijde van de reageerbuis een noord- of een zuidpool?

We schudden de reageerbuis krachtig. Van het magnetische gedrag is nu niets meer te merken.

- c. Geef de verklaring voor het verdwijnen van het magnetische gedrag van de reageerbuis met ijzervijzel als we deze schudden.



* buitenschoolse context: fysisch/technisch aspect

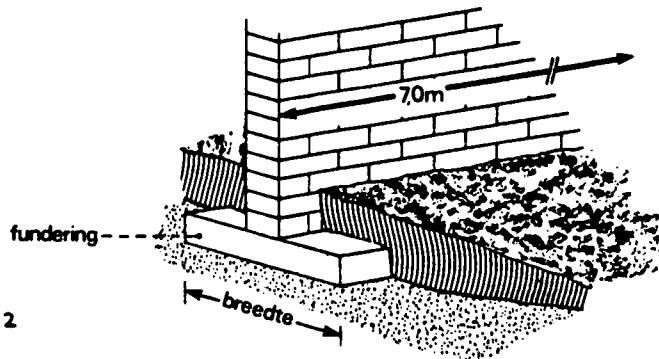
Dan de (bekende) buitenschoolse context. Eerst maar de fysisch/technische aspecten. Bij de beschrijving van bijv. de buitenschoolse context 'krachten om ons heen' blijkt het onder andere te gaan om de 'fysisch/technische aspecten van krachten die optreden in constructies zoals bruggen, hijskranen en dergelijke'. (2) In de leerstoflijst staan begrippen als kracht, moment

(2) Hierbij duikt een mogelijk probleem op: de formulering 'krachten die optreden in constructies zoals bruggen, hijskranen en dergelijke' is - door het gebruik van de woorden 'zoals' en 'en dergelijke' - vaag. Het beoordelen of de context - of beter misschien: de praktijksituatie - in een opgave voor leerlingen bekend of onbekend is - voor MAVO-leerlingen niet onbelangrijk -, is daarmee eigenlijk een onmogelijke zaak. Dat probleem komt bij meer contextbeschrijvingen voor.

en druk genoemd met een verwijzing naar onder andere deze buitenschoolse context. Hieronder volgen enkele voorbeelden van dergelijke opgaven (MAVO 83/1-1, en MAVO 80/1-9).

2. HET MUURTJE

Iemand metselt een muur. De muur en de fundering hebben een lengte van 7,0 m (zie figuur 2).



figuur 2

De totale massa van alle bouwmaterialen schatten we op $14 \cdot 10^3$ kg. We houden geen rekening met het zand dat op de fundering drukt. In de voorschriften staat dat de druk die de muur op de grond uitoefent, maximaal 10 N/cm^2 mag zijn.

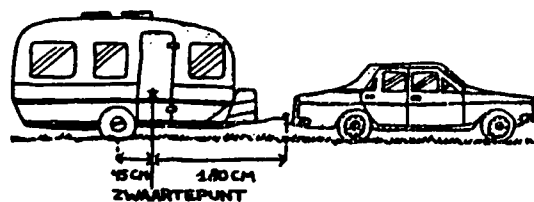
- Bereken hoe breed de fundering tenminste moet zijn.

Een constructie om ons heen (fig. 2). Duidelijk een fysisch/technisch aspect van de kracht die het muurtje op de grond uitoefent: hoe breed moet de fundering zijn bij gegeven massa, lengte van de muur en gegeven maximale druk van de fundering op de grond.

Een constructie om ons heen: valt (ook) in de categorie 'en dergelijke'. Een toepassing van de momentenwet voor het berekenen van de verticale kracht die de caravan op de trekhaak van de auto uitoefent. (Fig. 3.)

3. DE TREKHAAK

Van een caravan ligt het zwaartepunt 45 cm voor de as en op 180 cm van de trekhaak (zie figuur 3). Het gewicht van de caravan is 6000 N.



figuur 3

- Bereken de kracht die de caravan op de trekhaak uitoefent als de auto stil staat.

In beide opgaven (2 en 3) gaat het om het toepassen van natuurkundige kennis in verschillende situaties binnen de marges van de contextomschrijving. En zo zijn er meer vragen te vinden in de examens uit voorgaande jaren: het beslaan van wijnglazen, het bekijken van een postzegel met een loep, het

wegschieten van een prop met een propeschietter enz. Tot nu toe is dit alles nog niet erg verontrustend. Tenzij je dit type vraagstukken niet zo ziet zitten op grond van bijv. de vraag: hoe functioneel is die context in deze opgaven nou eigenlijk?

* buitenschoolse context: persoonlijke aspect

Misschien is er reden tot verontrusting als we naar de persoonlijke aspecten van een context gaan kijken? Ook dat blijkt echter mee te vallen. Bij bijv. de buitenschoolse context 'elektriciteit en elektrische apparaten in en om het huis' gaat het onder andere om de 'persoonlijke aspecten van het eisenpakket van de consument ten aanzien van elektrische apparaten'. Ook een brede omschrijving, zodat de volgende twee opgaven er aardig in passen. (MAVO 83/1-8 en MAVO 83/2-8, fig. 4 en 5).

4. HET REKENAPPARAAT

Rob is in de winkel om een rekenapparaat te kopen.

Hij ziet twee apparaten die in aanmerking komen.

Van deze apparaten zijn de mogelijkheden gelijk. De prijs is ook gelijk. Van beide is de afleesbaarheid uitstekend en beide zijn in prima staat. De soort batterijen die gebruikt moet worden is bij beide gelijk.

In figuur 4 zijn van de beide apparaten A en B, de type-plaatjes weergegeven.

(De Engelse woorden kunnen vertaald worden als: voltage = spanning, power = vermogen; battery = batterij; serial no. = serienummer.)

VOLTAGE	3,0 V
POWER	0,25 mW
BATTERY	1,5x2
SERIAL No	32568XA

Plaatje A

VOLTAGE	3,0 V
POWER	0,0007 W
BATTERY	1,5x2
SERIAL No	32568XA

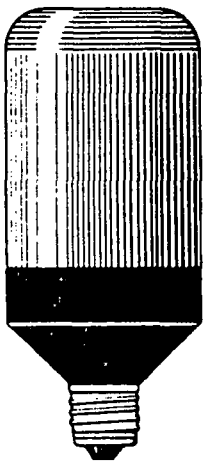
Plaatje B

figuur 4

- Welk apparaat zou Rob volgens jou moeten kiezen, als je let op de gegevens op het type-plaatje, A of B?
Leg uit waarom dat apparaat de voorkeur verdient.

Een kwestie van het apparaat met het kleinste vermogen kiezen, dan gaan de batterijen het langst mee. De leerling wordt, via Rob, aangesproken op zijn/haar rol als consument, waarin hij/zij aan apparaten bepaalde eisen kan stellen met een zekere fysieke achtergrond.

5. DE ENERGIEBESPARENDE LAMP

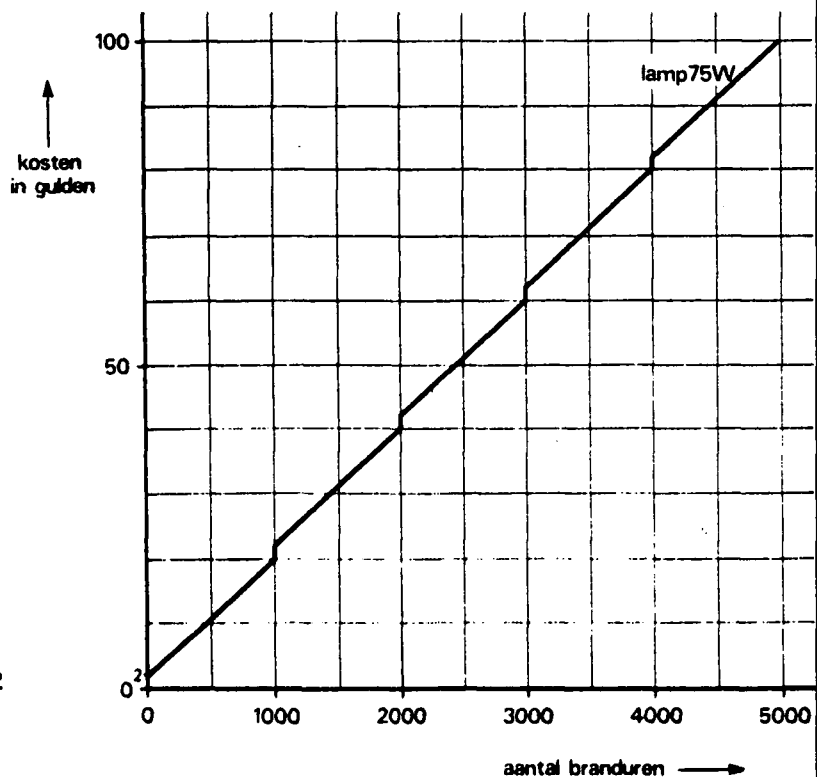


figuur 5.1

Er is een energiebesparende lamp van 18 W op de markt gebracht die evenveel licht geeft als een normale gloeilamp van 75 W (zie figuur 5.1).

„Ik koop die lamp,” denkt Ellen, „Met deze lamp kan ik behoorlijk wat geld besparen”. Ze schrikt wel even als ze de prijs van de nieuwe lamp hoort: 40 gulden! De verkoper stelt haar echter gerust. Hij zegt dat de nieuwe lamp véél meer branduren heeft dan een gewone gloeilamp: hij verdient zich op den duur zelf terug. Een gloeilamp heeft ongeveer 1000 branduren en de nieuwe lamp zeker 5000. „Dank u wel,” zegt Ellen, „ik ga thuis een en ander op papier zetten”.

Ellen zet de totale kosten van een gloeilamp van 75 W (inclusief de aanschafkosten) uit tegen het aantal branduren (zie figuur 5.2).



figuur 5.2

- Waarom heeft Ellen de grafiek niet als een rechte lijn getekend?
Bij haar berekeningen is Ellen uitgegaan van een kWh-prijs van 24 cent. Op het antwoordblad is figuur 5.2 nogmaals afgedrukt.
- Wat kost de elektrische energie die verbruikt wordt als de lamp van 18 W, 5000 uur brandt?
 - Teken in figuur 5.2 op het antwoordblad nu zelf de grafiek van de energiebesparende lamp. Denk aan de aanschafprijs!
- Bepaal na hoeveel branduren de energiebesparende lamp voordeliger is dan de normale gloeilamp.

Geld besparen met een energiebesparende lamp. Jammer dat ie zo duur is. Om te bepalen of zo'n investering zich op de wat langere termijn terugverdient, is wat fysieke kennis en vaardigheid nodig: energiegebruik berekenen en een grafiek kunnen tekenen en interpreteren.

In beide opgaven (4 en 5) gaat het (toevallig) om geld. Dat betekent niet dat alle opgaven waarin het persoonlijke aspect van een buitenschoolse

context centraal staat te maken zullen hebben met de eigen of andermans portemonnaie. Ook overwegingen op het gebied van veiligheid, gezondheid, natuur en milieu (behoud) vallen onder het persoonlijke aspect van buitenschoolse contexten.

* buitenschoolse context: maatschappelijke aspect

Dan de laatste categorie opgaven. Het blijkt niet eenvoudig om in de examens van de afgelopen jaren voorbeelden te vinden van opgaven waarin maatschappelijke aspecten te ontdekken zijn. En hiermee komen we dan ook op het punt waar de WEN-adviezen mogelijk tot een verandering in de inhoud van het examen kunnen leiden, vergeleken met de huidige situatie.

Het gaat hierbij om opgaven (of onderdelen daarvan) waarin getoetst wordt of de MAVO en HAVO/VWO leerlingen:

* maatschappelijke aspecten kunnen aangeven in de toepassingen van natuurkunde;

* bij verschillende standpunten met betrekking tot een bepaald effect van natuurkunde en techniek, de belangrijkste (natuurkundige) argumenten voor en tegen deze standpunten kunnen noemen.

Voor HAVO/VWO komt daar nog bij dat leerlingen ten aanzien van relevante maatschappelijke situatie:

* onderscheid kunnen maken tussen (vaststaande) feiten, veronderstellingen (op grond van feiten) en meningen;

* informatie uit verschillende bronnen kritisch kunnen vergelijken;

* afwegingen kunnen maken op basis van een beperkte hoeveelheid gegevens.

Om wat voor soort opgaven gaat het daarbij?

6. LUCHTVERONTREINIGING

In het verkeer en bij elektriciteitsopwekking in centrales wordt fossiele brandstof verbruikt. Als gevolg van die verbranding ontstaat luchtverontreiniging.

a. Noem twee vormen van luchtverontreiniging die optreden bij het verbruik van fossiele brandstoffen.

b. Beschrijf in maximaal 10 regels de gevolgen van de door jou genoemde vormen van luchtverontreiniging.

Figuur 6.

Deze opgave lijkt te passen bij de buitenschoolse contexten 'verkeer' en 'energievoorziening op grote schaal', met als maatschappelijke aspect onder andere 'luchtverontreiniging' (fig. 6). Er wordt gevraagd naar het noemen en beschrijven van een tweetal maatschappelijke aspecten (vormen van luchtverontreiniging) van een toepassing van natuurkunde (het gebruik van fossiele brandstoffen voor elektriciteitsopwekking en transport). De opgave valt daarmee in de eerste categorie maatschappelijk-aspect-vragen.

7. PLUTONIUM

Het afwegen van de voor- en nadelen van kernenergie vormt een ingewikkeld probleem. Dat is goed te zien aan de discussie over het plutonium dat in alle kernreactoren ontstaat. Voorstanders van kernenergie vinden het ontstaan van plutonium een voordeel. Tegenstanders van kernenergie vinden het ontstaan van plutonium een nadeel.

- a. Geef een argument, waarom het ontstaan van plutonium voordelig kan zijn.
- b. Geef een argument, waarom het ontstaan van plutonium nadelig gevonden wordt.

Figuur 7.

Deze opgave (fig. 7) lijkt te passen bij de buitenschoolse context 'het gebruik van kernenergie': het gaat over de 'maatschappelijke aspecten verbonden aan het gebruik van kernenergie en kernwapens'. Er wordt gevraagd naar een argument dat voorstanders van kernenergie kunnen hanteren om het ontstaan van plutonium in kernreactoren voordelig te vinden. Daarbij kunnen leerlingen denken aan het gebruik van plutonium als splijtstof in kweekreactoren als bijdrage aan het veilig stellen van onze energietoekomst. Als nadeel van het ontstaan van plutonium (tweede vraagonderdeel) kan bijv. gedacht worden aan de mogelijkheid van het gebruik van plutonium in kernwapens, maar ook aan de grote radiotoxiciteit en de lange halveringstijd van plutonium met de daaraan verbonden problemen bij het transport en de opslag van kernsplijttingsafval.

In deze opgave gaat het om twee verschillende standpunten met betrekking tot een bepaald effect van natuurkunde en techniek (het ontstaan van plutonium in een kerncentrale) en de argumenten die gebruikt kunnen worden om dit een voor- of nadeel te noemen. Daarmee valt de opgave in de tweede categorie maatschappelijk-aspect-vragen.

Een kenmerk van de twee voorafgaande opgavevoorbeelden is het vrij open karakter: er is meer dan één juist antwoord mogelijk. Dat kan tot beoordelingsproblemen leiden, hoewel die misschien niet (al te veel) groter zijn dan de beoordelingsproblemen met de gebruikelijke 'verklaar-' en 'beredeneer-'vragen in de examens.

Bij het tweede voorbeeld (plutonium) treedt een ander soort moeilijkheid op: hoe 'fysisch' moeten de gegeven argumenten zijn? De WEN is daar niet duidelijk over, omdat zij het woord 'natuurkundig' tussen haakjes zet: wordt daarmee bedoeld 'ook' of 'alleen' natuurkundige argumenten? En als dat laatste het geval is: waarom laten we de haakjes dan niet gewoon weg? Maar ook dan: wat is een natuurkundig argument? Is de uitspraak 'plutonium kan in een kweekreactor gebruikt worden voor elektriciteitsopwekking' een natuurkundig argument? Of moet er iets in het antwoord zitten als 'plutonium is een *splijtstof* en kan dus ...'? Of is ook dat niet genoeg?

Maar ondanks deze zekerheid: als het bij dit soort vragen om uitsluitend natuurkundige argumenten gaat, dan moet dat ook nadrukkelijk vermeld worden, zoals bijv. in de volgende opgave. (PLON-HAVO 84/2-e fragment, fig. 8).

8. DE SCHUILKELDER



figuur 8
Vorming van het fallout-
gebied.

Eén van de gevolgen van een kernbom-explosie is de fallout (of radioactieve neerslag). Deze ontstaat doordat radioactief bommateriaal en puin in de vuurbal mee omhoog worden gezogen, en door wind en neerslag worden verspreid over een groot gebied (zie figuur 8).

Eén van de principes voor bescherming tegen ioniserende straling van fallout is afscherming met bepaalde materialen. Dit principe wordt met name toegepast bij schuilkelders.

In een discussie over het nut van schuilkelders beweert iemand dat het ondanks de afscherming die een schuilkeldeer biedt, zinloos kan zijn om je er langdurig in te verschuilen. Het voedsel dat in de schuilkeldeer ligt opgeslagen zal namelijk volgens hem door radioactieve bestraling niet meer eetbaar zijn.

Een ander meent dat besmetting van het opgeslagen voedsel met radioactieve stoffen het schuilen zinloos maakt.

Een derde persoon bestrijdt beide meningen.

- Geef met behulp van natuurkundige argumenten aan welke persoon gelijk heeft.

Figuur 8.

Twee verschillende beweringen (standpunten) over het nut van schuilkelders als bescherming tegen fallout (een effect van natuurkunde en techniek) moeten met behulp van natuurkundige argumenten becommentarieerd worden.

Tot zover maatschappelijk-aspect-vragen die ook aan MAVO-leerlingen voorgelegd zouden kunnen worden. Aan HAVO/VWO-leerlingen worden nog wat meer eisen gesteld.

Twee stukken uit een krant over het risico van de dumping van laag radioactief afval in zee (fig. 9). De strekking van het eerste stuk: de activiteit van de jaarproductie aan laag-radioactief afval is (bij verspreiding van het afval over een groot volume zeewater) zo laag dat het nauwelijks iets toevoegt aan de natuurlijke activiteit van het zeewater. De strekking van het tweede stuk: de in het eerste stuk veronderstelde verdunning treedt niet (helemaal) op; de radioactieve stoffen concentreren zich in zeedieren en daarmee in de voedselketen.

In deze opgave gaat het om het vergelijken van informatie uit verschillende bronnen, gecombineerd met het maken van een onderscheid tussen feiten, veronderstellingen en meningen. Daarmee valt de opgave in de derde en vierde categorie van maatschappelijk-aspect-vragen. Hoewel in de omschrijving van beide categorieën het woord 'natuurkundig' niet voorkomt, levert dat bij deze opgave geen probleem op: de feiten en de gemaakte veronderstelling in het eerste stuk hebben een fysisch karakter.

Overigens is de hier gegeven voorbeeldopgave vrij gestructureerd; het kan ook in een meer open vorm: 'Leg uit op grond van welke feiten en veronderstellingen de ene schrijver tot de conclusie komt dat zeedumping van laag-radioactief afval geen kwaad kan en de andere schrijver tot het tegendeel'.

Dan de laatste categorie maatschappelijk-aspect-vragen: 'afwegingen kunnen maken op basis van een beperkte hoeveelheid gegevens'. Een afweging maken betekent: een standpunt innemen, een mening formuleren. Aansluitend op de laatste voorbeeldopgave zou dat een vraag betekenen als: 'Geef je eigen, beargumenteerde mening over de toelaatbaarheid van zeedumping van laag-radioactief afval'. De vraag is: moeten leerlingen ten aanzien van een

9. ZEE-DUMPING VAN LAAG-RADIOACTIEF AFVAL

Eén van de methoden die worden toegepast om laag-radioactief afval af te slaan, is dumping ervan in zee. Er is verschil van mening over de schade die deze dumping aanricht aan het milieu. In deze opgave bekijk je wat voor- en tegenstanders van zeedumping daarover te zeggen hebben.

Hieronder staan twee stukken uit een krant afgedrukt. Het eerste stuk is een fragment uit een artikel met als titel: 'De zee sterft niet door dumping van radioactief afval'. Het tweede stuk is door een lezer ingezonden als reactie op het eerste stuk.

Lees beide stukken aandachtig door, en beantwoord daarna de vragen.

De vraag rijst echter of de dumping van laag radio-actief afval al niet schadelijk is voor het milieu en voor de mens zelf. Wordt de zee inderdaad „vergiftigd“ door deze vaten? Vaten die ongetwijfeld gaan lekken, zeker wanneer zij aan de hoge drukken op de oceaanbodem worden bloutgesteld.

Eén misvatting hierover moet onmiddellijk worden opgeruimd: de vaten en het beton zijn beslist niet bedoeld als min of meer permanente omhulling. Zij dienen alleen ter verhoging van het gewicht, zodat het afval de zeebodem inderdaad bereikt. In de risicoberekening gaat men ervan uit dat de radio-actieve elementen in het zeewater zullen oplossen.

Zeedumping van laag radioactief afval is dus vergelijkbaar met verdund lozen.

Wat is nu de bijdrage van de lading van de Scheldeborg aan de radio-activiteit van de zee? Voor de beantwoording van deze vraag is het noodzakelijk om enkele berekeningen te maken. Hoe radio-actief immers is de oceaan van nature, wat is er al gestort en wat komt erbij?

De lading van de Scheldeborg bevat de jaarproductie van laag radio-actief afval in Nederland. Omhoog afgerond heeft dit een activiteit van 1500 Curie (de eenheid van radio-activiteit). Veruit het grootste deel daarvan is afkomstig van Kobalt-60 met een halfwaardetijd van 5,6 jaar. Dit betekent ruwweg dat de activiteit van het gedumpte materiaal na vijf jaar tot de helft, na tien jaar tot een kwart, na vijftien jaar tot een achtste en na twintig jaar tot een zestende is teruggelopen.

Wat voegt deze zeedumping nu toe aan de natuurlijke radio-activiteit? Vrijwel niets. De natuurlijke radio-activiteit van de diepzee (het oppervlak verschilt wat door de kosmische straling) is ongeveer 300 Curie per kubieke kilometer, voornamelijk veroorzaakt door Kalium-40, een radio-actief element met een zeer lange halveringstijd (1,3 miljard jaar).

Het dumpingsgebied van de Scheldeborg bestrijkt ongeveer 60 maal 60 kilometer met een gemiddelde diepte van 4000 meter. Boven de gedumpte vaten bevindt zich dus 15.000 kubieke kilometer zeewater, die ongeveer 5 miljoen Curie bevat. Het gedumpte materiaal is verhoudingsgewijs dus weinig, bovendien vervalt het relatief snel.

stuk 1

Rob Biersma geeft in de krant van 28 augustus j.l. een quasi-wetenschappelijk pleidooi, dat de dumping van radioactief afval in zee rechtvaardigt. Zijn hele theorie rust op de aanname, dat het afval zich netjes zal verspreiden in een groot volume zeewater. Praktijkervaringen blijken echter het tegendeel te bewijzen.

Een van de onderzoeken, die op dit gebied zijn gedaan, is weergegeven in "A Critical Analysis of the NEA Oceanic Radioactive Disposal Program" door prof. W. Jackson Davis van de University of California at San-

ta Cruz. Davis heeft twee Amerikaanse stortplaatsen onderzocht. De meest gebruikte dumpplaats (met een diepte van 2800 meter in de Atlantische Oceaan) ontving in totaal 75000 Curie in een periode van 20 jaar.

Uit het onderzoek van Davis bleek, dat het afval zich aan de bodem vasthecht en niet diffundeert. Het komt in de voedselketen terecht door opname in bodemdieren. De gebarsten vaten bieden beschermende holtes aan kleine zeedieren. Hierdoor komt op de dumpplaats extra veel leven voor, dat uiteraard besmet raakt. Ook een twee-

de onderzoek, van het Duitse Hydrologische Instituut, op 50 km afstand van de door Nederland gebruikte stortplaats, toonde verhoogde concentraties radioactieve stoffen aan in zeedieren. Het is te betreuren, dat de heer Biersma door middel van een onvoll edige beschouwing het dumpen in zee goedpraat. Dit is vooral zo jammer, daar het hier om het soort afval gaat dat zonder problemen in zoutmijnen opgeslagen kan worden. De laatste oplossing is aantoonbaar minder schadelijk voor het milieu.

stuk 2

Reactie op stuk 1.

De schrijver van het eerste stuk komt tot de conclusie dat zeedumping van het laag-radioactief afval geen kwaad kan.

- Welke drie natuurkundige feiten voert hij daarvoor aan?
- Geef kort weer hoe deze drie feiten zijn conclusie ondersteunen.

Volgens de schrijver van het tweede stuk is de conclusie in het eerste stuk gebaseerd op een veronderstelling.

- Welke veronderstelling is dat?
- Welke feiten voert de schrijver van het tweede stuk aan om zijn kritiek op het eerste stuk te ondersteunen?

Figuur 9.

dergelijke situatie een standpunt hebben, of is er ook ruimte voor een (beargumenteerd) 'geen mening'? In haar MAVO-advies wijst de WEN erop dat 'over het persoonlijk beleven van de leerling op het examen geen vragen zullen worden gesteld'. Hoe is een dergelijke opmerking te rijmen met de eis dat leerlingen afwegingen kunnen maken? Of is mijn interpretatie van wat bedoeld wordt met 'afwegingen kunnen maken' verkeerd/ Zo ja, dan zou ik niet weten welk soort opgaven hier dan bij hoort.

2.3 Conclusie

Uit het voorgaande blijkt dat het werken met contexten in examens inderdaad niets nieuws is. Schoolse contexten, de fysisch/technische aspecten en - in mindere mate - de persoonlijke aspecten van buitenschoolse contexten komen in de examens van de laatste jaren regelmatig voor. De maatschappelijke aspecten van buitenschoolse contexten blijven in de examens tot nu toe buiten schot.

Op dat laatste punt zou het examen dus kunnen gaan veranderen. De vraag is echter: hoeveel?

In het WEN-advies voor de MAVO, dat aanmerkelijk gedetailleerder is wat betreft het gebruik van contexten in de examens dan het HAVO/VWO-advies, wordt niet omschreven in welke mate bijv. persoonlijke en maatschappelijke aspecten van buitenschoolse contexten in het examen zouden moeten voorkomen. Eén opgave, of onderdeel van een opgave, is dus in principe al voldoende. Minder kan ook: je kunt in één examen toch geen volledige overdekking van het examenprogramma realiseren.

Zonder een globale richtlijn voor het omgaan met de verschillende aspecten van contexten hoeft het karakter van het huidige examen naar vorm en inhoud nauwelijks te veranderen.

Tot zover het slaapmiddel: alles kan (vrijwel) bij het oude blijven. Maar hoe zit dat dan met die 'boze droom' uit de titel van dit verhaal?

3. Context als middel om de relevantie van het vak te vergroten

3.1 Onderwijsdoelstellingen

In haar MAVO-advies maakt de WEN, na het behandelen van de argumenten voor context als middel om het leerproces te bevorderen, bijna terloops de volgende opmerking: 'Het belang dat men hecht aan bepaalde contextinhouden voor het onderwijs en het examenprogramma bepaalt mede de keuze van de contexten. In dit verband zijn contextinhouden dus doel op zich'. Meer wordt er niet over gezegd.

Om duidelijk te krijgen wat met deze zinnen bedoeld zou kunnen worden, is een uitstapje naar onderwijsdoelstellingen nodig.

Volgens de WEN moet het natuurkunde-onderwijs - meer nog dan in het verleden - aandacht besteden aan:

- * persoonlijke ontwikkeling: kennis van en inzicht in (de fysische aspecten van) de omgeving, attitudes, basis- en sociale vaardigheden van de leerling;
- * voorbereiding op bewust burgerschap: bewust consumentengedrag, weerbaarheid in een technische omgeving, kritische instelling ten aanzien van maatschappelijke problemen met fysische en technische aspecten, inzicht in de wisselwerking tussen wetenschap, techniek en samenleving.

En deze onderwijsdoelstellingen gelden in grote lijnen voor MAVO, HAVO én VWO. En mét deze onderwijsdoelstellingen geeft de WEN - naar mijn idee - impliciet een aanwijzing voor de mate van aandacht die persoonlijke/maatschappelijke aspecten van buitenschoolse contexten in de lespraktijk en in het examen moeten krijgen. De laatste doelstelling geeft aan dat die aandacht zeker méér moet voorstellen dat 'iets incidenteels'.

3.2 Schematisch en thematisch natuurkunde-onderwijs

Bij de vormgeving van de genoemde doelstellingen zijn op z'n minst twee verschillende benaderingen denkbaar - en ook zichtbaar - in het huidige natuurkunde-onderwijs: een *schematische* en een *thematische* benadering (3).

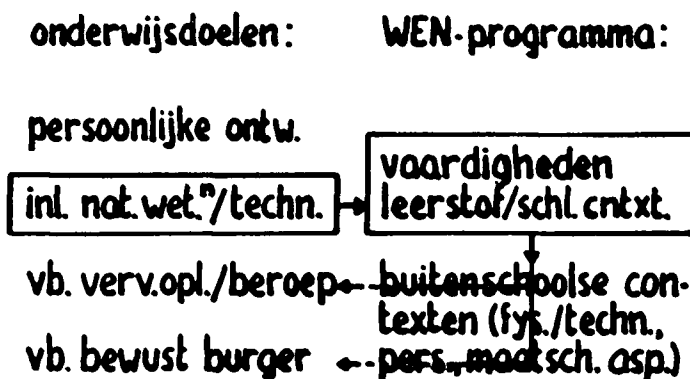
* schematisch natuurkunde-onderwijs

Schematisch natuurkunde-onderwijs gaat uit van begrippen en wetten, die uit wetenschappelijk oogpunt een samenhangend geheel vormen (bijv. kinematica, gaswetten, elektrische velden). Kijkend naar de door de WEN geformuleerde onderwijsdoelstellingen lijkt het uitgangspunt voor dit type onderwijs te liggen bij het geven van een 'inleiding in de natuurwetenschappen en techniek'.

Die begrippen en wetten worden geïntroduceerd en toegepast in geschikt gekozen situaties, die daarmee tot schoolse context worden van de theorie. Voor zover buitenschoolse contexten in schematisch onderwijs voorkomen, spelen ze een ondergeschikte rol: ze dienen voornamelijk als illustratie dat de geleerde theorie ook in praktijksituaties toegepast wordt of kan worden en - maar dat minder vaak voor - dat aan die toepassingen soms persoonlijke en maatschappelijke aspecten vast zitten.

Een dergelijke, schematische benadering van het natuurkunde-onderwijs is schematisch weergegeven in figuur 10. Die benadering past aardig bij de manier waarop ik in hoofdstuk 2 van dit verhaal ben omgegaan met de WEN-adviezen.

schematisch onderwijs



Figuur 10.

Als we deze lijn doortrekken naar het examen, krijgen we te maken met opgaven als de volgende drie

- * trillende magneten (HAVO 83/1-2): een aantal vragen over al dan niet in een spoel trillende magneten - schoolse context;
- * *sloot* (HAVO 84/1-4): een aantal vragen over de frequentie van een tegen de golfbeweging in zwemmende, op en neer dobberende eend in een sloot, gevolgd door interferentieverschijnselen bij watergolven: een buitenschoolse context (volgens het WEN-advies voor HAVO-VWO);
- * *het plan Lieveense* (HAVO 83/1-1): een aantal vragen over de energie-opslag in een spaarbekken: een buitenschoolse context met een maatschappelijk tintje.

Deze opgaven zijn heel geschikt om te toetsen of een leerling begrippen en wetten heeft begrepen en kan toepassen en daarmee of een leerling voldoet aan de eventuele eisen die door een eventuele vervolgopleiding gesteld worden. Een toetsing van de vraag of op het terrein van 'voorbereiding op bewust burgerschap' iets bereikt is, blijft daarbij grotendeels achterwege (misschien met uitzondering van de laatste opgave over het plan Lieveense - daar kom ik straks nog op terug).

* thematisch natuurkunde-onderwijs

Thematisch natuurkunde-onderwijs gaat uit van praktijksituaties, die uit maatschappelijk gezichtspunt een samenhangend geheel vormen.

Die praktijksituaties kunnen ontleend zijn aan bepaalde, voor de betreffende groep leerlingen relevante vervolgopleidingen of (toekomstige beroepen (bijv. in de wetenschappelijke, technische of verzorgende sfeer). Daarbij gaat het om het geven van een oriëntatie op het karakter van die vervolgopleidingen of beroepen.

Die praktijksituaties kunnen ook ontleend zijn aan persoonlijke of maatschappelijke besluitvormingsprocessen, waarmee een leerling (nu of in de toekomst) geconfronteerd kan worden. Daarbij gaat het om een grotere weerbaarheid in een technologische ontwikkel(en)de, democratische samenleving, waarin van leerlingen verwacht wordt dat zij:

- * als (toekomstig) consument op een verstandige manier kunnen omgaan met produkten van wetenschap en techniek op aspecten als veiligheid, onderkennen van storingen en verrichten van eenvoudige reparaties, in staat zijn tot het interpreteren van bijv. resultaten van consumentenonderzoek en tot het maken van (meer) doordachte aankoopkeuzes, rekening houdend met aspecten als kwaliteit kosten, veiligheid, gezondheid, milieu, enz.;
- * als (toekomstig) kritisch verantwoordelijk burger in staat zijn tot bijv. het kunnen volgen van het debat over maatschappelijke vraagstukken met natuurwetenschappelijk/technologische aspecten en het op grond daarvan kunnen innemen van een (meer) doordacht standpunt in controversiële kwesties.

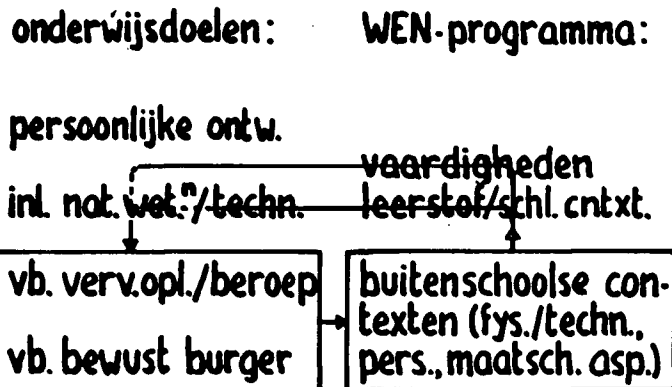
Hierbij kunnen natuurkundige kennis en vaardigheden dienst doen als één van de gereedschappen die een leerling gebruikt in het proces van besluitvorming over een handelwijze, een aankoop, een standpunt (4).

Terugkomend op de door de WEN geformuleerde doelstellingen: bij thematisch onderwijs ligt het uitgangspunt bij 'voorbereiding op vervolgopleiding en beroep' en 'voorbereiding op bewust burgerschap'. De persoonlijke en maatschappelijke aspecten van de daarvan afgeleide buitenschoolse contexten bepalen een vraagstelling, waarna de aangeboden fysisch/technische kennis functioneel moet zijn bij het greep krijgen op het in de vraagstelling

geschetste (keuze)vraagstuk, moet bijdragen aan de oplossing ervan. Daarmee is de buitenschoolse context doel geworden en zijn natuurkundige kennis en vaardigheden middel.

Deze benadering van het natuurkunde-onderwijs is schematisch weergegeven in figuur 11.

thematisch onderwijs



Figuur 11.

Bij thematisch onderwijs zou het bijv. kunnen gaan om de vraag wat de gevolgen zijn van de verhoging van de maximum snelheid op autosnelwegen van 100 naar 120 km/u. Is die verhoging aanvaardbaar? Een al jarenlang slepende maatschappelijke controverse, waarin - in dit geval - zelfs ook een persoonlijke keuze mogelijk is: hoe hard rijd je zelf (straks)? (Fig. 12).

Praktijkcontext: 'verkeer'. Een stuk mechanica over wrijvingskrachten (rol- en luchtweerstand), voortdurende krachten en het evenwicht daartussen geeft zicht op een toename van het brandstofgebruik per km bij een toename van de snelheid (5). En daarmee geeft de mechanica zicht op de mogelijke gevolgen voor natuur en milieu. Dat is weer eens wat anders dan die verkeersonveiligheid.

Twee afsluitende opmerkingen over thematisch onderwijs in de lespraktijk.

- * Bij een thematische benadering van natuurkunde-onderwijs is - net als bij een schematische benadering - een zorgvuldige en precieze introductie van natuurwetenschappelijke begrippen, wetten en modellen nodig. Want: slecht gereedschap (natuurkunde) levert slechts zelden een goed product (besluitvorming).
- * Daarnaast moet bij deze benadering van natuurkunde-onderwijs duidelijk zijn dat elk gereedschap zijn beperkingen kent: ook de natuurwetenschappen hebben niet op elke vraag een antwoord (bijv. waar het gaat om de effecten van lage doses ioniserende straling).

SNELHEIDSDUIVELS MOETEN KUNNEN WORDEN AANGEPAKT: ANWB VOOR 120 KM OP DE SNELWEG

CONCLUSIE ADVIES AAN BEWINDSMAN: Maximumsnelheid van 120 leidt tot meer ongevallen

Van ons veraggeefster

DEN HAAG — Verhoging van de maximumsnelheid van 100 naar 120 kilometer per uur leidt tot een grotere toename van rijnsnelheden en daardoor meer ongevallen. Daarom moet de maximumsnelheid van 100 kilometer per uur gehandhaafd blijven, volgens een advies van de Wetenschappelijk Instituut voor de Veiligheid (SWOV), secretaris Schermerhorn.

De ANWB heeft een brief aan de minister van Verkeer en Waterstaat geschreven waarin wordt aangegeven dat een verhoging van de maximumsnelheid van 100 naar 120 kilometer per uur op autosnelwegen. In beide categorieën reed vijftien procent van de voertuigen langzamer dan het toegestane maximum.

Volgens het TNO-onderzoek leidt een verhoging van de maximumsnelheid tot een grotere luchtvervuiling. De uitwerking van stikstofdioxide zal met 11,1 procent toenemen als op snelwegen personenauto's tien kilometer per uur harder mogen rijden en vrachtwagens vijf kilometer. Het gevolg daarvan is een toename van de verzuring met 0,3 procent. De uitstoot van zwaveldioxide neemt in dat geval met 6 procent toe.

Eigenlijk verandert er niets aan de situatie als de wettelijke maximumsnelheid wordt verhoogd. De meeste automobilisten rijden al zo'n 115 à 120 km per uur. Dat kan gebeuren, omdat er nauwelijks tegen het voorkomen dat iemand op de snelweg rijdt, maar er wel een maximum van 110 km per uur is. Het is zonder dat de politie iets doet, afhankelijk van de politie ter plaatse stelt.

Dat de politie zo weinig tegen snelrijders optuigt, is zo weinig tegen snelrijders. Dat de politie nauwelijks kwalijk te nemen: automobilisten is zo groot, dat men bekeuringen uit te delen om de snelrijders te beteugelen, kan de rechter niet aanpakken. En als het ze wel zou lukken, kan de rechter niet aanpakken.

KEIHARDE ACTIE
De ANWB vindt dat er snel een duidelijke situatie. De ANWB vindt dat er snel een duidelijke situatie. De ANWB vindt dat er snel een duidelijke situatie. De ANWB vindt dat er snel een duidelijke situatie.

Figuur 12.

3.3 Thematische opgaven

Het doortrekken van de lijn van thematisch onderwijs naar het examen leidt tot wat ik maar thematische opgaven zal noemen, zoals bijv. de opgave 'een verbeterde stroomlijn (Fig. 13. PLON-HAVO 85/1-4, fig. 13).

Een thematische opgave kenmerkt zich door één centrale vraagstelling, ontleend aan een situatie binnen een buitenschoolse context. Bij deze voorbeeldopgave is die vraagstelling: *is de bewering 'dat scheelt kilometers op één volle tank' in de advertentie een redelijke weergave van de werkelijkheid?* Dat betekent dat op verschillende vraagonderdelen eenduidig naar een antwoord op die vraag moeten toewerken. Dat gebeurt in de vraagonderdelen a t/m d: vanuit een aantal technische gegevens moet eerst de luchtweerstand van het oude type bepaald worden, waaruit met de bewering over de cw-waarde uit de advertentie de luchtweerstand van het nieuwe type volgt en daarmee de afstand die met 20 liter benzine kan worden afgelegd. Tot slot een wat relativerend vraagonderdeel e: wat voor lange ritten met een niet al te hoge snelheid geldt, hoeft onder andere omstandigheden niet op te gaan.

Andere voorbeelden van thematische opgaven zijn:

- * de Philips SL.18 ... de 'energiebesparende' lamp (opgave 5), met als (wat in de opgave verborgen) vraagstelling of zo'n dure energiebesparende lamp op langere termijn goedkoper is dan een gloeilamp;
- * de zeedumping van laag-radioactief afval (opgave 9), met de vraag naar de toelaatbaarheid daarvan.

Kenmerken van een thematische opgave zijn:

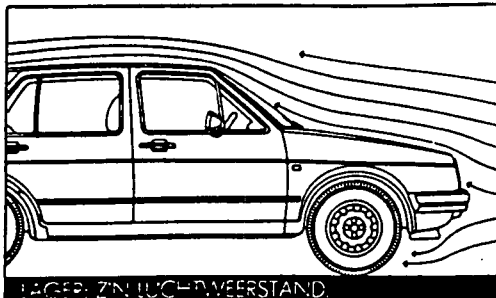
- * één centrale vraagstelling, ontleend aan beroepsmatige (waaronder óók wetenschappelijke), persoonlijke of maatschappelijke aspecten van een buitenschoolse context (in de voorbeeldopgaven betrekking hebbend op de aankoop van consumptie-artikelen en op het maatschappelijke debat over toepassingen van ioniserende straling);
- * vraagonderdelen waarin natuurkundige kennis en vaardigheden gebruikt moeten worden om een antwoord te vinden op die centrale vraagstelling (in de voorbeeldopgave over de energiebesparende lamp: natuurkundige begrippen (energie, vermogen), relaties ($E = P \cdot t$) en vaardigheden (grafieken tekenen en interpreteren) zijn functioneel voor het vinden van een antwoord op de vraag of die dure lamp zich in de loop van de tijd terugverdient).

De verleiding is groot om bij dit soort opgaven nog even wat vraagonderdelen 'mee te pikken', zoals bijv. in de voorbeeldopgave rond de auto-advertentie (opgave 10) een vraag naar de kinetische energie van de auto. Een dergelijk vraagonderdeel is gezien de centrale vraagstelling van de opgave niet relevant en dient dan ook niet in de opgave voor te komen.

Aan de hierboven gegeven beschrijving van thematische opgaven voldoen slechts enkele opgaven uit de examens MAVO, HAVO en VWO uit de afgelopen jaren. Een opgave als die over het plan Lievense (zie figuur 14) lijkt wel thematisch, maar de opgave kenmerkt zich door het ontbreken van een

10. EEN VERBETERDE STROOMLIJN

In auto-advertenties wordt vaak een verbeterde stroomlijn van de auto gekoppeld aan een zuiniger benzineverbruik. Hieronder vind je een fragment uit zo'n advertentie, waarbij we de naam van het automerk hebben veranderd.



LAGER: Z'N LUCHTWEERSTAND.

**ZUINIGER DAN DE HEXA:
DE NIEUWE HEXA**

Je ziet het de nieuwe Hexa direct aan dat z'n aerodynamische vorm nog verder geperfectioneerd is. Die verbeterde vorm resulteert in een luchtweerstandscoefficiënt die bijna 20% is verlaagd. Met een C_w -waarde van 0,34 neemt de nieuwe Hexa een koppositie in z'n klasse in. Dat scheelt kilometers op één volle tank van 55 liter.

We zullen in deze opgave proberen uit te rekenen of de zin "Dat scheelt kilometers op één volle tank" wel realistisch is.

Het benzineverbruik van een auto is afhankelijk van de aerodynamische vorm, maar uiteraard ook van rijstijl en van het soort gebruik (lange of korte ritten bijvoorbeeld).

We bekijken nu eerst de *oude* Hexa en kiezen een vereenvoudigde situatie. Hierbij geldt dat van een volle tank benzine 20 liter wordt verbruikt bij lange ritten met een constante snelheid van 90 km/h. De oude Hexa rijdt dan 16 km op 1 liter benzine.

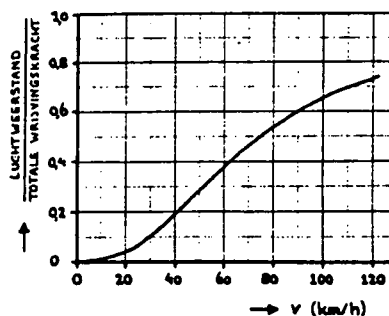
a.1 Toon aan dat, bij een rendement van 23 % de *nuttige* energie, die door de motor wordt geleverd bij verbranding van 20 liter benzine, gelijk is aan $1,5 \cdot 10^8$ J.

Met deze 20 liter benzine legt de auto een bepaalde afstand af.

a.2 Toon aan dat de gemiddelde totale wrijvingskracht, die de auto onderwindt over deze afstand, gelijk is aan $4,7 \cdot 10^3$ N.

Deze totale wrijvingskracht is de som van de luchtweerstand en de rolwrijving.

In figuur 10 is, nog steeds voor de oude Hexa, aangegeven hoe groot de verhouding is tussen de luchtweerstand en de totale wrijvingskracht voor verschillende snelheden v .



figuur 10

b. Bepaal met behulp van figuur 10 en het gegeven bij vraag a.2 de luchtweerstand en de rolweerstand bij $v = 90$ km/h voor de oude Hexa.

We bekijken nu de *nieuwe* Hexa bij deze lange ritten (verbruikte tankinhoud 20 liter; snelheid 90 km/h). We veronderstellen dat zowel het motorrendement als de rolwrijving bij de nieuwe Hexa gelijk zijn aan die bij de oude Hexa. De luchtweerstand is recht evenredig met de c_w -waarde (de luchtweerstandscoefficiënt) van een auto (bij gelijkblijvende overige omstandigheden).

- c. Bereken de luchtweerstand van de nieuwe Hexa bij een snelheid van 90 km/h, als de c_w -waarde met 20 % is verlaagd ten opzichte van de oude Hexa.
- d. Bereken de afstand die de nieuwe Hexa met 20 liter benzine op de lange ritten aflegt.

Het blijkt dat de bewering uit de advertentie redelijk klopt voor ritten op de lange afstand. Als met de auto alléén korte stadsritten worden gemaakt (gemiddelde snelheid ongeveer 20 km/h), dan ligt dat anders.

e. Geef twee redenen, waarom een verbetering van de c_w -waarde van een auto bij korte stadsritten nauwelijks invloed heeft op het met een bepaalde tankinhoud afgelegde aantal kilometers.

Het zou in Nederland mogelijk zijn op grote schaal windmolens in te schakelen voor het opwekken van elektrische energie. Maar een probleem hierbij is, dat deze energie niet altijd in voldoende mate beschikbaar is op tijden dat er behoefte aan is, en daarentegen soms in overmaat beschikbaar is op tijden dat er weinig vraag naar is (bijvoorbeeld in het weekend).

Om dit probleem op te lossen stelde Ir. Lievense in 1979 voor om de windmolens elektrische generatoren te laten aandrijven. De aldus opgewekte elektrische energie kan zo nodig direct worden gebruikt. Voor zover er geen behoefte is aan die elektrische energie, kan zij worden toegevoerd aan pompen, waarmee water in een nieuw te bouwen „spaarbekken” gepompt kan worden. Zo wordt als het ware de (wind)energie opgeslagen. Als men gebruik wil maken van deze opgeslagen energie, kan men het water uit het spaarbekken laten wegstromen. Dit wegstromende water brengt dan waterturbines in draaiing. Hieraan zijn generatoren gekoppeld, zodat dan weer elektrische energie wordt opgewekt.

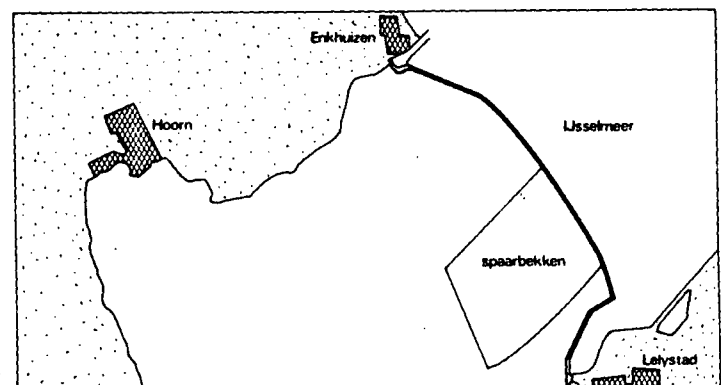
Het zogenaamde plan Lievense bestaat dus in principe uit twee gedeelten:

- 1e. een groot aantal windmolens met daaraan gekoppelde elektrische generatoren,
- 2e. een spaarbekken, waar men of water *in* kan laten stromen door middel van elektrisch aangedreven pompen of water *uit* kan laten stromen waarbij elektrische energie wordt opgewekt.

We gaan eerst het tweede gedeelte van het plan nader bekijken.

Het spaarbekken zou gebouwd kunnen worden in het IJsselmeer. Zie figuur 1.

In het plan wordt er van uitgegaan, dat het waterniveau in het spaarbekken niet hoger dan 23 m en niet lager dan 17 m boven het waterniveau in het IJsselmeer komt te staan. Het bekken heeft een oppervlakte van 55 km². Het water wordt uit het IJsselmeer in het spaarbekken gepompt. Neem bij de volgende vragen aan, dat het niveau van het water in het IJsselmeer niet verandert.



figuur 1

- a. 1. Bereken de massa van het water dat in het spaarbekken gepompt moet worden om de waterspiegel in het spaarbekken te laten stijgen van 17 m naar 23 m boven het waterniveau in het IJsselmeer.
2. Bereken met welk bedrag de zwaarte-energie van het water in het spaarbekken toeneemt als de waterspiegel stijgt van 17 m tot 23 m.

Men wil dat het waterniveau in 20 uur van 17 m tot 23 m kan worden opgevoerd.

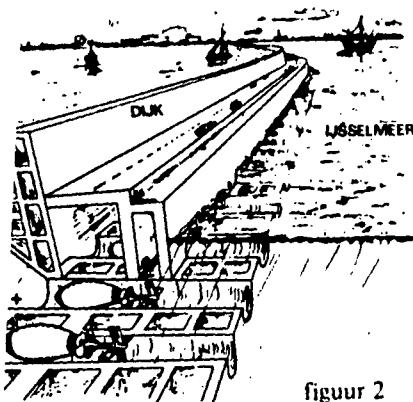
- b. Bereken hoe groot het vermogen van de gezamenlijke pompen minstens moet zijn.

Om deze opgeslagen energie te kunnen gebruiken, laat men water uit het spaarbekken wegstromen door buizen, waarin zich het schoepenrad van een waterturbine bevindt. Dit rad gaat daardoor draaien. Zie figuur 2.

De waterturbine brengt op zijn beurt een generator in beweging, zodat elektrische energie wordt verkregen.

Veronderstel dat het rendement van een waterturbine met generator constant 93% bedraagt. In een stad met een inwonertal van 100 000 wordt gemiddeld een elektrisch vermogen gebruikt van 60 MW.

- c. Bereken hoe lang een stad van 100 000 inwoners de benodigde elektrische energie van het spaarbekken kan betrekken, als het waterniveau in dit spaarbekken daalt van 23 m tot 17 m boven het waterniveau in het IJsselmeer.

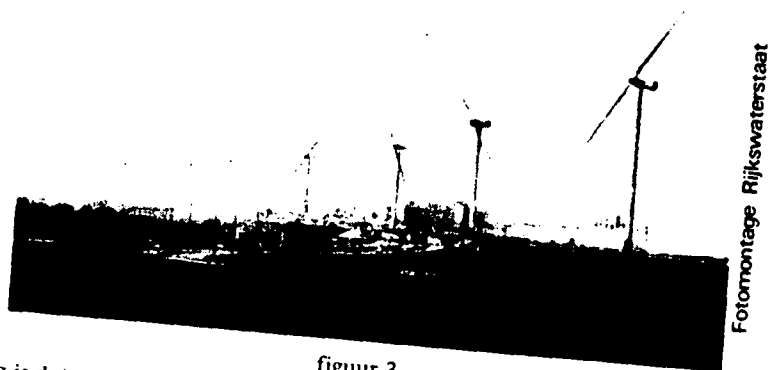


figuur 2

Het eerste gedeelte van het plan Lieveense houdt zich bezig met windmolens. Deze windmolens leveren de energie die nodig is om water in het spaarbekken te pompen. We nemen aan dat de windsnelheid 6,0 m/s bedraagt. De temperatuur is 0,0°C en de luchtdruk is $1,0 \cdot 10^5$ Pa ($= p_0$).

- d. 1. Bereken de massa van de hoeveelheid lucht die per seconde door een (denkbeeldig) vlak gaat, dat loodrecht op de windrichting staat en dat een oppervlakte heeft van $1,00 \text{ m}^2$.
2. Bereken de kinetische energie van deze hoeveelheid lucht.
3. Bereken de kinetische energie van de hoeveelheid lucht die door het in vraag d. 1 bedoelde vlak gaat, wanneer de windsnelheid tweemaal zo groot is als bij vraag d. 1.

In totaal zijn erg veel windmolens nodig. Onder andere omdat het niet mooi is al deze molens vlak bij elkaar te zetten (horizon vervuiling, zie figuur 3), worden ze verspreid opgesteld.



figuur 3

- Het gevolg is dat een groot gedeelte van de via de windmolens opgewekte elektrische energie over grote afstand naar de pompen bij het spaarbekken moet worden getransporteerd.
- e. Waarom is het in verband met dit transport over grote afstand wenselijk dat de windmolens geen gelijkstroomgeneratoren maar wisselstroomgeneratoren aandrijven?

Figuur 14.

centrale vraagstelling zoals hierboven is gedefinieerd. De vraagonderdelen vormen (daardoor) een weinig samenhangende verzameling, waarbij het verband met 'het plan' zelfs even dreigt te verdwijnen: vraagonderdeel d over de kinetische energie van lucht. Als aanloop naar de windturbines niet onaanvaardig, maar daarna gaat het opeens over gelijk- of wisselstroomgeneratoren.

Het opnemen van thematische opgaven in een examen hoeft geen probleem te zijn: soms zitten ze er al in (de energie-besparende lamp bijv.). Hierbij moet wel een tweetal opmerkingen gemaakt worden.

- * Een strakke indeling van het examen in een vast aantal opgaven met een min of meer voorgeschreven aantal vraagonderdelen per opgave maakt het inpas- sen van thematische opgaven lastig: de centrale vraagstelling bepaalt het mogelijke aantal relevante vraagonderdelen. (Gelukkig is op dit punt de laatste jaren wat meer flexibiliteit te bespeuren.)
- * Bij thematische opgaven treedt nogal eens afhankelijkheid van vraagonder- delen op, omdat de antwoorden op de vraagonderdelen toewerken naar een

antwoord op de centrale vraagstelling. Anders dan bij open vraagonderdelen (waarbij voor dit soort problemen meestal wel een oplossing te vinden is) levert een gesloten vraagvorm - voorlopig gelukkig alleen nog bij het MAVO - daarbij nogal wat problemen. (Laten we hopen dat op z'n minst deze MAVO-trend naar gesloten vraagvormen zich niet doorzet in de richting van HAVO en VWO.)

3.4 Conclusie

In de praktijk van het Nederlandse natuurkunde-onderwijs zijn bij het gebruik van contexten twee benaderingen te onderscheiden: een schematische en een thematische. De WEN stelt in haar MAVO-advies dat 'het gebruik van contexten mogelijk is binnen alle vormen van onderwijs (project, thematisch, schematisch, mengvormen enz.)'. Maar naar het examen toe kunnen deze beide benaderingen leiden tot in karakter verschillende examenopgaven.

4. Vragen

De WEN heeft een keuze gemaakt voor het gebruik van contexten in het natuurkunde-onderwijs én in het examen. In het voorgaande heb ik bij een aantal punten wat vraagtekens geplaatst. Het belangrijkste punt waarop door de WEN geen duidelijke keuze is gemaakt, wordt naar mijn idee samengevat in de volgende vraag:

- * in welke mate krijgen de persoonlijke en maatschappelijke aspecten van buitenschoolse contexten aandacht in de examens;
- * gaat dat dan in de vorm van wat ik hiervoor heb geschreven als 'thematische opgaven' of niet, of niet helemaal, of anders;
- * en welke rol speelt 'de' natuurkunde daarin?

En een tweede vraag:

- * wie gaat deze keuzes maken?

Laten we dat over aan de inspectie, de CEVO, de ACD's voor de natuurkunde-examens? En zitten die eigenlijk wel op zo'n klus te wachten?

Gaan die keuzes wel echt gemaakt worden? Eerder is al gezegd dat we toch context in examens hebben? Om het dan maar zo te laten - de weg van de minste weerstand - is erg verleidelijk.

Raakt daarmee de door de WEN nagestreefde vormgeving van een verbreding van onderwijsdoelstellingen geruisloos op de achtergrond? Een verbreding van onderwijsdoelstellingen die belangrijk lijkt voor de leerlingen, die via de rol van de natuurkunde in de in het onderwijs aan de orde gestelde persoonlijke en maatschappelijke aspecten van buitenschoolse contexten mogelijk wat meer greep krijgen op beslissingen die zij in het dagelijks leven nu en in de toekomst geacht worden te nemen. Een verbreding van doelstellingen die ook van belang is voor het vak natuurkunde zelf: de natuurkunde wordt mogelijk meer relevant voor leerlingen als zij het gevoel krijgen dat die natuurkunde - met al haar beperkingen - ook bruikbaar en zichtbaar is in hun leven buiten de school. Het zou goed zijn als dát ook zichtbaar is in de examens. En dat niet alleen omdat het examen een sterke invloed uitoefent op de inrichting van het voorafgaande onderwijs. Maar ook omdat het examen vaak dienst doet als een soort visitekaartje naar de samenleving, een visitekaartje dat een beeld geeft van wat de maatschappelijke rol van de natuurkunde kan zijn.

REFERENTIES

1. WEN. *Examenprogramma natuurkunde C- en D-niveau - advies van de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde aan de Minister van Onderwijs en Wetenschappen*. Enschede: maart 1985.
2. WEN. *Examenprogramma natuurkunde VWO en HAVO concept*. Enschede: oktober 1986.
3. Genderen, D. van. *Context als β -didactisch begrip*. Tijdschrift Didactiek β -wetenschappen 3 (3), 1985, p. 183-194.
4. Kortland, J. en Loo, F.A. van der. *Natuurkunde als gereedschap bij besluitvorming en Natuurkunde en besluitvorming: de leerling als consument en als verantwoordelijk burger*. In: H.M.C.Eijkelhof e.a. (red.): *Op weg naar vernieuwing van het Natuurkunde-onderwijs*. SVO, Den Haag: 1986, p. 66-102.
5. PLON. *Verkeer (lespakket)*. Rijksuniversiteit te Utrecht: 1983.

Nawoord

Aan het tot stand komen van deze lezing hebben meegewerkt:

- * Harrie Eijkelhof en Dik van Genderen (commentaar);
- * de ACD's voor de reguliere examens en experimentele PLON-examens, Pieter Hogenbirk en W23be Bijker (opgavevoorbeelden);
- * de WEN (aanleiding).

Waarvoor dank





deel 2: werkgroepen



Natuurkunde in de huishouding

C.J. Horn

Studenten aan de HBO-opleiding voor Toegepaste Huishoudwetenschappen komen met zeer uiteenlopende vooropleiding binnen. Bij meisjes bestaat er vaak weerzin tegen het vak natuurkunde. Hoe kun je in deze situatie toch met het vak natuurkunde aan de slag?

In het practicum "apparatuur" wordt onderzocht hoe allerlei huishoudelijke apparatuur werkt. Leerlingen demonteren kapotte apparatuur, vaak van huis meegebracht. Rondom de apparaten worden eenvoudige berekeningen uitgevoerd, bijv. over rendement en energiekosten.

In het verslag worden enkele voorbeelden besproken. Bijbehorende instructiebladen zijn aan het eind afgedrukt.

Eerste voorbeeld: het koffiezetapparaat.

Koffiezetten is een bezigheid waar ieder in het dagelijks leven veelvuldig mee in aanraking komt. Je kunt daarop inspelen door allerlei wetenswaardigheden over koffie te vertellen. Tegenwoordig zijn wij gewend aan koffie met een papiersmaak, afkomstig van het filter. Zouten in het leidingwater bepalen mede de smaak - zet maar eens koffie van gedestilleerd water: niet te drinken. Leerlingen bepalen de extractiewaarde en het filterrendement en vergelijken beide waarden met wat in Nederland gebruikelijk is.

Het uitvoeren van een goede smaaktest gaat als volgt: geef leerlingen de beschikking over 3 bekers koffie (of cola, of wat dan ook) en vraag de afwijkende te kiezen. Zijn 7 leerlingen instaat de afwijkende aan te wijzen, dan is met 95% betrouwbaarheid aangetoond dat de betreffende koffie inderdaad anders smaakt.

Leerlingen onderzoeken hoe het koffiezetapparaat werkt: bimetaal, zekering, klep,....; allerlei onderdelen zijn aan te wijzen. Het rendement voor waterverwarming ligt bijzonder hoog, rond de 90%. Wél treedt energieverlies op door langdurig napruttelen. Om dit te beperken stellen leerlingen de thermostaat bij.

Trouwens: het vermogen van het verwarmingselement bedraagt enkele honderden Watts; dit element moet tijdig worden uitgeschakeld omdat anders kans bestaat op smelten van het hele apparaat.

Tweede voorbeeld: de elektrische eierkoker.

De elektrische eierkoker is een vrij zeldzaam apparaatje. Toch blijkt het verrassend energiezuinig te zijn. Een afgepaste kleine hoeveelheid water verdampt; zodra het water is verdwenen wordt de temperatuur zodanig hoog dat

een geluidssignaal word ingeschakeld: de eieren zijn klaar.

Bij meer eieren in het apparaat moet juist minder water worden toegevoegd. Waarom? Antwoord: meer (relatief koude) eieren betekent meer condensatie, dus minder verdamping.

Bij eieren koken is verwarming tot 80 °C voldoende; de grenstemperatuur voor de benodigde chemische omzettingen is dan gepasseerd. Via een thermokoppel door het toch al geprikte gaatje is de temperatuur in het ei te meten.

Derde voorbeeld: het strijkijzer.

Bij het strijken zijn van belang de temperatuur en de vochtigheid van de stof. De druk speelt een kleinere rol. Een stoomstrijkijzer is in het algemeen:

- overbodig. In Nederland bevat ook gedroogd strijkgoed nog voldoende vocht. Bij gebruik van een droogtrommel kan het anders liggen.
- ineffectief. Tijdens het strijken worden de stoomgaatjes in de zool afgesloten; gesproeid wordt slechts wanneer het strijkijzer niet meer in contact is met het wasgoed. Trouwens: als er al gesproeid wordt dan zijn enkele gaatjes wel voldoende. Via het aanbrengen van meer gaatjes wekt de fabrikant de suggestie: beter. Strijkijzers met een ingebouwd druksysteem kunnen wel effectief sproeien (maar zijn direct weer duurder).

Een domweg doorgezaagd strijkijzer maakt alle componenten direct zichtbaar. Stoom- en stroommetingen zijn uit te voeren. Wat aardig is om te weten: de thermostaat is geconstrueerd voor gebruik in horizontale stand; bij omgekeerd gebruik van het strijkijzer (bijv. als kookplaat) kunnen afwijkingen optreden.

Tot slot naam en adres van de spreker. Voor verdere suggesties of materialen kan met hem contact worden opgenomen.

Ing. C.J. Horn
H.B.O. Toegepaste Huishoudwetenschappen
Hoendiepskade 23
9718 BG Groningen
tel. 050-140344.

Koffiezetters

- Opdracht Bepaal de extractie waarde van koffie en beoordeel de zekwaliteit van a) filterkoffie en b) espressokoffie
- Inleiding De koffie kwaliteit is, afgezien van koffiemerk, maling, filtersysteem, enz. hoofdzakelijk afhankelijk van de koffie/water-verhouding en het percentage opgeloste koffie in de gezette koffie. uit laatste noemen we de extractie waarde, welke in Nederland tussen de 1,15 en 1,35% dient te liggen. (Zie bijlage 1)
- $$\text{Extractie waarde } E = \frac{\text{Hoeveelh. opgel. koffie}}{\text{gez. koffie}} \times 100\%$$
- Uitvoering v/d proef
- zet met een willekeurige koffiezetters koffie, met een koffie/water verhouding van 5 gr/0,1 ltr en noteer de zettijd, hoeveelheid en smaak.
 - Doe 20 cc in een petri-schaaltje en weeg zowel het lege als gevulde schaal tje.
 - verdamp onder de rode lamp het water en weeg het schaal tje opnieuw.
 - Herhaal dit met een espresso apparaat bij 10 gr/0,
- Uitwerking v/d proef
- Bereken de extractie-waarden E
 - Beoordeel de zekwaliteit van filterkoffie t.o.v. espresso
- $$F = \frac{\text{totale hoeveelheid opgeloste koffie}}{\text{totale hoeveelheid gemalen koffie}} \times 100\%$$
- vergelijk en beoordeel van beide koffiezetters:
 - a) het bedieningsgemak
 - b) onderhoud
 - c) zettijd per kopje

Eieren koken I

- Opdracht Vergelijk 2 eierkook-methoden:
a) elektrische eierkoker (met stoom)
b) eieren koken in pan (met water) op kookplaat voor wat betreft: kooktijd, energieverbruik, rendement, bedieningsgemak en onderhoud.
- Inleiding De elektrische eierkoker wordt over het algemeen afgedaan als een overbodig apparaat. Toch willen we eens onderzoeken hoe dit apparaat in de praktijk bevalt. Om het rendement van een eierkookmethode te kunnen bepalen, moeten we afspreken wat we onder nuttige energie Q_n bij het eierkoken verstaan. Bij een elektr. eierkoker:
- $$Q_n = Q_{\text{water}} + Q_{\text{stoom}} + Q_{\text{ei}}$$
- Bij eieren koken in een pan geldt
- $$Q_n = Q_{\text{water}} + Q_{\text{ei}}$$
- Uitvoering proef a
- Kook m.b.v. elektr. eierkoker 1 ei (middel hard)
 - Doe en bepaal m.b.v. gebr. aanu. de hoeveelheid water in cc en meet de watertemp.
 - meet de temp van het ei (inwendig) d.m.v. een thermokoppel (prik eerst een gaatje in het ei) en weeg het ei.

- sluit de eierkoker aan op een kWh-meter (tel aantal omwentelingen) en bepaal de kooktijd (tot signaal klinkt)
 - meet de eindtemp. van het ei (inwendig) s.u. ei = 1
- Uitvoering proef B
- kook 1 ei in een pan met 500cc water
 - bepaal gewicht en temp. van het ei. Meet bovendien de temp. van het water.
 - sluit het kookplaatje aan op kWh-meter (en bepaal het aantal omwentelingen) tot het water kookt, meet bovendien de kooktijd.
 - laat het ei 3 min. in het water liggen en meet dan de eindtemp.
- Uitwerking proef
- Bereken van beide proeven:
 - a) de nuttige en toegevoerde energie
 - b) het rendement
 - vergelijk de uitkomsten van beide proeven en geef je mening
 - vergelijk en beoordeel verder bediening, veiligheid.
 - waarom moet voor het koken van een ei een gaatje geprikt worden?

Strijkijzer

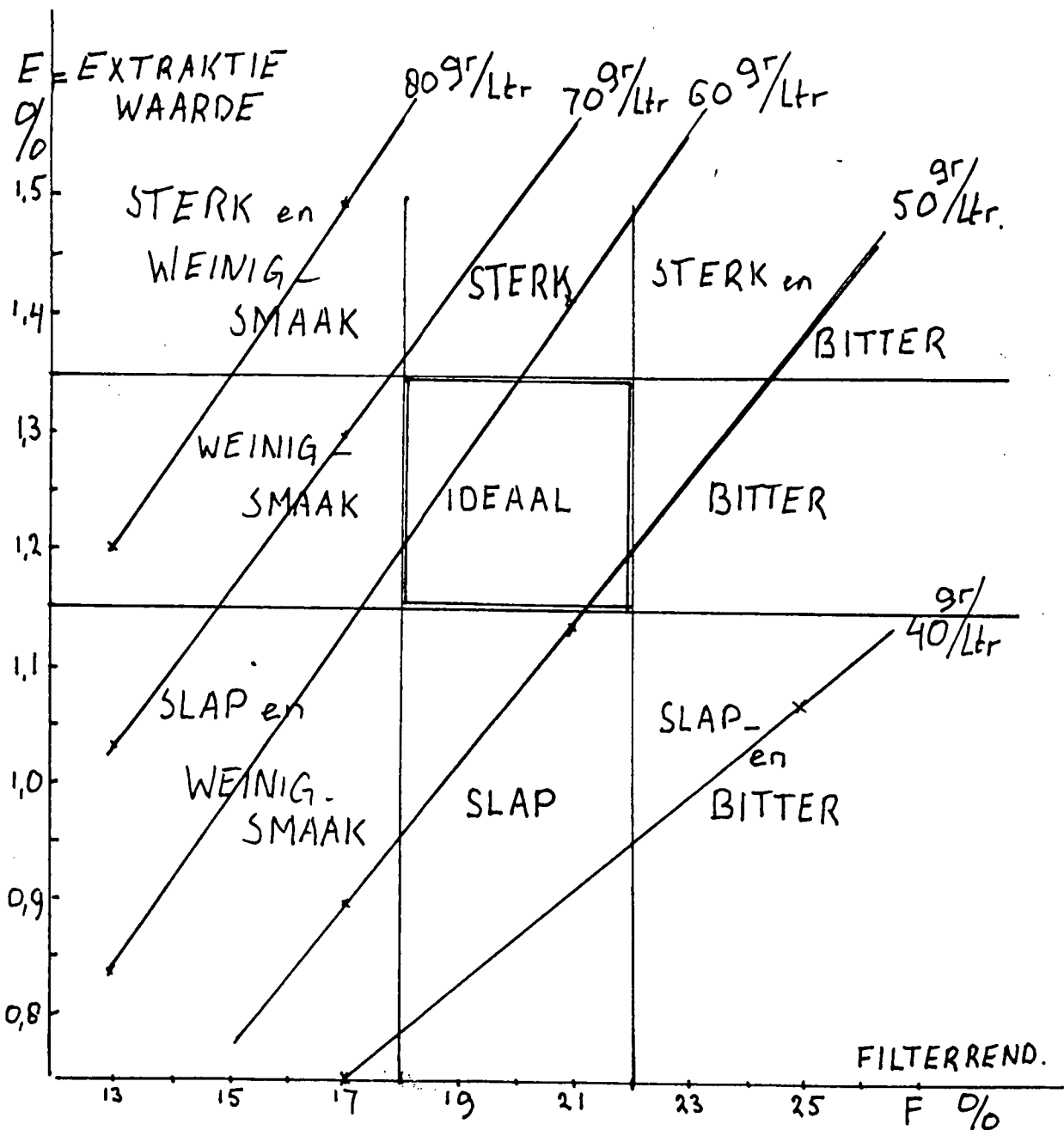
- Opdracht Bepaal de stoomopbrengsten van 2 typen (open en gesloten syst.) stoomstrijkijzers bij diverse thermostaatstanden.
- Inleiding Steeds meer stoomijzers vinden hun weg naar de consument, met de suggestie "hoe meer stoom, hoe beter het strijkresultaat". Deze suggestie wordt commercieel versterkt door de klant te laten geloven: "hoe meer gaten in de zool, hoe meer stoom". Dit berust natuurlijk op een groot misverstand. De stoomopbrengst is nl. afhankelijk van:
a) het systeem b) de zoolplaattemp. c) de strijkdruk
- Nemen we voor ons onderzoek a) het open systeem en b) het gesloten systeem, en strijken we met dezelfde strijkdruk, dan zijn de zoolplaattemperaturen bij systeem a en b de enige variabelen voor de stoomopbrengst.
- Uitvoering proef
- vul het strijkijzer (systeem a) volgens gebr. aanu. en weeg het totaal (zonder snoer).
 - stel de thermostaat op 1 stip
 - wacht tot de thermostaat voor de 2^e keer inschakelt.
 - zet het stoomijzer in de stoomstand
 - strijk 3 minuten met stoom en weeg ieder minuut het strijkijzer (op z'n hiel) op de weegschaal. Herhaal deze proef met de thermostaat op 2 en 3 stippen.
 - doe bovenbeschreven proeven ook met systeem b.
- Uitwerking v/d proef
- geef in een grafiek weer de stoomopbrengst in gram/min tegen thermostaatstanden zowel voor systeem "a" als systeem "b"
 - Geef je mening over bediening, strijkresultaat en stoomopbrengst.
 - Bereken het vermogen in Watt van beide typen stoomstrijkijzers dat nodig is voor de stoomproductie met de thermostaat op 3 stippen.

SMAAK. BEOORDELING V. KOFFIE.

- 1) HOEVEELHEID GEMALEN KOFFIE (MG)
- 2) " " GEZETTE KOFFIE (MK)
- 3) " " OPGELOSTE KOFFIE (MO)

EXTRAKTIEWAARDE $F = \frac{MO}{MK} \times 100\%$

FILTERRENDEMENT $F = \frac{MO}{MG} \times 100\%$



Denkbeelden over straling n.a.v. Tsjernobyl

Harrie Bijkelhof

Samenvatting

In het natuurkunde-onderwijs is de laatste jaren de tendens zichtbaar van meer aandacht voor de persoonlijke en maatschappelijke context van de natuurkunde. Met name in het PLON-project is veel lesmateriaal op dit gebied geschreven. Een van de onderwerpen waarvoor dit is gebeurd is Ioniserende Straling. Vergeleken met de traditionele behandeling van dit onderwerp wordt veel meer aandacht besteed aan aspecten van stralingshygiëne en aan toepassingen.

Bij evaluatie van dit lesmateriaal bleek dat zowel voor als na de behandeling hiervan bij de leerlingen een aantal misverstanden bestond over straling. Over 'alternatieve denkbeelden' t.a.v. ioniserende straling is weinig gepubliceerd. Vandaar dat we pogingen in het werk stelden om via nader onderzoek meer duidelijkheid te krijgen over de mogelijke denkbeelden van leerlingen over straling.

De onderzoeksmethoden die we tot nu toe hanteerden zijn een Delphi-studie onder stralingsdeskundigen, analyse van de media en leerlingenvragenlijsten. Kort na het begin van het onderzoek vond het ongeval in Tsjernobyl plaats met een golf van publiciteit. In deze bijeenkomst beperkte ik me tot enkele resultaten van het media-onderzoek (3 nederlandse en 10 britse kranten; radio en TV) en van een vragenlijst over Tsjernobyl onder 300 leerlingen in de 4^e klassen van HAVO en VWO.

In de voordracht werden vele citaten gegeven uit de media en van leerlingen over vragen als: wat kwam er uit de reactor, waarom kregen wij ook in Nederland met de gevolgen te maken, wat was er mis met het voedsel, wat is het nut van jodiumtabletten en van andere maatregelen en adviezen? Daaruit werden enkele conclusies getrokken:

1. Bij het publiek lijkt het idee te bestaan dat radioactieve stof, straling en radioactiviteit synoniemen zijn. De veel gebruikte term 'radioactieve straling' werkt dit ook wel in de hand. Gevolgen hiervan zijn de verwarring tussen activiteit en stralingsdosis ('de remmen en bequerellen'), de verwarring tussen bestraling en besmetting en het onbegrip over het begrip 'halveringstijd'.
2. Er is veel onduidelijkheid over de risico's van ioniserende straling: de kans op kanker, het verschil tussen stralingsziekte en de mogelijke effecten van straling op lange termijn, het nut van medicijnen en de betekenis van normen.
3. Het gaat er niet om nu de jacht te openen op foutief woordgebruik op zich, maar om te streven naar een betere communicatie tussen bijv. leken en deskundigen, leerlingen en docenten, journalisten en deskundigen over de werkelijke vragen rond de risico's van toepassingen van ioniserende straling.

Zelfstandige experimentele opdrachten op HAVO en VWO.

J.W. Lackamp, R. v. Haren, A. Pollman

In deze werkgroep zijn de docenten- en de leerlingenhandleiding gepresenteerd die een schrijfgroep uit Nijmegen van het PLON-VWO-bovenbouwproject heeft gemaakt ten behoeve van het zelfstandig door leerlingen van de eind-examenklassen opzetten en uitvoeren van een experimenteel onderzoek.

Daarbij is gebruik gemaakt van de ervaringen van een zestiental scholen met een dergelijke opdracht op zowel VWO als HAVO.

Ook is in deze werkgroep de uitkomst gepresenteerd van een enquête onder tachtig leerlingen van de SG Oost-Betuwe te Bemmelen, die zo'n zelfstandig onderzoek uitvoeren.

Tenslotte is in de werkgroep door de deelnemers gediscussieerd over de wenselijkheid van opname van een zelfstandige opdracht in het eindexamenprogramma en de knelpunten die dat zou kunnen opleveren. Via een enquête hebben de deelnemers hun oordelen gespecificeerd.

Handleidingen voor docenten en leerlingen.

De knelpunten liggen eerder bij zelfstandig experimenteel werk dan bij een literatuurstudie. Daarom is de aandacht op de experimentele opdracht gericht. Kernpunt is dat leerlingen en docenten een structuur wordt aangeboden die het hen mogelijk maakt een goed overzicht te houden over het geheel en aanwijzingen te vinden voor het oplossen van de problemen die zich onderweg kunnen voordoen. De samenvatting van het open experimenteel onderzoek is verderop afgedrukt (A). Naar onze ervaring kunnen vrijwel alle experimentele onderzoeken volgens zo'n structuur opgezet worden. Leerlingen die bij één van de weergegeven fase in de knel komen, kunnen in de leerlingenhandleiding per fase adviezen vinden voor een aanpak.

In de docentenhandleiding is een voorstel opgenomen voor een tijdschema dat gebruikt kan worden. Zie verderop (B).

Voor de beoordeling tussentijds van onderdelen van het onderzoeksproces, maar tevens als steuntje voor leerlingen bij het formuleren van onderzoeksvragen en bij het inrichten van het onderzoek, kan de docent gebruik maken van de 'invulbladen' die in de docentenhandleiding zijn afgedrukt. Ook worden adviezen gegeven voor beoordeling (criteria) en materiaal.

Ervaringen uit de praktijk.

Veel leerlingen kiezen onderwerpen die dicht bij de schoolse natuurkunde liggen. Maar het gebeurt ook vaak dat zij een onderwerp kiezen dat uit hun eigen leefwereld stamt. Lijst C laat zien welke onderwerpen in deze cursus op een aantal scholen gekozen werden. Een paar voorbeelden zijn nader besproken.

Het is niet nodig dat de leraar erg veel lessen ter beschikking stelt voor het onderzoek. Het feitelijke werk moet door de leerlingen zelf georganiseerd worden. Zonodig kunnen ze zelf afspraken met de amanuensis maken. De

lesuren van de leraar dienen meer voor de opstart, de tussenbalans, de verslaggeving en eventuele beoordelingsgesprekken.

Uit de enquête - die overigens op meer scholen is afgenomen, maar bij kleinere aantallen leerlingen - blijkt hoe de jonge onderzoekers oordelen over verschillende aspecten van deze zelfstandige opdracht. In de gepresenteerde resultaten gaat het om twee HAVO- en twee VWO-groepen bij twee docenten. Zie blad D.

Plaats in het curriculum.

Naar ons idee moet de leerling in de bovenbouw naar zo'n open onderzoek toegroeien. Het door de WEN genoemde percentage van 10, d.w.z. zo'n 32 lesuren, dient volgens ons over de bovenbouwjaren gespreid te worden. De verdeling zou bijvoorbeeld als volgt kunnen zijn:

4 ^e klas VWO	7 (als uitbreiding van praktische opdrachten)	4 ^e HAVO	3 (idem)
5 ^e	2 (idem)		
	+ 9 (3 kleine open onderzoeken)		+ 6 (2 kleine)
6 ^e	14 (echt open onderzoek)		14
	<hr/>		<hr/>
	32		23

Naar onze mening hoort een zelfstandige opdracht ook op de HAVO thuis. Hierboven staat een suggestie voor een overeenkomstige urenverdeling.

Discussie.

Onze vraag was: hoort een open experimenteel onderzoek in de bovenbouw thuis?

In het algemeen waren de deelnemers hierover positief. Sommigen hebben er weinig ervaring mee, en lieten weten dat de hier aangeboden structuur een verbetering is.

De discussie draaide verder om de vraag of de WEN het open onderzoek wel verplicht kan stellen voor alle scholen, ook die waarin tot op heden weinig gedaan wordt aan praktisch schoolonderzoek. Er werd opgemerkt dat het in de moderne vreemde talen ook enige tijd heeft geduurd voor het onderdeel spreekvaardigheid vanzelfsprekend geworden is. Bij natuurkunde geldt dat onderzoeksvaardigheid een deel van het vak is en dus vanzelfsprekend deel van het examen moet worden.

In het algemeen was men van mening dat open onderzoek een goede aanvulling is op het huidige programma en dat het belangrijk is dat resultaten gepubliceerd worden, opdat er een traditie in deze richting komt.

Enquête onder de deelnemers.

We hebben tien stellingen - met vóór- en tegenkarakter - aan de deelnemers voorgelegd. De uitkomst van de 43 ingeleverde formulieren is op blad E afgedrukt.

Ook werden enkele 'eigen stellingen' ingediend:

11. Meninge als "bij ons kan het niet wegens ontbreken faciliteiten" moeten bestreden worden.

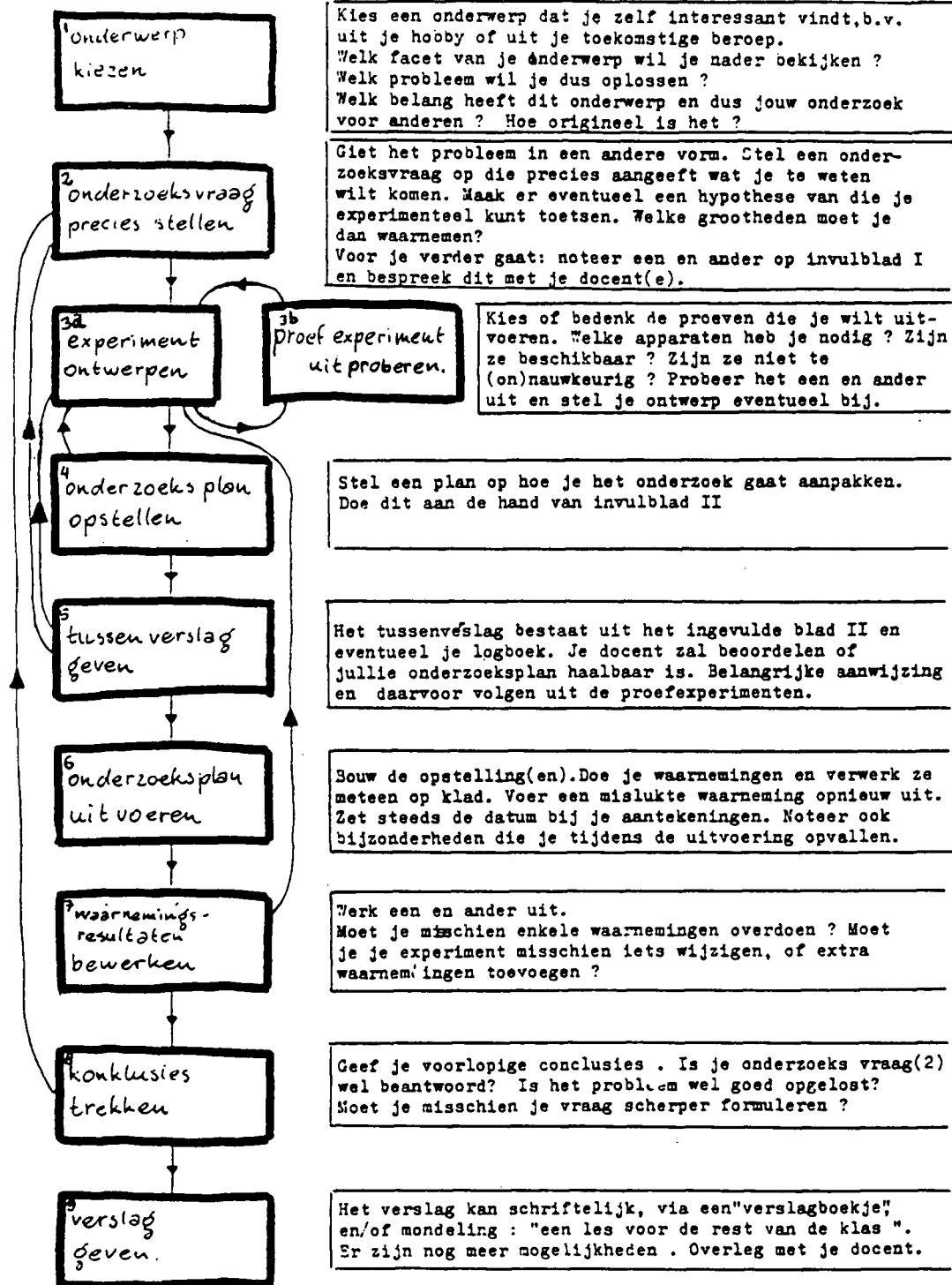
12. Er zijn faciliteiten nodig om het ook voor de 'niet-Woudschoten'-docent aanvaardbaar te maken (taakuur?).

13. Niet al onze leerlingen zijn aanstaande fysici.
15. Formulieren van eigen onderzoeksvraag en bijbehorende hypothese is erg nuttig voor latere studie.
16. Open experimenteel onderzoek moet in relatie met een ander vak, bijv. Nederlands (schrijfofdracht).
17. Zelfstandig onderzoek is onmogelijk bij de huidige tijdsdruk CSE-programma.
18. Als elk vak zoiets doet is er geen tijd meer voor voorbereiding op het examen.
19. Het tijdsaspect voor leerlingen mag niet uit het oog verloren worden.
20. In het huidige HAVO ontbreekt structureel de tijd voor een open experimenteel onderzoek.
21. Er moet gestimuleerd worden dat open onderzoek een vaste plaats krijgt vanaf het eerste leerjaar natuurkunde.
22. In plaats van én praktisch schoolonderzoek én zelfstandige opdracht moet de eis worden dat een leerling een pakket proeven kan tonen die zelf uitgevoerd zijn (w.o. open en gestuurde).

Bestellen docenten- en leerlingenhandleiding.

De 0^e-versie kan aangevraagd worden bij PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht. Kosten ongeveer f 3,50.

SAMENVATTING VAN HET OPEN EXPERIMENTEEL ONDERZOEK



B

TYDBALK (weken)	FASE	AANTAL LESUREN	AKTIVITEITEN
-2 ^{de} week sept.	1	• 1	groepen vormen onderwerp kiezen 2 weken laten betijen
	2	• 1 + • 1	onderzoeks vraag precies stellen 1 week laten betijen overleg met docent
	invulblad I		beoordeling I
herfst vak.	3	•	(proef) experimenten
	4	•	} 2 à 3 onderzoeksplan opstellen overleg beoordeling II
	5	•	
	invulblad II		
	6	•	} 4 à 6 uitvoering bewerking konklusies
	7	•	
	8	•	
	9	• 1	toelichtende les(sen) over verslag geven
-1 ^{ste} week dec.	verslag		beoordeling III
vert.	totaal 10 à 13, evt +5 met presentatie lessen.		

C

Lijst van Open Onderzoek onderwerpenS.G.Oost-BetuweKeuzen van
1986/1987HAVO

Kracht van vallend voorwerp op de grond
 Condensatie van damp bij samenpersing
 Schuine worp
 Vergelijking cassettebanden
 Karakteristieken van een zonnecel
 Benzineverbruik van een brommer
 Traa's vergelijken op vermogensverlies
 Stroomgeleiding in oplossingen
 Lichtspektrum
 Treksterkte van stoelenmattersriet
 Windturbulentie rond een flat
 Invloed gebruik tijdtikker op versnel-
 ling van karretje op helling
 Vermogen van een dynamo
 Zwarting van fotopapier
 Energiebesparing met lichtdimmer?
 Rendement stoommachine bij verschillen-
 de brandstoffen
 Invloed windsnelheid op snelheid boot
 Vergelijking rendement halogeenlamp en
 gewone gloeilamp
 Spektra van gasontladingslampen
 Waterrad
 Rendement windmolentje bij verschillende
 aantallen bladen
 Verhouding doorbuiging en dikte
 Invloed luchtvochtigheid op radioontvangst
 Koken op gas of elektrisch?
 Holle ruimte tussen verschillende zand-
 soorten
 Karakteristieken van een LDR
 Karakteristieken van twee NTC's vergelijken
 De optimale stand van een spoiler bij een
 caravan
 Lift van auto's bij verschillende snelheden
 Uitzetting van metalen
 Vliegwielen op racefiets
 Geluidsisolatie
 Rendement verschillende vormen van surfzeilen
 Elektronenkanon in beeldbuis

VWO

Tipvleugels windmolen
 Krachtverdeling in een spant
 Lichtgevoeligheid van het oog
 Rendement van een molen onder water
 Luchtweerstand van vleugekleppen
 Geluiddemping
 Stralingsaspectrum van lampen bij verschil-
 lende spanningen
 Wolkenhoogte bepalen
 Biljartballen
 Invloed zandkorrelgrootte bij verplaatsing
 door de wind
 Draagkracht vleugel
 Absorptie verschillende materialen als
 functie van de frekwentie
 Scherpte van kleurenzien bij beeldragers
 Frekwentie en volume van de ademhaling
 Wrijvingskracht tussen fietsband en weg
 Het maken van een ECG
 Gezichtsveld, scherpte en signaalsnelheid
 van het oog
 Luchtweerstand en remkracht
 Oor: trillen van het membraan als functie
 van spanning en frekwentie
 Regenbogen
 Oppervlaktespanning van water
 Grootte van de blinde vlek als functie van
 de leeftijd
 Tonale consonantie
 Lichtsterkte als functie van de afstand bij
 bol- en staafvormige lampen
 Invloed bass-, treble- en loudnessknoppen op
 frekwentiekarakteristiek versterker
 Diepgang surfplank bij verschillende snel-
 heden
 Weerstand LDR bij verschillende kleuren
 en lichtsterkten
 Brandstofverbruik van een vrachtauto
 Karakteristiek van elektronenbuis
 Vermogen fiets bij verschillende banden/opp.

Rendement van een waterrad

Zonnecel

Geluidsabsorptie en -reflektie bij verschil-
 lende materialen

Samplina en geluidskwaliteit

Schaduwgram

Overbrenging van de fiets

Aerodynamica van de auto

Reflektiegram

Niels Stensen CollegeVWO

Warmteisolatie schermdeuk in kas
 Geluidsoverdracht bij geluidswal rond
 snelweg
 Omloopstijdbepaling van de maan uit
 ster- en planeetbedekkingen
 Weerberichten van diverse media
 Penalty-schieten
 Invloed turbulator op luchtstroom
 Windmeter
 Frekwentiebepaling met tralie
 Energiebesparing in huis
 Scheidend vermogen cameraleens
 Racebaan met raceauto als model
 LCD: hoe werkt die?

Het Wagenings LyceumVWO

Fotograferen van interferentiepatronen
 Zonne-energie; rendement zonnecel als functie
 van de golflengte
 RCL-netwerken; bouw van zender en ontvanger
 Ruisgetal van een versterker
 Geluid en gehoor
 Het tennisracket en de bespanning

D

Konklusies uit de enquête m.b.t. het zelfstandig experimenteel onderzoek

1. Zowel in de vwo- als in de havo-groepen hebben de meeste leerlingen er ongeveer 4 à 10 uur eigen tijd in gestoken. Geen enkele leerling heeft er meer dan 20 uur eigen tijd aan besteed.
2. Het overgrote deel van de leerlingen vindt deze tijdsinvestering wel redelijk.
3. Op het vwo vinden de leerlingen die er naar verhouding veel tijd aan besteed hebben dat overwegend wel redelijk.
4. De meisjes op het vwo vinden overwegend dat ze in nogal grote mate hebben geleerd eenonderzoek op te zetten; voor de jongens ligt denadruk op niet zo'n grote mate. Voor de leerlingen van de havo-groepen ligt dit net andersom.
5. Bij de havo-leerlingen scoren de leraar en de amanuensis erg hoog als informatiebronnen; bij de vwo-leerlingen de leraar in mindere mate en de amanuensis helemaal niet; voor hen zijn bibliotheken deste belangrijker.
6. De invloed van leraar en amanuensis op opzet en uitvoering van het onderzoek wordt laag ingeschat. Die van de amanuensis bij de vwo-leerlingen zelfs zeer laag. Bij de havo-leerlingen is de waardering voor de bijdrage van de amanuensis echter hoog.
7. De meisjes vinden deze manier van werken minder prettig dan de jongens. De havo-leerlingen vinden deze manier van werken minder prettig dan de vwo-leerlingen. Voor beide groepen geldt dat de leerlingen die het prettig vinden en zij die het niet prettig vinden elkaar ongeveer in evenwicht houden.
8. De leerlingen hebben niet zulke optimistische verwachtingen m.b.t. het examen-cijfer voor natuurkunde. De spreiding in verwachtingen is bij de havo-leerlingen groter dan bij de vwo-leerlingen.

STELLINGEN

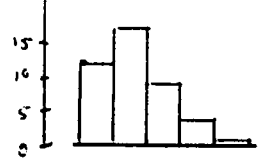
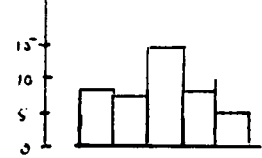
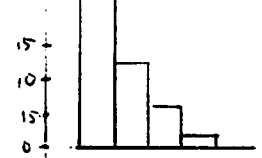
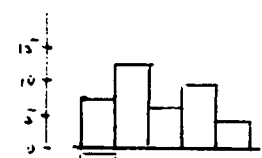
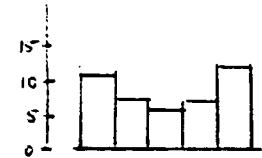
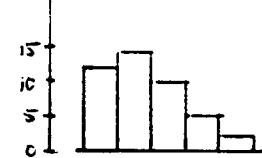
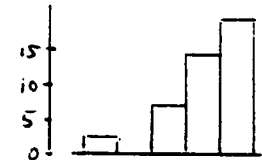
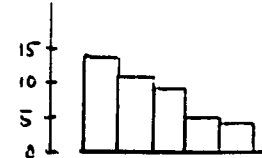
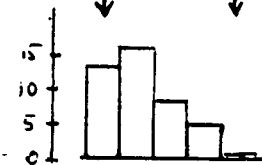
bij: Zelfstandige experimentele opdracht op HAVO en VWO

E

1. Bij het beoordelen van Open Experimenteel onderzoek is het zeer moeilijk om leerlingen een onvoldoende te geven.
2. Open experimenteel onderzoek kan in principe op elke school.
3. Een hypothese stellen bij praktisch werk hoort thuis op de universiteit.
4. Je mag in de examenklas verwachten , dat leerlingen ook enige vrije tijd in een open experimenteel onderzoek steken.
5. Open experimenteel onderzoek levert op-
pervlakkige resultaten op.
6. Open experimenteel onderzoek in het
examenprogramma is pas zinvol , als gekontroleerd wordt , dat elke school er de afgesproken tijd aan besteed.
7. Het wel of niet slagen van open experimenteel
onderzoek is te veel afhankelijk van de mede-
werking van de amanuensis.
8. Open experimenteel onderzoek is alleen mogelijk
als dit in de jaren vóór het eindexamenjaar
al onderdeel is geweest van de lespraktijk.
9. Open experimenteel onderzoek kan zó opgezet
worden , dat het ook voor een leraar met een v.b.
en 2 eindexamenklassen te doen is.
10. Open experimenteel onderzoek in het eindexa-
menprogramma is wenselijk.
11. Eigen stelling:

helemaal
mee eens

helemaal
mee oneens



Leren in context in natuuronderwijs voor 12 tot 16 jarigen.

Frits Gravenberch

Inleiding.

In het kader van het project Natuurkunde-onderwijs voor 12 tot 16 jarigen (NTO 12-16) wordt, nu reeds sedert enige jaren, bij de Stichting voor de Leerplanontwikkeling (SLO) gewerkt aan leerplanvoorstellen en lesmateriaal voor een programma voor geïntegreerd natuurwetenschappelijk onderwijs in de onderbouw, voor leerlingen van IBO tot VWO.

Hierbij wordt gepoogd om op systematische wijze een aantal uitgangspunten van de projectgroep ten aanzien van natuurwetenschappelijk onderwijs - de visie op NO - uit te werken naar enerzijds voorstellen voor een longitudinaal leerplan en anderzijds voorbeeldlesmateriaal. In het volgende wordt een en ander toegelicht aan de hand van twee voorbeelden: Je huis en Bodem.

De projectgroep

De projectgroepen die het project NO 12-16 jarigen uitvoert kent een aantal verschillende taakgroepen. Deze hebben verschillende werkterreinen, maar er is sprake van personele overlap. Op deze wijze is gestreefd naar optimale uitwisseling van de werkresultaten.

Thema-ontwikkelgroepen produceren leerlingteksten, docentenhandleidingen en practicummateriaal. De groepen bestaan uit docenten, leerplanontwikkelaars, lerarenopleiders en toetsontwikkelaars. Rond een aantal studie-onderwerpen, waarvan het voor de projectgroep van belang is dat daar via studie en besprekingen verdieping van theoretische inzichten plaatsvindt, zijn een aantal **studiegroepen** geformeerd. Voorbeelden zijn de studiegroepen; de Schets voor NO, Heterogene groepen en Milieu-educatie in NO.

In de **plenaire projectgroep** besprekingen - waaraan de docenten niet deelnemen, maar wel de projectleiding en de coördinator van de sectie natuurwetenschappen - worden de diverse projectproducten besproken en wordt ook het algemeen projectbeleid in voorbereidende zin besproken. Tenslotte kent NO 12-16 ook een **begeleidingscommissie** welke een adviserende rol heeft en die is geformeerd uit personen die zijn gevraagd vanwege hun persoonlijke deskundigheid ten aanzien van belangrijke aspecten van het projectwerk.

1. Leerplanontwikkeling in NO 12-16.

Zoals bekend doen zich bij pogingen om te komen tot vertaling van - veranderde - opvattingen over onderwijs in lesmateriaal en andere leerplanontwikkelingsproducten, steevast een aantal karakteristieke problemen voor. Te denken valt aan problemen bij:

- a. het concretiseren van uitspraken op het niveau van onderwijsvisies in leerstofkeuzen, leerlingactiviteiten en onderwijsleersituaties;
- b. het verhelpen van aansluitingsproblemen gezien het onderwijsaanbod in voorgaand onderwijs en in het te ontwikkelen experimentele lesmateriaal. Een vraag hierbij is op welke wijze via het nieuwe materiaal kan worden bijgedragen aan een longitudinale begripsontwikkeling bij de leerlingen;

- c. het aansluiten bij de randvoorwaarden van de docenten die met het nieuwe materiaal moeten werken.

In NO 12-16 wordt - zoals reeds eerder is vermeld - gepoogd om aan oplossingen voor dit type problemen te werken door te zorgen voor een goede interactie tussen de lesmateriaalontwikkelaars enerzijds en anderszijds de andere taakgroepen in het project.

Een voorbeeld uit de beginperiode van het project van een taakgroep en het type product dat werd opgeleverd t.b.v. de materiaalontwikkeling is de studiegroep: Schets voor Natuuronderwijs. Deze studiegroep was zodanig samengesteld dat alle belangrijke "stromingen" die ten aanzien van visies op natuuronderwijs in de projectgroep voorkwamen, erin waren vertegenwoordigd. De groep had tot taak een aantal gemeenschappelijke projectuitgangspunten te formuleren, uitgaande van eerdere pogingen daartoe gedaan in de voorbereidende fase van het project. Doel was een basis te leggen voor de ontwikkeling van lesmateriaal in de thema-ontwikkelinggroepen. In hun meest globale formulering zijn uit dit werk de volgende uitgangspunten geresulteerd:

- in het onderwijs moet veel meer aandacht komen voor het persoonlijke leven van de leerlingen en voor maatschappelijke aspecten van de aangeboden natuurwetenschappelijke leerstof;
- de projectgroep heeft er voorkeur voor om de leerstof - afkomstig uit de natuurkunde, scheikunde, biologie en fysische aardrijkskunde - in samenhang aan te bieden. Hierbij wordt gedacht aan het begrip context;
- er is voorkeur om te werken met heterogene leerlinggroepen, waarin sprake is van veel verschillen - w.o. intellectuele capaciteiten, interesses, leerstijlen en culturele achtergronden - tussen de leerlingen. Er zal daarom lesmateriaal worden ontwikkeld waarin sprake is van zowel een communiaal als van een differentiaal aanbod;
- de projectproducten moeten rekening houden met het reguliere basisonderwijs en aansluiten op het reguliere-vakkengescheiden-bovenbouwonderwijs. De projectgroep gaat zoveel mogelijk uit van de omstandigheden waarin de "gewone" docent moet werken en wil aansluiten bij de meest gebruikelijke onderwijspraktijk in het voorgaande en in het vervolgonderwijs.

Een verdere onderbouwing en uitwerking van deze uitgangspunten van NO 12-16 is te vinden in de publicatie: Schets voor Natuuronderwijs.

Een tweede voorbeeld is de ontwikkeling van zogenaamde **Inhoudselementen Natuur**, in de sectie natuurwetenschappen van de SLO in het kader van het opleveren van een publicatie: Wat zouden ze krijgen in het Voortgezet Basisonderwijs?, op een verzoek destijds van het ministerie van O & W. De sectie-medewerkers die hieraan werkten waren namelijk allen medewerkers PG NO 12-16. Het ontwikkelen van gedachten vanuit de diverse vakdisciplines in de richting van een mogelijk onderwijsaanbod voor VBaO-leerlingen heeft dan ook zichtbaar een belangrijke rol gespeeld in het proces van verdere uitwerkingen van gedachten over natuuronderwijs in NO 12-16. Voorbeelden hiervan zullen we zien bij het bekijken van het lesmateriaal rond Je Huis en Bodem. Een derde lesmateriaalontwikkeling is het werk dat erop is gericht zicht te krijgen op de gewenste samenhang tussen begrippen die in het lesmateriaal worden aangeboden en op manieren waarop die samenhang moet worden gerealiseerd via een longitudinale opbouw in het leerstofaanbod door de cursus. Momenteel zijn de eerste producten van dit werk gereed en in breed projectverband besproken. Hier zal omwille van de tijd niet op dit werk ingegaan worden.

2. Uitgangspunten van NO 12-16 en de lessenserie: Je Huis, een prettige beschutting.

Rond het onderwerp Je Huis zijn twee versies ontwikkeld: "Een prettige beschutting" en "Meer dan vier muren alleen". Hier bepreken we ons tot de eerste versie: Je Huis, een prettige beschutting. De doelstelling van deze lessenserie blijkt uit de geformuleerde centrale themavragen:

- Op welke manier biedt een woning bescherming aan de inwoners en welke factoren zijn van belang voor het wooncomfort dat men ervaart?

In het keuzedeel: hoe is de manier van beschutting geven aangepast aan de leefwijze van de bewoner(s)?

- Hoe kun je door middel van fysische metingen - verschillen in - het leefklimaat van een woning vastleggen?

In het keuzedeel: hoe kun je via onderzoek antwoord krijgen op vooraf gestelde vragen?

Uitgaande van deze themavragen en rekening houdend met de wensen en randvoorwaarden die waren ingebracht door de leraren in de thema-ontwikkelgroep werden de volgende thema-inhouden gekozen:

- vormen van gebruik en omvang van het "verbruik" van elektrische energie in huis;

- gasverbruik;

- meten van temperatuur, verlichtingssterkte, relatieve vochtigheid en luchtbeweging (tocht).

Het is wel duidelijk dat deze invulling van "Je Huis" aansluit bij het eerste genoemde uitgangspunt van NO 12-16, i.c. aandacht voor het persoonlijk leven van de leerling en voor maatschappelijke aspecten van natuurwetenschappelijke leerstof.

Nadat men het eens was geworden over de leerlingteksten werd vastgesteld dat deze wat betreft het kerndeel betrekking hadden op de communale leerdoelen die zijn vermeld in de docentenhandleiding op de pagina's 6-8. Pagina 2 uit de leerlingtekst geeft een idee van de wijze waarop de leerling wordt georiënteerd op het onderwerp van de lessenserie en pagina 3 laat het verdere activiteitenplan zien.

Wat betreft het tweede genoemde uitgangspunt - geïntegreerd natuurwetenschappelijk onderwijs - is in "Je Huis" de keuze gemaakt om het kerndeel toe te spitsen op het aanleren van kwantitatief fysisch meten. De opening naar andere vakken zit meer in de opdrachten in het keuzedeel.

Dit is op zich een voorbeeld van een type beslissing die voortkomt uit de combinatie van andere keuzen met die om "Je Huis" te ontwikkelen voor leerlingen in een tweede klas op een moment in de cursus vlak na de kerstvakantie.

De lijst van keuze-onderwerpen laat zien hoe is gepoogd om voor verschillend geïnteresseerde leerlingen verschillende mogelijkheden te kunnen aanbieden.

3. Inhoudselementen Natuur en de lessenserie Bodem, erop of eronder.

In de SLO-publicatie: Wat zouden ze krijgen in het Voortgezet Basisonderwijs?, is in de werkkatern Natuur een mogelijk onderwijsaanbod beschreven uitgaande van o.a. de schoolvakken natuurkunde, scheikunde, biologie en aardrijkskunde. Bij de beschrijving van dit aanbod is gebruik gemaakt van een ordening die is omschreven als: In de subdoelen met betrekking tot de materiële wereld is een ordening gehanteerd waarbij zowel een verschil in organisatieniveau's is onderscheiden (objecten en verschijnselen versus organisatieniveau's van hogere orde) als een verschil tussen wetmatigheden

en het toepassen van wetmatigheden bij constructie en productie en de invloed van constructie en productie op mens en milieu. Met betrekking tot Bodem zijn o.a. de volgende inhoudselementen van belang:

- objecten en verschijnselen:
de leerlingen leren over de relatie tussen bouw, leefwijze en verzorging van planten en dieren en leren op welke wijze deze beïnvloed worden door biotische en abiotische factoren en met name die factoren die van belang zijn voor de verzorging;
- object en omgeving:
de leerlingen leren hun plaats en die van organismen zien in hun omgeving binnen kringlopen en ecosystemen en leren hun afhankelijkheid daarvan en hun invloed daarop inzien;
- mens, milieu en techniek:
de leerlingen leren het belang inzien van natuurbehoud- en beheer en komen tot een verdere ontwikkeling van waarden ten aanzien van de wijze waarop de mens met natuur, milieu en techniek omgaat;
de leerlingen leren verschillen in waardering onderscheiden ten aanzien van de wijze waarop door de mens met natuur, milieu en techniek wordt omgegaan, ondermeer vanuit verschil in culturele achtergrond en de mate van economische betrokkenheid.

Kortom, de themagroep heeft bij de ontwikkeling van Bodem de **vergroting van milieubewustzijn** bij de leerlingen voor ogen gehad.

Dat blijkt ook uit de kenmerken die in de docentenhandleiding worden genoemd voor keuzen van leerstof, leerlingactiviteiten en leerklimaat:

- het thema handelt over bodem in de omgeving van de leerlingen zelf;
- processen, relaties en veranderbaarheid krijgen voorrang boven statistische gegevens;
- leerlingen krijgen kennis en vaardigheden om hun gevoelens en meningen met argumenten te kunnen onderbouwen;
- er wordt aandacht besteed aan het zoeken naar oplossingen en het maken van keuzen;
- etc.

Nog duidelijker wordt het beeld dat de thema-ontwikkelaars voor ogen heeft gestaan bij het bekijken van de volgende voorbeelden uit het leerlingmateriaal:

a. veldwerk: een bodemprofiel maken.

Tijdens het thema "Bodem" maken de leerlingen uitgebreid kennis met een relatief eenvoudige manier om de samenstelling van de bodem in de eigen omgeving vast te leggen: er wordt een aantal lessen besteed aan veldwerk waarbij bodemmonsters worden genomen die worden verwerkt tot een plakprofiel.

b. Voedselkringloop: een concrete stap naar inzicht in samenhangen.

De figuren op de pagina's 53 en 56 van de docentenhandleiding maken duidelijk hoe leerlingen een beeld wordt gegeven over het concept (voedsel-)kringloop. Overigens is door de ontwikkelaars nog een andere activiteit bedacht - les 9 - waarin de leerlingen zelf een "concreet" netwerk van kringlopen maken en de gevolgen kunnen ervaren van ingrepen in zo'n netwerk. De bij het thema horende videoband laat zien hoe zoiets in de klas kan verlopen.

c. Hoe moet de snelweg langs Hofstede?

De lessenserie "Bodem" geeft de leerlingen verschillende gelegenheden om vaardigheden te ontwikkelen die betrekking hebben op het kunnen argumenteren van eigen keuzen en het maken van keuzen in dilemma-achtige situaties. Een voorbeeld is het simulatiespel aan het eind van het thema

waarin het gaat om het kiezen van een geschikt tracé voor een onvermijdelijk aan te leggen snelweg door een bestaand recreatiegebied. De figuren op de pagina's 59-62 in de handleiding laten zien over welk type informatie de leerlingen de beschikking krijgen en voor wat soort beslissingen ze worden gesteld.

Conclusies en aanbevelingen.

In het voogaande is een - beperkte - indruk gegeven van de ervaringen die in NO 12-16 zijn opgedaan met het ontwikkelen van lesmateriaal waarin niet de vakstructuur centraal staat maar de leefwereld van de leerlingen de voornaamste bron voor leerstofkeuze is.

Uit deze ervaringen mag wel worden geconcludeerd dat het ontwikkelde lesmateriaal in de meeste gevallen door de leraren en hun leerlingen met plezier werd doorgewerkt. Inderdaad zijn er ook problemen geconstateerd met betrekking tot de uitvoerbaarheid van bepaalde onderdelen binnen de door de ontwikkelaars aangegeven lestijd. Die problemen zijn evenwel duidelijk gedefinieerd en er zal in de toekomst aan de oplossing ervan door leerplanontwikkelaars en docenten worden gewerkt.

We hebben wel het idee dat de beschreven werkwijze waarbij lesmateriaalontwikkeling samengaat met een aantal andere ondersteunende leerplanontwikkelingsactiviteiten, hoewel een moeizame, toch een goede weg is om te komen tot verantwoordbare producten. Het laat zich verder aanzien dat de eerste stappen op de weg naar een onderbouwd leerplanvoorstel zijn gezet in de goede richting. Ook hieraan wordt in de toekomst verder gewerkt door projectmedewerkers en docenten om de realiseerbaarheid en bruikbaarheid in de klaspraktijk na te gaan.

Wij bevelen daarom aan om voortaan bij de vaststelling van leerprogramma's en van examenprogramma's zoveel mogelijk tijd en middelen in te ruimen voor een verantwoorde reflectie vooraf over doelstellingen van nieuw te ontwikkelen producten en voor het zoveel mogelijk gebruik maken van ervaringen uit de klaspraktijk die zijn verrijkt doordat beslissingen over leerstof- en leeractiviteitsaanbod mede voortgekomen zijn uit een simultaan ontwikkeld theoretisch achtergrondkader.

De ervaringen opgedaan in NO 12-16 staan in die zin voor een deel nu reeds ter beschikking en zullen voor een ander deel binnenkort ter beschikking komen en kunnen dienen als springplank voor verdere ontwikkelingen rond contextgeordend-onderwijs voor leerlingen in de bovenbouw in HAVO en VWO.

NO 1216

natuuronderwijs
12-16 jaar

Je huis,
een prettige
beschutting
een thema voor
natuuronderwijs
leerjaar 2
1e versie

je huis, een prettige beschutting

THEMAVRAGEN:

- BESCHUTTING/COMFORT VAN HUIS
- VEILIG/SCHIKKE GEBRUIK VAN APPARATEN



Stichting voor de
Leerplanontwikkeling

fig.3 Interieurs passen bij de bewoners van een woning



3. De inrichting van een huis verraadt veel over degene(n) die erin wonen. Aan de vorm van de meubels of het soort apparatuur is veel af te leiden. Vertel bij twee voorbeelden uit fig 3 wat je opvalt in de inrichting van het huis. Wat leid je daaruit af over de bewoner(s)?

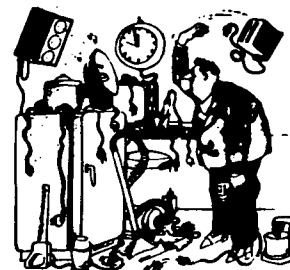


fig.4 Voorsieningen passen bij de functie van een woonruimte

De hoeveelheid licht en het gebruik van kleuren, de temperatuur, de hoeveelheid vocht in de lucht zijn belangrijke factoren voor de vraag of we ons prettig voelen in huis. Voor het leefklimaat des. Met allerlei technische voorzieningen regelen we dat klimaat. Ook de aanwezigheid van allerlei huishoudelijke apparaten draagt bij tot het comfort van onze woningen. Bekijk de afbeeldingen in fig 4 en beantwoord de volgende vragen.

4. "De aankleding" van een verbruikte zal vaak verschillend zijn van die in een woonkamer. Laat aan voorbeelden zien in welk opzicht een verbruikte verschillend is ingericht, vergeleken met een woonkamer.

fig.5 Apparaten: veel soorten en vormen



5. Voorwerpen en apparaten in huis zijn er in vele soorten en vormen: trapje, stofzuiger, machine, geluidszininstallatie, kamerthermostaat, meubels. Sommige gebruik je vaak, van andere merk je alleen maar wat als ze het niet meer doen. Sommige zijn erg ingewikkeld te bedienen enz. Kies vier apparaten uit, die in fig 5 zijn afgebeeld.

Geef aan wat je van die apparaten weet over:
 a. functie, b. of ze vaak worden gebruikt, c. of ze makkelijk te bedienen zijn.

B. Werkwijze

Wonen is een thema waarin allerlei onderwerpen en problemen naar voren kunnen komen. Interessante kennis in dit verband kun je putten uit verschillende vakken. Het kerndeel gaat over proeven doen, proeven over licht, warmte, temperatuur, vocht en tocht. In het keusedeel krijg je de gelegenheid om met andere manieren van onderzoek bezig te zijn en met andere voorwerpen die te maken hebben met Wonen. Bijvoorbeeld iets over de huizen of iets of hoe mensen of dieren wonen. Als je daar nu al ideeën over hebt, kun je daarover nu al beginnen informatie te verzamelen. Je kunt in het keusedeel daarmee dan meteen aan de slag. Dan nu het overzicht.



fig.6 Als groep opdrachten uitvoeren

ORIENTATIE

Wat

- Met elkaar verkennen waarover "Wonen" in dit thema gaat.
- De manier van werken.
- Huiswerkopdrachten.

Hoe

Deels met s'n allen, deels in groepjes en soms in je eentje praten, kijken en denken rond "Wonen".

KERNDIEN

Wat

- A. Proeven doen over:
- a. elektriciteitsverbruik
 - b. energieverbruik bij het verwarmen
 - c. warmte- en temperatuurverdeling
 - d. verlichting
 - e. vochtigheid
 - f. tocht

Hoe

In groepjes, doe je achtereenvolgend de verschillende proeven en opdrachten en vragen. Je moet misschien een verslag maken.

B. VERVALLEN

Op een rijtje zetten wat je hebt geleerd over:

1. hoe te gebruiken van:
 - a. elektrische energie en
 - b. warmwatervoorziening
2. hoe je meet:
 - c. temperatuur
 - d. verlichtingssterkte

Deels doe je deze samenvatting met je groepje. Samen met je docent en de rest van de klas bepaal je wat iedereen tenslotte hoort te weten over deze onderwerpen en over meetvaardigheden.

van het thema is zeer belangrijk, omdat de leerlingen daardoor met de 'juiste' verwachting aan de lessen beginnen. Te laag gespannen verwachtingen van individuele leerlingen m.b.t. de aandacht voor feitelijke nevenonderwerpen - gezien de gedane keuzen - kunnen worden gesignaleerd en aangepast.

Informatie over het activiteitenplan geeft de leerlingen ook inzicht wanneer ze 'werken voor de groep' en wanneer ze aan meer individuele wensen tegemoet kunnen komen. Bovendien kan de leerling tijdig beginnen met het voorbereiden van de activiteiten in het keusedeel: vast info verzamelen, afspraken maken enz.

Het kerndeel (+ 6 lessen).

Het kerndeel houdt in 'Je huis' in: via leerlingexperimenten leren om fysische grootheden te meten:

- a. elektrische energie, via lampen en een Kwh-meter;
- b. gasverbruik en stroomverbruik bij verwarmen van water;
- c. temperatuur;
- d. verlichtingssterkte, via een belichtingsmeter en/of een lichtmeter (LDR);
- e. relatieve vochtigheid, via een hygrometer;
- f. luchtbeweging, via een tochtmeter.

Minimumdoelen die min of meer gemeenschappelijk voor alle proeven zijn, zijn:

- op een korrekte wijze aflezingen verrichten, onder reële omstandigheden op een voor het betreffende doel gebruikelijk meetinstrument;
- meetgegevens op overzichtelijke wijze in tabel zetten;
- meetgegevens kunnen gebruiken om een grafiek te maken;
- een redelijke omschrijving - op schrift - kunnen geven van het verloop van een zelfgetekende grafiek;
- eenvoudige konklusies kunnen formuleren, op grond van - en in overeenstemming met - waarnemingen gedaan tijdens eenvoudige experimenten.

Als organisatievorm stellen wij ons voor dat:

- de klas wordt verdeeld in kleine groepjes, die tijdens het kerndeel gehandhaafd blijven.
- elk groepje alle proeven achtereenvolgens uitvoert.
- de leerlingen de op konklusies gerichte opdrachten als regel als huiswerk opkrijgen. Het is verstandig er op toe te zien, dat aan het eind van de les alle leerlingen zoveel mogelijk het maken van tabellen en grafieken af hebben. Hiertoe kunnen desnoods een aantal van de deelopdrachten geschrapt worden. Suggesties volgen bij de beschrijving van de betreffende onderdelen.
- na de 5 à 6 lessen met leerlingexperimenten er een samenvattende les is waarin docent en leerlingen n.a.v. de leerling-resultaten een overzicht maken, dat een steun kan zijn bij de voorbereiding van de toets.
- het kerndeel wordt afgesloten met een toets. Deze omvat zowel kennis over de fysisch-cognitieve leerstof

Lijst van keuzeonderwerpen bij "Je huis, een prettige beschutting?";

2.4.1. Een fijn huis;

niet zo moeilijk, gemiddelde omvang.
Gaat over kenmerken in de inrichting van huizen.
Variatie aan opdrachten vanaf inventarisatie naar afnemen van een interview(s).

2.4.2. Meten, meten ...;

vrij uitgebreid, lastig.
Gaat over kosten van gas, water en electriciteit in huis. Opdrachten variëren van inventariseren tot opinieonderzoek en vergelijkende metingen over isolatie.

2.4.3. Woonomstandigheden;

niet zo moeilijk, gemiddelde omvang.
Gaat over woonomstandigheden van mensen op verschillende plaatsen op aarde. Variatie aan opdrachten: opzoekopdrachten, maken van een werkstuk.

2.4.4. Hoe wonen dieren;

eenvoudig, kort.
Gaat over woonplaatsen van dieren.

2.4.5. Zuiver water;

vrij uitgebreid, gemiddeld qua moeilijkheid.
Gaat over gebruik van water en over afvalwaterreiniging (water van huishoudens). Variatie aan opdracht: inventariseren via schattingen, analyseren, videoband, excursie naar zuiveringsinstallatie.

2.4.6. Energiesuivige lampen;

uitgebreid qua omvang, niet al te moeilijk.
Gaat over energiegebruik van lampen. Naast veel meetopdrachten een opdracht om schriftelijk een vergelijking te trekken (artikelvorm) tussen lamptypen.

2.4.7. Kamerplanten;

vrij uitgebreid, niet zo moeilijk.
Gaat over kamerplanten: functie in huis, verzorgingsaspecten. Variatie aan opdrachten: inventarisatie maken, maken van een handleiding voor de verzorging.

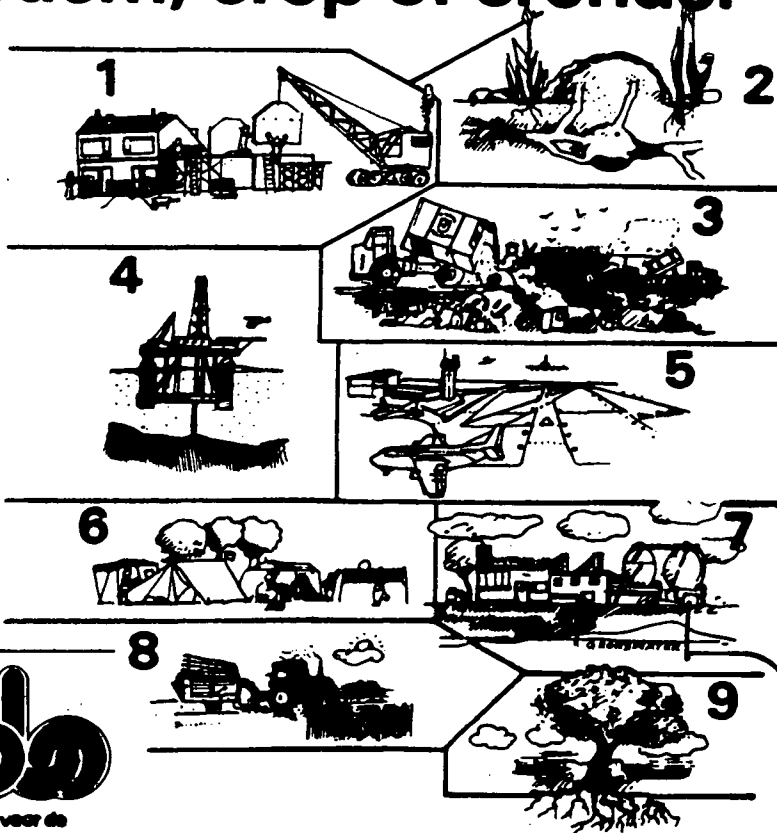
2.4.8. Verbruik van gas, water en electriciteit.

Is veel eenvoudiger dan 2.4.2. Zie verder bij 2.4.2.



Bodem, erop of eronder
een thema voor
natuuronderwijs
leerjaar 2
2e versie

Bodem, erop of eronder



Stichting voor de
Leerplanontwikkeling

2.2. Systemen

1. De leerlingen leren hun plaats zien en die van organismen in hun omgeving binnen kringlopen en ecosystemen en leren hun afhankelijkheid daarvan en hun invloed daarop inszien.
2. De leerlingen leren ruimtelijke en functionele samenhangen zien tussen klimaat, bodem, water, lucht, vegetatie en reliëf.
3. De leerlingen leren over de ouderdom en ontwikkeling van de aarde en het leven op aarde.

3. Constructie

Het onderwijsaanbod is er op gericht dat

3.1. Gebruiksvoorwerpen

1. De leerlingen leren de rol van krachten op voorwerpen kennen en de betekenis die kennis over krachten heeft voor het veilig gebruik van die voorwerpen.
2. De leerlingen leren op welke wetmatigheden de werking van huishoudelijke apparaten berust en welke consequenties dit heeft voor veilig gebruik van deze apparaten.

3.2. Kunstwerken

1. De leerlingen leren van welke wetmatigheden bij de constructie van kunstwerken gebruik is gemaakt.
2. De leerlingen leren op welke wetmatigheden de beschuttende werking van het huis berust en welke maatregelen genomen kunnen worden om de beschuttende werking te verbeteren.
3. De leerlingen leren de verschillende typen energievoorziening van huishoudens kennen, welke energie-omzettingen daarbij van belang zijn en de gevolgen die dit heeft voor het op duurzame wijze omgaan met energie en het op veilige wijze omgaan met energie-omzettende apparaten.

3.3. Transport en communicatiesystemen

1. De leerlingen leren enige wetmatigheden waarop transportmiddelen (vliegen, rijden, varen) berusten.
2. De leerlingen leren de rol van krachten in verkeerssituaties kennen en de maatregelen die op basis daarvan genomen kunnen worden ter bevordering van de verkeersveiligheid.
3. De leerlingen leren de werking van een aantal moderne communicatiemiddelen kennen op basis van enige wetmatigheden die daaraan ten grondslag liggen.
4. De leerlingen leren het principe van elektronische dataverwerking kennen.
5. De leerlingen leren principes van biologische communicatiesystemen kennen en de functie ervan voor individuen en voor sociale gemeenschappen zoals die van de mens.

Een thema over bodem zou het milieubewustzijn van leerlingen kunnen vergroten als:

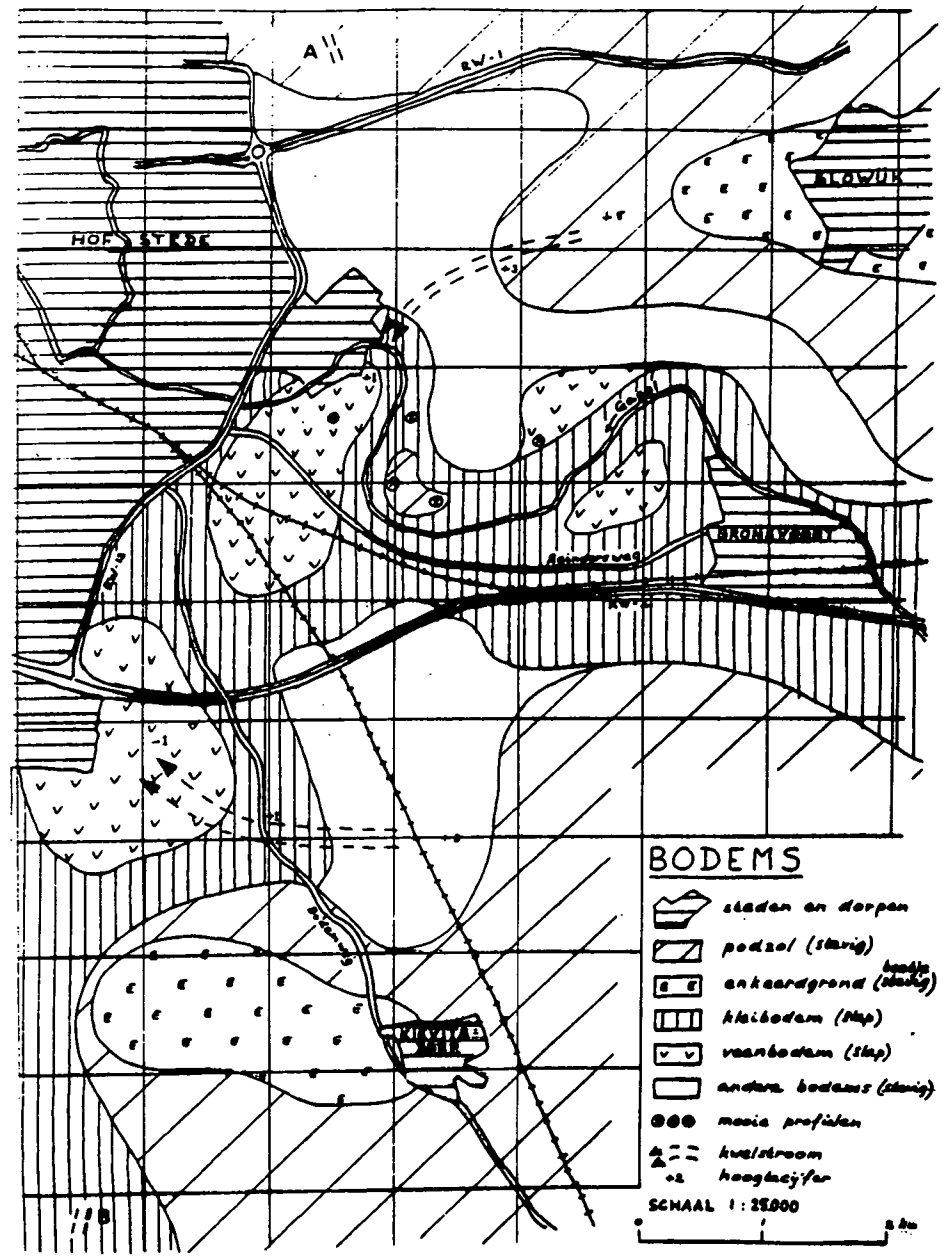
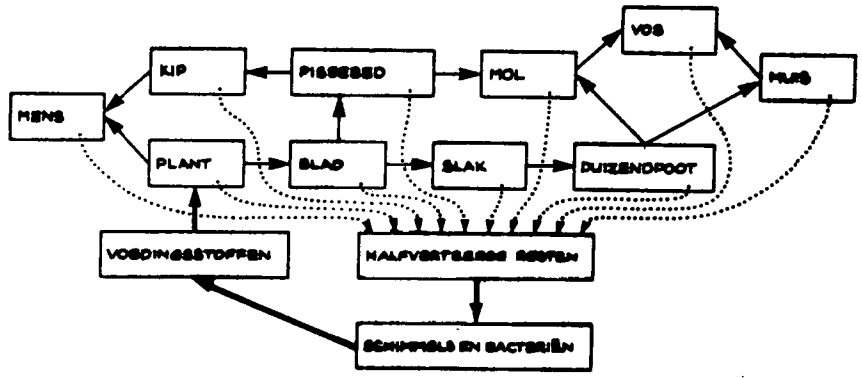
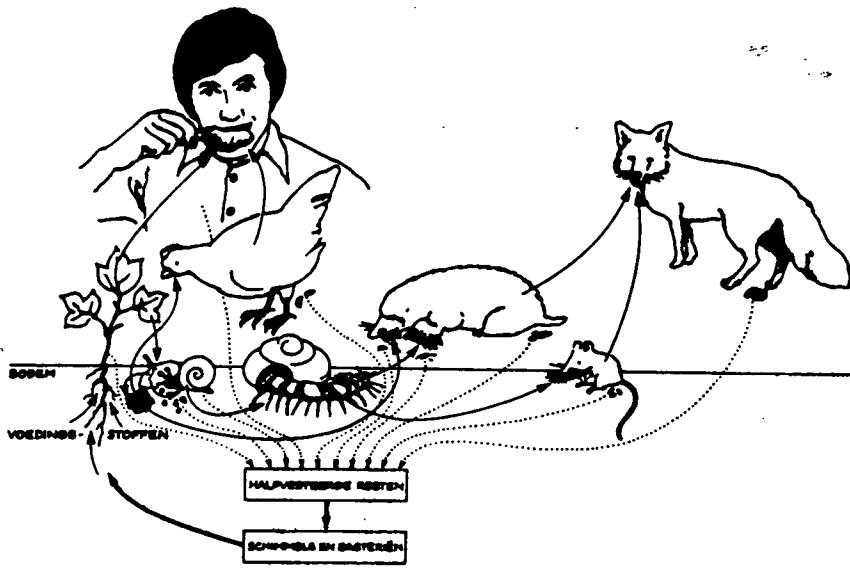
- 1 - het thema vnl handelt over de bodem in de omgeving van de leerlingen zelf;
- 2 - leerlingen actief met de bodem bezig zijn, zowel in de klas als buiten;
- 3 - situaties aangeboden worden die emoties kunnen oproepen. Wij denken daarbij meer aan plezier, verbazing, interesse, en verwondering dan aan boosheid over milieuvervuiling;
- 4 - processen, relaties en veranderbaarheid voorrang krijgen boven statische gegevens;
- 5 - het menselijk handelen ruime aandacht krijgt;
- 6 - alleen kennis wordt aangeboden die relevant is voor 4 en 5;
- 7 - leerlingen kennis en vaardigheden krijgen om hun gevoelens en meningen met argumenten te kunnen onderbouwen;
- 8 - vakoverstijgende elementen worden ingebouwd, zoals andere dan natuurwetenschappelijke belangen van de bodem (economische, politieke, zingevende);
- 9 - er aandacht besteed wordt aan het zoeken naar oplossingen en het maken van keuzen;
- 10 - natuurlijke en culturele situaties met elkaar worden vergeleken;
- 11 - verwondering gevekt wordt voor het alledaags, door een confrontatie met wetenschappelijke gegevens, andere culturen en andere tijden.

Keuzen voor de inhoud van het thema:

Om uit de vele aspecten van bodem die te kunnen kiezen die het meest relevant waren voor het bereiken van de gestelde doelen, werd de omschrijving van milieubeseef als selectie criterium gehanteerd.

Dat leidde tot de volgende keuzen:

- Door de mens te beïnvloeden eigenschappen en verschijnselen krijgen voerrang boven niet te beïnvloeden geografische verschijnselen.
Bijvoorbeeld: veel over de verspreiding van stoffen via het grondwater; weinig over het ontstaan van grondsoorten.
- Er werd een deel ingebouwd waarin leerlingen langer dan 1 les tijdens processen kunnen observeren. Zoals de invloed van bemesting en vervuiling op de groei van planten. Dit ondanks de vele organisatorische ongemakken van zo'n onderdeel.
- Minder tijd voor het leren kennen van eigenschappen van de bodem. Meer voor het gebruik van de bodem door de mens.
- Zoveel mogelijk buitenactiviteiten door de leerlingen laten doen i.p.v. door de leerkracht en/of amanushsis.
- In het veld en in levende lijve confronteren met bodemgebruik i.p.v. op papier of met audiovisuele middelen.
- Met betrekking tot het kennismaken met bodemgebruik werd de aanvankelijke keuze voor zoveel mogelijk vormen van bodemgebruik verlaten. Daarvoor kwam een confrontatie met meerdere belangen rond enkele vormen van bodemgebruik in de plaats.
- Een simulatiespel als afsluiting waarin meningen, belangen en andere, niet toetsbare elementen in het thema, aan de orde zouden kunnen komen.
- Minimumdoelen (voor 90% van de leerlingen haalbaar) werden niet alleen door niveau, maar ook door relevantie voor het milieu bepaald.



BODEMS

- steden en dorpen
- podzol (slap)
- enteerdgrond (slap)
- kleibodem (slap)
- zandbodem (slap)
- andere bodems (slap)
- moeraprofiele
- kwelstroom
- hooggeefter

SCHAAL 1:25000

Wat je in dit thema geleerd hebt komt van pas in de laatste 3 lessen. Er bestaat rond de stad Hofstede een groot probleem. Rond die stad liggen al heel wat snelwegen en zelfs een groot klaverblad. Maar toch moet er nog een Noord-Zuid verlopende snelweg langs de stad. En er is eigenlijk geen ruimte voor. Er zijn allerlei groepen mensen die er een mening over hebben. Ze zijn het niet erg met elkaar eens:

- Rijkswaterstaat wil die weg op een heel bepaalde plaats;
- De actiegroep "Houd van het Bos" wil helemaal geen weg;
- De boeren willen geen goede grond afstaan voor een weg;
- De actiegroep "Hofstede Sportief en Vrij" wil niet dat de weg over een aantal sportvelden heen komt te lopen;
- De actiegroep "Hofstede Stil" wil geen verkeerslawaai bij de deur;
- De "Bond tot Behoud van Boerderijen en Kastelen" wil niet dat er fraaie boerderijen of kastelen worden afgebroken.

Het Gemeentebestuur moet uiteindelijk de beslissing nemen, en moet ook een deel van de kosten betalen. De pers verzamelt nieuws en maakt een surkrant.

Samen met een, twee of drie medeleerlingen ga je de rol van zo'n groep spelen. 't Gaat er dan niet alleen om wat je gilt wilt! Je weet dat er toch een snelweg moet komen. Je gaat met je groepje een tracé (= een route) van de snelweg bedenken, dat zo goed mogelijk is. Ook ga je uitrekenen wat dat kost. Je probeert dat tracé er bij het Gemeentebestuur door te krijgen!

Het spel verloopt in 6 stappen. (elke les 2):

1. Verdeling van de rollen en het kiezen van een voorlopig trace per groepje.
2. Een hoorzitting, waarin elke groep kan vertellen wat ze willen en waarom.
3. Elk groepje kiest een definitief trace en rekent uit wat dat gaat kosten.
4. Een tweede hoorzitting.
5. Het Gemeentebestuur neemt een beslissing.
6. We vergelijken die beslissing met wat er in werkelijkheid gebeurd is.

'Context in examenopgaven: Functioneel of franje?'

Steven Bakker en Hans Joosten

Het zo juist verschenen WEN-examenprogramma HAVO-VWO (concept) noemt eert een aantal algemene doelstellingen en somt daarna op hoe men die algemene doelen wil realiseren (blz. 6, 7): *De leerstof zal beter aan moeten sluiten bij de belevingswereld van de leerling en de natuurkundige regels zullen bij voorkeur in 'context' aangeleerd moeten worden.*

Het gevolg hiervan is dat de meeste natuurkunde-leraren hun lessen anders in zullen moeten gaan richten en ook zullen deze WEN-doelen gevolgen hebben voor de examens: er zal méér context in de examenopgaven zitten.

In de werkgroep heeft Steven Bakker eerst een inleiding gehouden over functies van examens en daaruit af te leiden keuzes m.b.t. examenprogramma's en examenvragen, en aandachtspunten bij de constructie van die vragen. Daarna werd aan de hand van concrete PLON-opgaven het probleem van context in examen-opgaven, in het licht van de WEN-voorstellen, verder uitgewerkt.

Funcities van examens.

Aan examens worden vele te onderscheiden functies toegeschreven. Deze functies brengen niet altijd dezelfde eisen voor de inrichting van de examens met zich mee. Soms zijn die eisen zelfs tegenstrijdig. In figuur 1 is weergegeven uit welke functies welke eisen afgeleid kunnen worden. In figuur 2 zijn die eisen samengevat en zijn de gevolgen aangegeven die die eisen voor de inrichting en beoordeling van het examen met zich mee brengen. Het zal duidelijk zijn dat één examen niet tegelijkertijd alle functies kan vervullen. Er moet een keuze worden gemaakt.

DOELGROEP	FUNCTIE	EISEN AAN EXAMEN	EISEN AAN HET EXAMEN	GEVOLGEN VOOR INRICHTING/BEOORDELING VAN HET EXAMEN
OVERHEID	1. KWALITEIT ONDERWIJS BEWAKEN.	EXAMEN MOET, JAAR IN JAAR UIT, DEZELFDE EINDDOELEN TOETSEN, EN LIEFST ZO OBJECTIEF MOGELIJK.	1. EXAMEN MOET REPRESENTATIEF ZIJN VOOR EEN AANTAL CENTRALE DOELSTELLINGEN.	ER MOET EEN 'GOED' EXAMENPROGRAMMA ZIJN, EN IN EXAMEN VALIDE VRAGEN.
	2. REGULIERE DOORSTROMING DOOR: a. KWALIFICATIE b. SELECTIE	EXAMEN MOET DUIDELIJK ONDERSCHIED TUSSEN VOLDOENDE EN ONVOLDOENDE AANBRENGEN. EXAMEN MOET ALLE LEERLINGEN VAN ELKAAR ONDERSCHIEDEN.	2. EXAMENRESULTATEN MOETEN OBJECTIEF BEOORDEELD KUNNEN WORDEN.	ER MOETEN OBJECTIEF SCORBARE VRAGEN GESTELD WORDEN, OF EEN 'GOED' CORRECTIEMODEL VERSTREKT.
VERVOLGOPLEIDING/WERKGEVERS	3. VOORSPELLEN OF KANDIDAAT MET ZAKROOIJEN.	EXAMEN MOET VOORSPELENDE WAARDE HEBBEN.	3. EXAMEN MOET GOED ONDERSCHIED AANBRENGEN TUSSEN VOLDOENDE EN ONVOLDOENDE PRESTATIES.	VEEL VRAGEN MET P = 50.
	4. INFORMATIE HEBBEN OVER WAT KANDIDAAT HEEFT GEHAD/GEPRESTEERD.	EXAMEN MOET INFORMATIEVE WAARDE HEBBEN N.B.T. AFZONDERLIJKE KANDIDATEN.	4. EXAMEN MOET VERSCHILLEN TUSSEN ALLE KANDIDATEN IN BEELD BRENGEN.	VRAGEN MET ALLERLEI P-WAARDEN, OOK HELE MOEILIJKE EN MAKKELIJKE VRAGEN.
SCHOLEN	5. INFORMATIE GEVEN OVER WAT ONDERWEZEN IS EN WAT KANDIDATEN DAARVAN OPSTEEKEN.	EXAMEN MOET INFORMATIEVE WAARDE HEBBEN.	5. EXAMEN MOET ELKE LEERLING DE KANS GEVEN TE LATEN ZIEN WAT HIJ/ZIJ KAN.	EXAMEN MOET ZEER VEEL VRAGEN BEVATTEN OF KEUZE UIT MEERDERE EXAMENS.
	6. RESULTATEN VAN OPLEIDING VERGELIJKEN MET DIE VAN ANDERE SCHOLEN.	RESULTATEN MOETEN OBJECTIEF ZIJN OVER HELE GROEP VAN KANDIDATEN.	6. RESULTATEN VAN EXAMEN MOETEN DOOR BUITENWERELD GEINTERPRETEERD KUNNEN WORDEN.	UITSLAG MOET GEEN CIJFER ZIJN, MAAR EEN 'RAPPORT'.
	7. LEERLINGEN MOTIVEREN DOOR AFSLUITING IN VOORUITZICHT TE STELLEN.		7. EXAMEN MOET VOORSPELENDE WAARDE HEBBEN.	EXAMENVRAGEN MOETEN VOORAL LIJVEN OP TOEKOMSTIGE SITUATIES.
LEERLINGEN	8. WILLEN WETEN WAT ZE KUNNEN.	EXAMEN MOET ELKE LEERLING DE KANS GEVEN TE LATEN ZIEN WAT HIJ/ZIJ KAN.	8. EXAMEN MOET AANSLUIJTEN OP GEGEVEN ONDERWIJS (PER SCHOOL).	EXAMENVRAGEN MOETEN VOORAL LIJVEN OP WAT ER OP DE SCHOOL GEDAAN IS.
	9. RECHTEN VERWERVEN.	EERLIJKE BEOORDELING.		
EXAMENCONSTRUCTEURS	10. NAGAAN OF EXAMEN VOLDOET AAN TE STELLEN EISEN.	MOGELIJKHEID OM EXAMENS ZO IN TE RICHTEN DAT EVALUATIE EN ONDERZOEK MOGELIJK IS.		

Fig.1 Wie stelt welke eisen aan examens en waarom?

Fig.2 Gevolgen voor de inrichting van het examen

Bij het opstellen van examenprogramma's wordt met name de laatste tijd bewust gekozen voor het leggen van het accent op de z.g.n. kwalificatiefunctie: het examen moet zo zijn ingericht dat ten opzichte van individuele leerlingen er uitspraken uit af te leiden zijn in hoeverre hij/zij zich heeft gekwalificeerd voor vervolgopleiding, beroep en maatschappelijk functioneren. Het diploma dat wordt uitgereikt na slagen voor een examen krijgt dan a.h.w. een soort paspoort-functie. Het verleent toegang tot v.o., beroep en maatschappij.

Criteria voor keuze van vragen.

Als een vak, in dit geval natuurkunde, claimt een onmisbare bijdrage te leveren, naast datgene dat in beroep of vervolgopleiding nodig is, aan het functioneren als mondig burger, dan zal die algemene doelstelling in een examenprogramma opgenomen moeten worden en nader geëxpliciteerd in specifieke doelstellingen. In het huidige programma zijn dergelijke doelen niet aan de orde, in de voorstellen van de WEN uitdrukkelijk wel.

Als middel om deze doelen te bereiken wordt het aanleren van natuurkunde in een zinvolle praktijkcontext bepleit.

Uit het examen zal moeten blijken of een kandidaat de gestelde doelen in voldoende mate heeft bereikt. Gezien de voorstellen van de WEN zal in het examen een aantal vragen moeten voorkomen voor dergelijke 'contexten die leerlingen in ieder geval moeten kennen' (opgemerkt moet worden dat het huidige examenprogramma in feite het gebruik van contexten verbiedt, en er dus vraagtekens gezet kunnen worden bij elke presentatie van problemen in een dagelijks-leven-context!). Ook zouden vragen gesteld moeten worden in een onbekende context. Bij die vragen kan een leerling dan demonstreren of hij/zij de in een bekende context aangeleerde kennis en vaardigheden in een nieuwe praktijk-gerichte context kan toepassen (transfer).

In tegenstelling dus tot bij het huidige examenprogramma, waar elke praktijkgerichte context bijna niet anders kan zijn dan franje, wordt het stellen van vragen in context na acceptatie van de WEN-voorstellen een must.

Aandachtspunten bij vraagconstructie.

In figuur 3 is een lijstje met aandachtspunten weergegeven, die bij de constructie van examenvragen, context of geen context, van kracht zijn.

Voor examenvragen-in-context zijn echter enkele aandachtspunten van bijzondere betekenis.

In belangrijke mate geldt dat voor het tweede punt, de begripsvaliditeit. Is de opgevoerde context functioneel of franje? Wordt tekstbegrip getoetst of iets dat volgens het natuurkundeprogramma gekend of gekund moet worden? Of als de vraag in een onbekende context gepresenteerd wordt, wordt dan werkelijk transfer getoetst, of zou de vraag bijvoorbeeld ook net zo goed zonder die onbekende context gesteld kunnen worden?

Ook de moeilijkheidsgraad kan bij context-vragen problemen opleve-

AANDACHTSPUNTEN BIJ VRAAGCONSTRUCTIE

- | | |
|--|---|
| ● INHOUDSVALIDITEIT (REPRESENTATIVITEIT) | - MAG DE VRAAG GEZIEN HET EXAMENPROGRAMMA EN/OF GEBRUIKELIJKE ONDERWIJS?
- ZIJN ER GENOEG VRAGEN OVER DE VERSCHILLENDE LEERSTOFONDERDELEN? |
| ● BEGRIPSVALIDITEIT | - TOETST DE VRAAG INDERDAAD WAT IK WIL TOETSEN (BIJV. GEEN TEKSTBEGRIIP I.P.V. NATUURKUNDE)? |
| ● MOEILIKHEIDSGRAAD | - IS DE VRAAG NIET TE MOEILIKJ/MAKKELIJK?
- IS DE VERHOUDING AANTAL MOEILIJKE VRAGEN: 'DOORSNEE' VRAGEN: MAKKELIJKE VRAGEN IN ORDE? |
| ● EFFICIËNTIE | - IS DE VRAAG EFFICIËNT GESTELD, D.W.Z. GEEN ONNODIGE TEKST ERBIJ, GEMAKKELIJK LEESBAAR, GOEDE LAY-OUT, E.D.? |
| ● KETTINGEFFEKT | - ZIJN VRAGEN ONAFHANKELIJK VAN ELKAAR TE BEANTWOORDEN? |
| ● BEOORDEELBAARHEID | - IS DE VRAAG EENDUIDIG TE BEANTWOORDEN EN TE BEOORDELEN? |
| ● VAKINHOUD | - KUNNEN ER, GEZIEN DE HUIDIGE STAND VAN DE WETENSCHAP, GEEN VAKINHOUDELIJKE VRAAGTEKENS BIJ DE STREKKING VAN DE VRAAG GEZET WORDEN? |

fig.3 Aandachtspunten bij vraagconstructie

ren. Met name vragen waarmee transfer getoetst wordt, kunnen zeer onvoorspelbaar zijn wat betreft moeilijkheidsgraad. Een context als franje maakt een vraag weinig efficiënt, en het stellen van meerdere vragen bij één context, of die nu functioneel is of franje, kan het introduceren van kettingeffecten met zich meebrengen.

Kiezen voor contexten, met name nieuwe, betekent afstand nemen van geabstraheerde en geformaliseerde kennis, en dus het binnenhalen van alle complicaties die 'het ware leven' eigen zijn. Het zal duidelijk zijn dat dat zijn gevolgen heeft voor enerzijds de beoordeelbaarheid van de gegeven antwoorden (wat is echt fout en wat is nog wel een beetje juist?), en anderzijds voor de mate van vakinhoudelijke juistheid van de gepresenteerde examenvragen (waar zijn de geleerden het nog wel, en waar niet meer over eens?).

Bespreking contextrijke examenopgaven en conclusies.

Na de inleiding presenteerden we enkele PLON-HAVO-examenopgaven die als kapstok dienst deden om onze discussievragen aan op te hangen.

Allereerst kreeg iedereen PLON-HAVO-1984-I opgave A 'De Gitaar', die nogal contextrijk gesteld is én een door ons gemaakte 'kale' variant die 3x zo kort was maar toch dezelfde antwoorden opleverde. Conclusies uit de levendige discussie die ontstond, waren:

1. Opgaven gesteld in dagelijks-leven-context zien er op het eerste oog aantrekkelijk uit. Ze kunnen motiverend werken omdat ze leerlingen houvast bieden door de bekende situatie. Anderen stellen dat ze juist leerlingen in verwarring brengen die de context niet (her)kennen. Zie onderstaande matrix:

	schoolse context	dagelijks-leven-context	
door examenprogramma bekend verondersteld	wordt herkend	wordt herkend en werkt motiverend	
door examenprogramma onbekend verondersteld	onbekend terrein voor alle leerlingen	motiverend voor leerlingen die gegeven situatie herkennen. Bijv. gitaarspelers.	demotiverend voor leerlingen die gegeven situatie NIET herkennen; bv. niet-gitaristen

Deze opgave bevoordeelt duidelijk gitaar-spelende leerlingen.

2. Het aanbieden van contextrijke examenopgaven stelt eisen aan het voorgaande onderwijs.
3. Om contextrijke opgaven goed op te lossen is een goede leesvaardigheid en tekstbegrip nodig bij de leerling.
4. Context moet functioneel zijn en niet als verfraaiingsmiddel dienen.
5. Op HAVO liever bekende contexten, maar op VWO ook onbekende contexten op het examen om aan te laten tonen dat de leerlingen transfers kunnen plegen.

Daarna kwam een ander fenomeen op tafel: de 'vrije verwerkingsopdracht'.

Als voorbeeld kozen we PLON-HAVO-1986-I opgave 2 'Zijreflectie voor fietsen'.

Daarin wordt verteld dat per 1-1-1987 zijreflectie verplicht wordt en

leerlingen moeten nu door een vergelijkend onderzoek gaan onderzoeken welke voorziening (reflecterende banden, reflecterende velgen of spaakreflectoren) de beste zichtbaarheid geeft in het donker. De vraag was om een meetplan te ontwerpen. Dat wordt door 100 leerlingen op 100 verschillende manieren beantwoord. Het probleem bij zo'n opdracht op een examen is de normering.

Men kon max. 7 scorepunten behalen, maar hoe verdeel je die?

Om die exact onder te brengen blijft natte-vinger-werk wat de objectiviteit niet ten goede komt. De twee door ons aangeboden leerling-antwoorden konden dus door de aanwezigen niet (goed) gescoord worden! De reacties waren van tweeërlei aard:

Door docenten werd met name naar voren gebracht dat vrije verwerkingsopdrachten op centraal schriftelijke examens vermeden moeten worden i.v.m. de subjectieve scoring. Hans van Aalst stelde, dat dit probleem niet uit de weg hoefde te worden gegaan door voor vrije verwerking naar het S.O. te vluchten.

Hij wees er op dat in Engeland veel ervaring is opgedaan met het inschalen van sterk schoolgebonden leerlingwerk op een schaal die ook voor leerlingen van andere scholen geldt. Leraren moeten leerlingwerken van verschillend niveau opsturen naar de instantie die verantwoordelijk is voor het examen ('sampling'). Deze instantie schaalt die werken in en brengt daarover bericht uit naar de school, die vervolgens aan de hand van ingeschaalde werken de overige werken moet waarderen ('moderation').

Fietsend door de mechanica

Dik van Genderen

Inleiding

Verkeerssituaties zijn de meest voor de hand liggende praktijkcontexten voor de regels van de mechanica (1). De remmende auto en de botsende auto zijn bekende voorbeelden. Gewoonlijk beperkt men zich tot situaties waarin voertuigen en mensen als "puntmassa" te beschouwen zijn en waarin de luchtweerstand te verwaarlozen is. Zonder die beperkingen is de context "verkeer" veel rijker - zelfs in de eenvoudige situatie "fietsen met constante snelheid" komt al verrassend veel mechanica tot leven.

Waarom laten we hier de mogelijkheden om aan te sluiten bij de buitenschoolse ervaringen van de leerlingen grotendeels onbenut? Het antwoord ligt voor de hand: de mechanica is zo al moeilijk genoeg. In de eerste plaats lijkt het krachtenspel bij fietsen nogal ingewikkeld en in de tweede plaats krijgen we te maken met "afwijkende" opvattingen van leerlingen over bewegingen en krachten.

In de werkgroep is eerst iets verteld over het gebruik van de context "fietsen" in het PLON-thema Verkeer: ook is de bij dit thema ontwikkelde videoband "Krachten" vertoond (2). Deze band diende als uitgangspunt voor een discussie over de fysische en didactische aspecten van het fietsen als context van de mechanica.



Reactiekracht van het wegdek op de voet van de 'fiets'er'.



Reactiekracht van het wegdek op het achterwiel van de fiets.

Het thema Verkeer.

Het thema Verkeer maakt deel uit van de PLON-cursus voor HAVO-bovenbouw, maar het wordt ook wel in 4-VWO gebruikt en ook buiten de beperkte kring van proefscholen. De behandeling vereist ongeveer 24 lessen. In zijn huidige vorm wordt het thema gebruikt vanaf het cursusjaar 1983/1984. De grote lijn wordt aangegeven in de themavragen:

- welke factoren zijn van belang voor veiligheid in het verkeer?
 - welke factoren zijn van belang voor zuinigheid in het verkeer?
- en, als uitgangspunt om aan deze vragen te kunnen werken,

- welke krachten beheersen de bewegingen in het verkeer?

Alle drie de basisprincipes van de klassieke mechanica - het traagheidsprincipe, $F = m \cdot a$ en het actie-reactieprincipe - komen in het thema aan de orde, alsook de relaties tussen stoot en impuls en die tussen arbeid en kinetische energie. De gebruikelijke schoolapparatuur - luchtkussenbaan, wagentjes en tijdtikker - doet dienst voor modelonderzoeken in de context verkeer; daarnaast doen leerlingen ook experimenten met fietsen. De voorbeelden en de opgaven in het themaboek zijn vrijwel geheel binnen de context verkeer gehouden.

Straatbeeld en schoolbeeld.

Het thema Verkeer vereist geen speciale voorkennis van de leerlingen, maar de leerlingen hebben wel zo'n 15 jaar ervaring met bewegingen en krachten. Uit deze ervaringskennis kunnen gemakkelijk denkbeelden voorkomen die in strijd zijn met de regels van de mechanica. Dit probleem heeft Lijnse getypeerd met de termen "straatbeeld" en "schoolbeeld" (3).

Fundamenteel voor het straatbeeld is de ervaring dat je "kracht" nodig hebt om dingen in beweging te brengen en in beweging te houden. Om het contrast met het schoolbeeld aan te geven, kunnen we tegenover de drie basisprincipes van de mechanica drie ervaringsregels stellen:

1. Tegenover het traagheidsprincipe staat: als ik op een voorwerp geen kracht uitoefen, blijft het voorwerp in rust of het komt tot rust om een constante snelheid te houden moet ik een constante kracht uitoefenen.
2. Tegenover $F = m \cdot a$ staat: $v \propto F$, d.w.z. de snelheid van een voorwerp is groter naarmate ik er een grotere kracht op uitoefen; de beweging gebeurt in de richting van de kracht.
3. Tegenover het actie-reactieprincipe staat: als ik op een voorwerp een kracht uitoefen, dan kunnen er tegenwerkende "reactie"krachten optreden. Om het voorwerp te laten bewegen moet ik die reactiekrachten overwinnen.

Een belangrijke complicatie is hierbij dat "kracht" in de omgangstaal een breed spectrum van betekenissen heeft, voor een deel overlappend met energie. Daarbij is "kracht" sterk geassocieerd met "inspanning"; het is voor leerlingen b.v. niet vanzelfsprekend dat het wegdek krachten uitoefent op een fiets. Wat de voorwaarde kracht betreft bij het fietsen blijft in het vage waar en hoe die werkt: er wordt "kracht geleverd" door de fietser. In het straatbeeld is "kracht" niet noodzakelijk een grootheid met een bepaalde richting en een bepaald aangrijpingspunt.

Consequenties voor de didactiek.

Essentieel voor het overbruggen van de kloof tussen ervaringskennis en natuurkundige theorie is een goede beeldvorming t.a.v. de tegenwerkende krachten. De luchtweerstand, in de gangbare schoolmechanica gewoonlijk "verwaarloosbaar", vormt in 'Verkeer' een belangrijk onderwerp. Dat past ook goed bij het aspect zuinigheid in het thema, wegens het verband tussen energieverbruik en tegenwerkende krachten.

Belangrijk is ook dat de vage notie van "mijn kracht" als oorzaak van de beweging wordt ontwikkeld tot het beeld van een wisselwerking tussen aangedreven wiel en wegdek, waarbij het wegdek een voorwaartse kracht uitoefent. De grootte van de benodigde voorwaartse kracht hangt af van de grootte van de tegenkrachten, en daarmee komen we tot de cruciale vraag, wat er zou

gebeuren als je de tegenkrachten kon uitschakelen.

De geprojecteerde leerweg vereist van de leerling de volgende denkstappen:

- a. het wegdek oefent een tegenwerkende kracht uit op je voorwiel;
- b. de lucht oefent een tegenwerkende kracht uit, ook als het niet waait;
- c. hoe groter je snelheid, des te groter de luchtweerstand;
- d. om vooruit te komen moet je je ergens tegen afzetten;
- e. door te trappen laat je het wegdek een voorwaartse kracht uitoefenen op je achterwiel;
- f. de voorwaartse kracht hangt sterk af van de tegenkrachten;
- g. zonder tegenwerkende krachten zou er geen voorwaartse kracht nodig zijn;
- h. bij constante snelheid is de voorwaartse kracht gelijk aan de tegenwerkende krachten;
- i. de totale tegenkracht kun je meten door je met constante snelheid te laten voortslepen.

Uiteraard moeten al deze denkstappen duidelijk gemarkeerd worden door argumenten en experimenten. Stap b. bijvoorbeeld wordt ingeleid door een stukje over de weerstand die water uitoefent op een varend schip. Bij d. de werking van een schepsschroef, alsook gedemonstreerd met een speelgoedauto op een losliggend "wegdek". Stap g. wordt aannemelijk gemaakt met traagheidseffecten bij remmen en botsen en door demonstratie van de vrijwel wrijvingsloze beweging op een luchtkussenbaan. De stappen h. en i. vormen het uitgangspunt voor leerlingenproeven, waarbij rolwrijving en luchtweerstand worden gemeten.

Centraal in deze opzet is het verbreken van de schijnbaar vanzelfsprekende koppeling tussen snelheid en kracht in het straatbeeld. Na deze ontkoppeling wordt, aan het voorbeeld van remmen met fiets of auto, de relatie gelegd tussen kracht en vertraging.

De videofilm "Krachten".

Vanwege het grote belang van de hierboven geschetste punten wordt de behandeling ondersteund door een videoband, waarin opnamen van een fietsend meisje worden begeleid door uitleg over de voorwaartse en tegenwerkende krachten. De beelden worden afgewisseld met animatie en korte samenvattingen; driemaal wordt een vraag gesteld, waarbij op het scherm het teken "stop de band" verschijnt. De speelduur van de band is 20 minuten; met de onderbrekingen voor discussie komt men op 30 à 40 minuten.

De band heeft een inleidend karakter: er worden diverse kwesties aangesneden die in volgende lessen verder behandeld moeten worden. De commentaartekst sluit grotendeels aan bij de spreektaal, met uitdrukkingen als "kracht zetten" en "de lucht opzij duwen".

De eerste vraag komt na de bespreking van de voortstuwende kracht, uitgeoefend door het wegdek, en de effecten die een tegenwerkende kracht opleveren; deze vraag gaat over het fietsen met constante snelheid:

I. Dat denk je: is de voortstuwende kracht veel groter dan de tegenwerkende kracht.....of misschien een beetje groter.....of zijn de krachten even groot?

De tweede vraag gaat over wat er gebeurt als je het evenwicht verbreekt door de voortstuwende kracht te vergroten:

II. De snelheid wordt groter en groter, maar op een gegeven moment neemt die snelheid niet meer toe. Hoe verklaar je dat?

De derde vraag betreft een meisjes en een jongen die naast elkaar fietsen:

III. Wat gebeurt er als je met een ander gelijk op fietst? Zijn dan de tegenwerkende krachten voor beide fietsers even groot? Moet je allebei evenveel kracht zetten?

Het is van belang elke vraag even te herhalen of in verkorte vorm op het bord te zetten. Bij vraag II is het de bedoeling dat de voortstuwende kracht constant wordt gehouden. In de uitleg na vraag II wordt echter gesuggereerd dat je die kracht zo ver mogelijk opvoert (topsnelheid - ja kan niet harder trappen). Het is daarom goed in de discussie ook die situatie te betrekken. De uitdrukking "harder trappen" kan geassocieerd worden met "meer kracht" of ook met "meer snelheid"; dat kan verwarrend zijn. Het punt dat benadrukt moet worden is de toename van de luchtweerstand waardoor een nieuw evenwicht ontstaat.

Bij vraag III komen leerlingen soms met opmerkingen over achter elkaar fietsen of het feit dat de ene fiets zwaarder trapt dan de andere. De vraag moet dan toegespitst worden op de situatie uit de video: in hoeverre maakt het uit dat de jongen zwaarder en groter is?

Ervaringen en kritiek.

In het schooljaar 1983-1984 en de twee daarop volgende is op verschillende manieren onderzoek gedaan naar de ervaringen van de proefschoollerares en hun leerlingen. Door lesobservaties, gesprekken met leraren en leerlingen, alsook door schriftelijke vragen zijn diverse suggesties tot verbetering verkregen, maar ook in de huidige vorm blijkt het thema "Verkeer" al behoorlijk goed te functioneren.

In het kader van het onderzoek hebben de leerlingen of sommige scholen de vragen in de videofilm schriftelijk beantwoord. Bij vraag I (zie hierboven) werd het antwoord "gelijk" gekozen door 30% van de 141 leerlingen (op vijf scholen, bij zeven leraren); onder hen waren relatief veel leerlingen voor wie de mechanica niet nieuw was, omdat ze van een MAVO kwamen of in de vierde klas HAVO waren blijven zitten. Van de overige 70% gaven de meesten een redenering in de trant van:

"als de krachten gelijk waren zou je niet vooruitkomen"

"de tegenwerkende krachten worden opgeheven, hierna moet er nog een kracht zijn voor de voortbeweging".

Een aanzienlijk aantal leerlingen - 16% van het totaal - brengt het verschil tussen de krachten duidelijk in verband met de snelheid:

"een beetje groter of veel groter, het ligt eraan hoe hard je vooruitgaat"

"veel groter want je fietst redelijk hard, als de krachten gelijk waren was er evenwicht en sta je stil, bij een beetje groter kom je langzaam vooruit".

De antwoorden in deze laatste categorie bevestigen de in diverse andere onderzoeken geconstateerde koppeling tussen kracht en snelheid. Duidelijker echter dan in ander onderzoek veelzins het geval is verwoorden leerlingen hier wat hun uit de directe ervaring van alledag evident lijkt.

Moeilijk bleef voor veel leerlingen de voorwaartse kracht:

"dan wordt er gezegd dat er vanuit het wegdek een kracht is. Nou dat kan ik mij absoluut niet voorstellen, die kracht duwt je vooruit, maar volgens mij doe je dat zelf.

Wat zich hier voordoet lijkt een hardnekkig onbegrip bij veel leerlingen, maar bij nader inzien zijn hun uitspraken heel goed verklaarbaar: zij spreken over "kracht" in een andere betekenis. Het gaat bij hen om de inspanning die duidelijk wordt geleverd door de fietser en niet door het wegdek. Hun persoonlijke ervaring met de situatie stijft hen in hun verzet

tegen de vanuit hun gezichtspunt onredelijke beweringen van themaboek en videofilm.

Hier blijkt dat de beoogde aansluiting bij de leefwereld extra zorgvuldigheid vereist in taalgebruik. Gezien de alledaagsheid van de situatie "fietsen" ligt het voor de hand dat de leerlingen erover praten in omgangstaal en het woord kracht niet gebruiken in de specifiek natuurkundige betekenis, voorzover ze die al uit eerder onderwijs kennen. In de gesprekken met leerlingen leidt dan het gebruik van gelijke woorden in verschillende taalsystemen tot wederzijds onbegrip.

Bij het schrijven van het themaboek is, ondanks de aandacht voor het straatbeeld, dit taalprobleem onvoldoende onderkend. Waar gesproken wordt over "duwen" is gedacht aan "kracht uitoefenen", terwijl de leerling kan denken aan "inspanning leveren". Hetzelfde geldt, wellicht nog sterker, bij "voortstuwen"; in het themaboek worden de uitdrukkingen "voortstuwende kracht" en "voorwaartse kracht" door elkaar gebruikt; achteraf gezien verdient de tweede uitdrukking de voorkeur.

Een belangrijk punt van discussie in de werkgroep was de vraag of de context "fietsen" helemaal aan het begin van de dynamica moet staan. Ook gezien de ervaringen op de proefscholen verdient het overweging het begrip kracht te introduceren in een eenvoudiger context, voordat over de krachten bij het fietsen wordt gesproken. Zo'n context is het slepen van een "voertuig" over een tafel, waarbij de trekkracht wordt aangegeven door een veerbalans; hiermee komen enkele belangrijke kenmerken van het begrip kracht aan de orde. Ook kan aan de hand van deze situatie besproken worden dat we in de natuurkunde onderscheid maken tussen kracht, arbeid en vermogen, die in het gewone spraakgebruik vaak met hetzelfde woord "kracht" worden aangeduid. Bij de overgang van gesleepte voertuigen naar "zelfbewegers" kan dan een verder onderscheid gemaakt worden tussen de inwendige kracht die de arbeid levert en de uitwendige kracht die in voorwaartse richting duwt. In de discussie over het fietsen zou dan de vraag "wie duwt" een tweeledig antwoord krijgen: de benodigde voorwaartse, kracht wordt uitgeoefend door het wegdek; de benodigde arbeid lever je zelf.

Eén van de "WENsdromen" is een verschuiving "naar meer natuurkundige kennis in context". Natuurkundige regels "dienen bij voorkeur te worden aangeleerd en toegepast in situaties die de leerling kan herkennen". Uit het hier besprokene moge duidelijk zijn dat de situatie "fietsen" hoe herkenbaar ook, niet zonder meer een context van natuurkundige regels vormt, maar pas door zorgvuldige behandeling tot context kan worden. Lukt dit, dan levert de context "fietsen" grote winst op aan begripsvorming en aan betrokkenheid van de leerlingen.

Noten.

1. Onder "regels" versta ik hier wetten, definities, formules enz., die de bestanddelen vormen van de theorie, onder "contexten" de situaties waarin een natuurkundige regel wordt aangeleerd en toegepast. Een samenhangende verzameling van praktijksituaties wordt ook wel aangeduid als (brede) context; in die zin kan men spreken van verkeer als context.
2. Inlichtingen over thema, lerarenhandleiding en videoband: PLON, Lab. Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA, Utrecht, tel 030-532717.
3. Zie het artikel van Lijnse in het verslag van de "Woudschoten"conferentie 1981.
4. Zie het WEN concept-programma VWO-HAVO van oktober 1986, blz. 7.

Individuele verschillen tussen leerlingen en het gebruik van contexten.

Anneke de Leeuw

"Naar meer "omgevings"-natuurkunde.

De nadruk verschuift van leerstof die vooral het bouwwerk van de theoretische natuurkunde beschrijft naar leerstof waarin formele natuurkundige kennis wordt toegepast in situaties uit het dagelijks leven. Hierdoor helpt men leerlingen zelfstandig en met kennis van zaken te oordelen en te handelen in hun directe omgeving.

Het is te verwachten dat door deze verschuiving de formele natuurkundige begrippen voor de leerling meer betekenis krijgen.

Het is ook te verwachten dat hierdoor meer leerlingen, waaronder meisjes, gemotiveerd zullen worden voor de natuurkunde".

"Naar meer natuurkundige kennis in context.

Natuurkundige regels (wetten, principes definities, modellen, methoden) dienen bij voorkeur te worden aangeleerd en toegepast in situaties die de leerling kan herkennen.

Dit kunnen situaties zijn die de leerling kan plaatsen omdat hij/zij deze reeds eerder is tegengekomen in zijn directe omgeving, of er van gehoord of over gelezen heeft. Deze situaties vormen de context voor de natuurkundige regels. Op deze wijze krijgt de nieuwe kennis een zinvolle betekenis waardoor deze beter beklijft." (Examenprogramma natuurkunde VWO en HAVO, concept, WEN. Onderstreping AdL).

Uit vele onderzoeken blijkt dat "het dagelijks leven", "de directe omgeving", het "gehoorde" en het "gelezene" voor meisjes en jongens sterk verschillen.

Enkele grepen uit deze onderzoeken:

Differences in the percentages of young boys and girls reporting use of particular measuring instruments at home or otherwise out-of-school*

(1982 NAEP and 1984 APU national survey data)

Measuring instrument	% 9-year-olds		% 11-year-olds		discrepancies in favour of	
	boys	girls	boys	girls	girls	boys
Compass	65	52	69	48		
Microscope	54	40	49	34		
Stopwatch/clock	57	45	66	52		
Spring balance	35	25	28	20		
Hand lens	86	81	70	59		
Metre stick	67	62	22	16		
Thermometer	81	83	53	49		
Weighing scales	84	87	75	81		

* |||| indicates American 9-year-olds, and ■ British 11-year-olds.

Hieruit blijkt dat jongens reeds op 9- en 11-jarige leeftijd meer ervaring hebben opgedaan met "natuurkundige" instrumenten dan meisjes. Ook de dingen die meisjes en jongens buiten school doen lopen sterk uiteen:

Differences in the percentages of 11-year-old boys and girls reporting to have 'quite often' engaged in particular activities at home or otherwise out of school (1984 APU national survey data)

Activity	% pupils		discrepancies in favour of	
	boys	girls	girls	boys
Make models from a kit (Airfix)	42	6		36
Play pool, billiards or snooker	59	30		29
Play with electric toy sets	45	16		29
Create models using Lego, etc	50	23		27
Take things apart to see inside	38	18		20
Go fishing or pond dipping	30	13		17
Watch birds	30	27	3	
Sow seeds or grow plants	30	34	4	
Look after small animals/pets	52	57	5	
Collect/look at wild flowers	8	27	19	
Weigh ingredients for cooking	29	60	31	
Knit or sew	5	46	41	

Bij het bekijken van bovenstaande gegevens wekt het wellicht minder of geen verbazing dat het ruimtelijk inzicht van meisjes wat geringer is dan dat van jongens: dat van meisjes blijkt duidelijk minder "getraind" te zijn. Bovendien is gebleken dat het ruimtelijk inzicht groter is als het getest wordt in een situatie/opgave/vraag die de leerling(e) bekend is.

Ook het "gelezene" en "geziene" verschilt sterk, reeds op 11-jarige leeftijd, zoals uit onderstaande figuur blijkt.

Figure 8

Differences in the percentages of 11-year-old boys and girls reporting to have read science books or watched science TV programmes 'quite often' at home (1984 APU national survey data)

Activity	% pupils		discrepancies in favour of	
	boys	girls	girls	boys
Watch science fiction on TV	46	24		22
Watch TV programme about science	46	35		11
Read a science fiction book	26	15		11
Read a science information book	10	5		5

Dat één en ander ook tot verschillende interesses leidt is niet zo verwonderlijk. Een beeld daarvan geven de volgende cijfers:

The percentages of 15-year-olds claiming to be interested in various scientific applications.
(1984 APU national survey data)

Application	% pupils		discrepancies in favour of	
	boys	girls	girls	boys
Space exploration	62	36		26
Satellite communication	55	30		25
Cable television	66	44		22
Robotics	52	30		22
Nuclear power	53	44		9
Atomic weapons	57	50		7
Cancer research	60	84	24	
Heart transplants	51	78	27	
Test tube babies	37	77	40	

Ook de interesses van de Nederlandse jongens en meisjes lopen sterk uiteen zoals blijkt uit een bescheiden MENT-onderzoek (2).

Ook blijkt dat meisjes veel vaker huishoudelijke klusjes doen dan jongens en veel minder technische klusjes (3), bovendien blijkt dat meisjes technische klusjes zoals "stekker aanzetten", "banden plakken" vervelender vinden dan jongens (4).

Bovenstaande kan aangevuld worden met vele soortgelijke resultaten van (buitenlands) onderzoek.

Hopelijk zal bij het plaatsen van natuurkunde in contexten rekening gehouden worden met de grote verschillen tussen jongens en meisjes in het "gelezene", "gehoorde", "geziene", "meegemaakte", "gedane" en mede daaruit voorkomende verschillen in interesses.

De contexten worden mede ingevoerd opdat de leerling(e) meer gemotiveerd raakt, de verkregen kennis meer beklijft, en bevordert omdat er vanuit gegaan wordt dat dit het leerproces bevordert.

Als de gekozen contexten echter beter aansluiten bij de "jongenswereld" dan bij de "meisjeswereld" dan valt te vrezen dat vooral de natuurkundige prestaties van de jongens verbeteren, waarmee de "achterstand" van meisjes eerder zal toe- dan afnemen.

1) Girls and Physics, APU Occasional Paper, Sandra Johnson en Patricia Murphy, APU Science Team, The University of Leeds and Kings College, London, 1986.

(Verslag van groot onderzoek onder 11-, 13- en 15-jarigen gedurende de jaren 1980-1984 waarin wordt gekeken naar de prestaties in science en getracht wordt het optreden van mindere prestaties te verklaren.)

- 2) Verschillen in natuurwetenschappelijke interesses van jongens en meisjes, Anneke de Leeuw, MENT 86-11 (Meisjes, Natuurkunde en Techniek), TU Eindhoven, 1986.
Te bestellen bij MENT, N-laag, Postbus 513, 5600 MB Eindhoven.
- 3) Annita Alting, R. Bouwens, Jan H. Raat, Emancipatorisch Natuurkunde onderwijs, verslag van zes thema-avonden, MENT 84-10, TU Eindhoven 1984.
- 4) Nog te publiceren MENT-rapport.

Techniek: een boeiende context

M.J. de Vries

In het project Natuurkunde en Techniek (N&T) doen we onderzoek en ontwikkelingswerk met betrekking tot de plaats van de techniek in het natuurkunde-onderwijs.

De techniek is één van de contexten, die in het concept-examen-programma van de Werkgroep Eindexamens Natuurkunde (WEN) steeds terugkomt.

In deze werkgroep zijn praktische ideeën gegeven over het gebruik van deze context in de natuurkunde-lessen. deze ideeën zijn uitgewerkt in het lesmateriaal, dat in het project N&T is ontwikkeld.

Wanneer we in de natuurkunde-lessen aandacht gaan geven aan de techniek is het van belang, dat zó te doen, dat er geen vertekend beeld van de techniek ontstaat, als zou de techniek slechts toegepaste natuurkunde zijn. Daarom is in de werkgroep eerst een en ander verteld over het beeld, dat leerlingen hebben van de techniek en vervolgens het beeld, dat deskundigen uit de techniek en het techniek-onderwijs schetsen van de techniek.

Wat denken leerlingen van techniek?

We deden een onderzoek onder 2.600 leerlingen naar het beeld, dat zij hadden van techniek en hun houding er tegenover. De leerlingen moesten een lijst met 78 uitspraken over techniek invullen, waarbij ze konden aangeven in hoeverre ze het eens of oneens waren met die uitspraken. Andere leerlingen maakten een opstel over techniek of vulden enkele schriftelijke open vragen in.

De resultaten komen hierop neer: leerlingen verstaan onder techniek voornamelijk: elektrische apparaten, vervoersmiddelen en de computer. Hun beeld is dus erg beperkt tot de product-kant van techniek. Over het proces-kant (dingen ontwerpen, maken en gebruiken) praten of schrijven ze zelden.

De leerlingen zaten in klas 2-MAVO, -HAVO of -VWO. Aan het eind van die klas maken ze al keuzen m.b.t. vervolgopleiding en toekomstig beroep. Techniek is één van de keuze-mogelijkheden. Blijkbaar maken de leerlingen hun keuzen met een beperkt en vertekend beeld van techniek.

Voor meisjes geldt, dat zij nog meer dan jongens denken aan apparaten. Tevens vinden zij techniek minder interessant dan jongens en zien er minder het belang van. In het onderwijs in techniek (ook in de natuurkunde-lessen) moeten we daarmee rekening houden.

Wat is techniek?

We hebben er niet naar gestreefd om een definitie van techniek te geven, maar beschrijven techniek in 5 kenmerken:

1. techniek is een echt menselijke activiteit;
2. techniek heeft te maken met veranderingen in materie, energie en informatie;

3. techniek en natuurwetenschap oefenen een wederzijdse invloed op elkaar uit.
4. in de techniek zijn belangrijke vaardigheden: ontwerpen, maken, omgaan met technische producten;
5. techniek en samenleving oefenen een wederzijdse invloed op elkaar uit.

Lesmateriaal over techniek.

In het project N&T hebben we, in samenwerking met docenten natuurkunde, lespakketten ontwikkeld, waarin we de bovengenoemde kenmerken van techniek hebben verdisconteerd, rekening houdend met wat we weten van het beeld, dat meisjes en jongens hebben van techniek.

Er zijn vier lespakketten voor de onderbouw beschikbaar: "Muziekinstrumenten maken", "Electrische apparaten in huis", "Communicatie" en "Water in huis".

Voor de bovenbouw zijn ontwikkeld: "Verlichting" en "Doe-het-zelf".

Van elk van de lespakketten geven we hieronder een korte beschrijving.

Algemene kenmerken van de lespakketten zijn:

- veel aandacht voor het ontwerpen in de techniek;
- aandacht voor meisjes en techniek;
- aandacht voor technische opleidingen en beroepen;
- aandacht voor de historische ontwikkeling in de techniek.

In het ontwerpproces, dat in elk lespakket aan de orde komt, zien we op een aantal plaatsen inbreng vanuit de natuurkunde. Zo maken we de relatie tussen techniek en natuurkunde aan de leerlingen duidelijk.

Muziekinstrumenten maken.

In het lespakket Muziekinstrumenten maken ontwerpen de leerlingen zelf een eenvoudige blokfluit. Het ontwerpprobleem is: ontwerp een instrument, waarmee je door aanblazen verschillende tonen kunt voortbrengen.

Mogelijke oplossingen daarvoor zijn: een holle PVC-buis met een zuigertje erin, dat heen en weer kan, PVC-buizen van verschillende lengte naast elkaar, een PVC-buis met gaten op verschillende afstanden. De laatste oplossing wordt gekozen en verder uitgewerkt, en ook uitgevoerd.

Bij de gitaar zien de leerlingen, dat de drie manieren om de toonhoogte van een trillende snaar te veranderen (lengte van de snaar, spanning in de snaar, dikte van de snaar veranderen) alle drie zijn toegepast.

Ook de elektrische gitaar en de synthesizer komen aan de orde.

Electrische apparaten in huis.

Bij "Electrische apparaten in huis" zien de leerlingen, waarom koffiezetapparaat en strijkijzer zó zijn ontworpen als we ze nu kennen. Er zijn modellen ontwikkeld, die gemakkelijk te maken zijn, en waarin duidelijk de werking van deze apparaten te zien is.

In de laatste paragraaf van de basisstof wordt met de leerlingen nagedacht over de zin en onzin van verschillende apparaten (bijvoorbeeld een electrisch mes: voor de meeste mensen niet echt nodig, maar voor iemand met rheuma in de handen een uitkomst).

Communicatie.

In dit lespakket bekijken de leerlingen de telefoon: hoe wordt het stemgeluid omgezet in een electrisch signaal, hoe wordt dit naar het andere toestel gebracht, tegenwoordig ook via glasvezels), hoe wordt door middel van de kiesschijf en de stappenschakelaar in de centrale de juiste verbinding tot stand gebracht?

Een simpel model van een glasvezel illustreert de werking hiervan. Ook de geschiedenis van de tele-communicatie middelen krijgt aandacht.

Water in huis.

Enkele onderwerpen in dit lespakket zijn: gasgeiser en gasboiler, de tapkraan (en het verwisselen van een kraanleertje), de stortbak van de wc (zowel doortrekken als vollopen), de stankafsluiter (en het verhelpen van verstoppingen), de watertoren.

Leerlingen denken na over zuinig en verantwoord omgaan met water in het huishoudelijk gebruik.

Verlichting.

Bij Verlichting bekijken de leerlingen hoe de natuurkunde een rol speelt in het ontwerpen van de gloeilamp en de gasontladingslampen.

Bij de gloeilamp zien ze in enkele proeven, dat een gloeidraad in lucht snel verbrandt. In vacuüm verdampt de gloeidraad. Daarom is in de bol van een gloeilamp een inert gas ingebracht.

Bij de gasontladingslamp (bijvoorbeeld de TL-buis en de SL-lamp) wordt een ander fysisch principe gebruikt. Door de keuze van de fluorescentie-poeders kan men een grote verscheidenheid aan kleuren maken, afhankelijk van de functie van de TL-buis.

Doe-het-zelf.

Als ondertitel heeft dit lespakket: zelf een brievenstandaard maken. De fysica, die wordt gebruikt is voornamelijk statica (evenwicht en stabiliteit bij een brievenstandaard).

Het ontwerpproces is hier tamelijk open: leerlingen kunnen zelf keuzen maken en uitwerken. Wel is dan aan te raden de uitvoering samen met handvaardigheid te doen.

Onderzoek met het lesmateriaal.

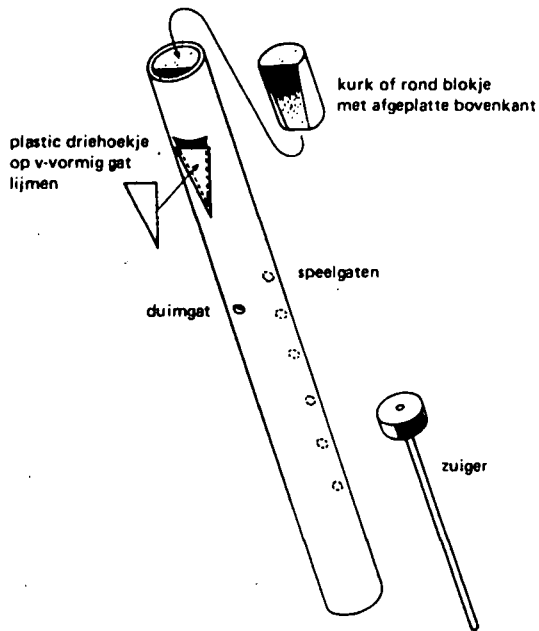
Het lesmateriaal is in de cursus '85/'86 op ongeveer 15 scholen getest. Op basis van de commentaren van de gebruikers is het materiaal bijgesteld, evenals de bijbehorende docentenhandleidingen, toetsen en vragenlijsten.

De tweede versie wordt in de cursus '86/'87 op ongeveer 40 scholen gebruikt. Docenten, die alsnog het materiaal in de klas willen gebruiken kunnen zich bij onderstaand adres opgeven (er zijn geen kosten aan het gebruik verbonden, mits na afloop in 1 les een toets en een vragenlijst worden afgenomen). Door middel van observaties, toetsen en vragenlijsten wordt nagegaan of de leerlingen het leuk vinden om zó met natuurkunde bezig te zijn, of ze er iets van leren en of hun beeld van en houding tegenover techniek erdoor veranderen.

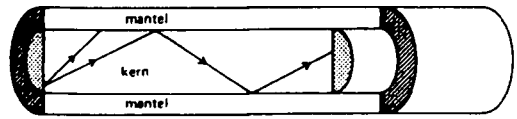
Adres.

Technische Universiteit Eindhoven
Vakgroep Didaktiek Natuurkunde
t.a.v. M.J. de Vries
Postbus 513
5600 MB Eindhoven
tel.: 040-473095 (secr.)

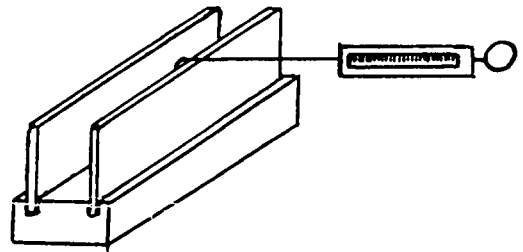
Enkele illustraties uit het lesmateriaal



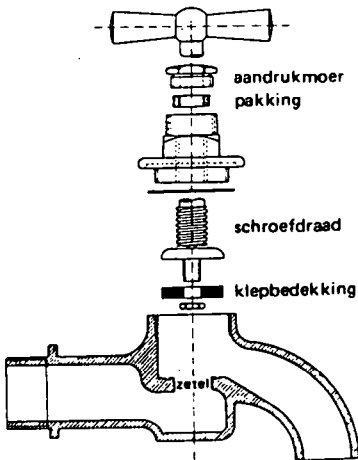
De blokfluit uit Muziekinstrumenten maken.



Principe van de glasvezel uit Communicatie.

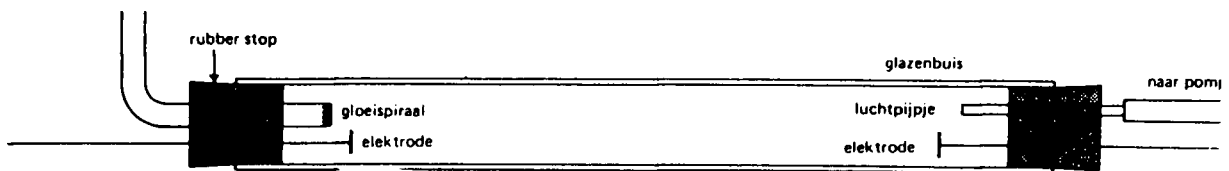
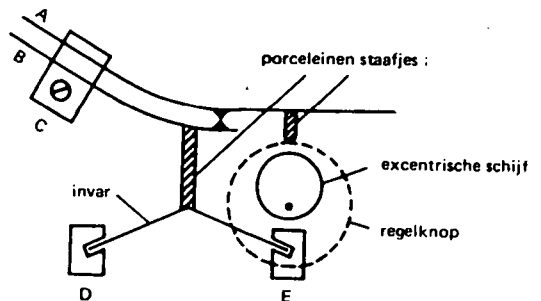


Stabiliteitsproef met de brievenstandaard uit Doe-het-zelf.



Schema van een tapkraan uit Water in huis.

Werking van een strijkijzer uit Elektrische apparaten in huis.



Model van een TL-buis uit Verlichting.

Het Hewet-project - wat kan natuurkunde leren van wiskunde-A?

Heleen Verhage

Hewet in vogelvlucht.

Het in het wiskundeonderwijs inmiddels tamelijk ingeburgerde woord HEWET is een afkorting van Herverkaveling Eindexamenprogramma's Wiskunde Een en Twee. Eind jaren zeventig werden enkele belangrijke knelpunten gesignaleerd in de aansluiting van het VWO op het WO voor wat betreft het vak wiskunde. Wiskunde-I werd verplicht gesteld voor de gamma wetenschappen, maar vormde geen adequate voorbereiding voor een studie waarin de wiskunde vooral als instrument gebruikt moest worden. Bovendien was wiskunde I voor veel studenten een struikelblok en werd het vaak als (oneigenlijk) selectiemiddel gebruikt. Een tweede knelpunt was het gebrek aan ruimtelijk inzicht dat opgemerkt werd bij studenten in de technische wetenschappen. Hier wreekte zich het feit dat de meetkunde geleidelijk aan vrijwel volledig uit de schoolwiskunde was verdwenen.

Een en ander mondde in 1980 uit in het zg. Hewet-rapport, waarin geadviseerd werd om, rekening houdend met de bovengenoemde knelpunten, tot twee nieuwe wiskundevakken voor de bovenbouw van het VWO te komen. Deze twee vakken zijn wiskunde-A en wiskunde-B gedoopt. Wiskunde-A is een hele nieuw vak geworden met als onderwerpen: matrixrekening, toegepaste analyse, kansrekening en statistiek, automatische gegevensverwerking. Wiskunde-B bestaat uit analyse (vrijwel identiek aan de analyse uit wiskunde-I) en ruimtemeetkunde.

In de nieuwe opzet is wiskunde-A vooral bedoeld voor de leerlingen die later één van de gamma wetenschappen willen gaan studeren, zoals sociologie, psychologie of economie. Dit betekent dat deze leerlingen moeten leren om wiskunde te gebruiken waar dat nodig is.

Het Hewet-rapport schrijft hierover:

Dit betekent dat leerlingen in hun onderwijs de waarde van een wiskundig getinte presentatie moeten leren beoordelen. Daarvoor zullen ze vertrouwd moeten raken met gangbaar wiskundig taalgebruik, met formuleringen in formuletaal en met uiteenlopende vormen van grafische representatie. Verder moeten ze leren werken met wiskundige modellen en de relevantie van die modellen kunnen beoordelen.

Ter voorbereiding van de landelijke invoering van wiskunde A en B zijn experimenten op proefscholen en nascholingscursussen voor docenten opgezet. In 1981 is heel kleinschalig op twee scholen begonnen met het uittesten van leerlingenmateriaal; in 1987 zullen de eerste landelijke eindexamens op de ongeveer 500 scholen met een VWO-afdeling plaatsvinden.

In de loop van het project is gebleken dat de veranderingen allerlei min of meer onvoorziene problemen met zich meebrachten:

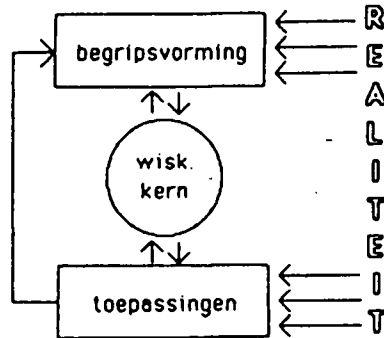
- de aansluiting met het onderbouwprogramma;
- de toetsproblematiek;
- de niet te stuiten behoefte aan voorlichting en informatie.

Vermoedelijk zal ieder vernieuwingsproject van enige omvang neveneffecten met zich meebrengen waar geen rekening mee gehouden is, óók als de vernieuwers denken dat ze wel overal aan gedacht hebben.

Realistisch wiskunde-onderwijs en het gebruik van contexten.

In wiskunde-A speelt de *realiteit* een grote rol. In de eerste plaats vanwege de realistische toepassingen die nagestreefd worden: de wiskunde moet gebruikt worden. In de tweede plaats vanwege de manier waarop de begripvorming plaatsvindt: ook hier nemen realistische contexten een belangrijke plaats in.

Dit laatste is vooral een kwestie van didactische keuzes. Deze didactiek is echter niet alleen in het experimentele materiaal gevolgd, maar ook in diverse grote methoden die, met het experimentele materiaal als voorbeeld, daarna ontwikkeld zijn.



Ter illustratie een pagina uit het experimentele Hewet-boekje *Matrices*, waarin de matrixvermenigvuldiging vanuit de context van een spijkerbroekenzaak wordt geïntroduceerd:

In het vorige hoofdstukje zagen we aan de hand van de spijkerbroekenzaak hoe je een 4×5 matrix zinvol kon vermenigvuldigen met een 5×1 matrix. We vatten dat nog even samen:

$\begin{matrix} 28'' \\ 30'' \\ 32'' \\ 34'' \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 1 & 2 \\ 5 & 8 & 6 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 5 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$	\times	$\begin{matrix} \text{Winst} \\ W \\ L \\ CF \\ Bo \\ Ba \end{matrix} \begin{pmatrix} 30 \\ 35 \\ 40 \\ 25 \\ 40 \end{pmatrix}$	$=$	$\begin{matrix} 28'' \\ 30'' \\ 32'' \\ 34'' \end{matrix} \begin{pmatrix} \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix}$
---	----------	---	-----	---

$4 \times 5 \quad \times \quad 5 \times 1 \quad = \quad 4 \times 1$

Deze methode van vermenigvuldigen laat zich uitbreiden tot b.v. een 4×5 matrix met een 5×3 matrix als volgt:

$\begin{matrix} 28'' \\ 30'' \\ 32'' \\ 34'' \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 & 1 & 2 \\ 5 & 8 & 6 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 5 & 6 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}$	\times	$\begin{matrix} \text{Winst} \\ W \\ L \\ CF \\ Bo \\ Ba \end{matrix} \begin{pmatrix} 30 & 45 & 75 \\ 35 & -40 & 75 \\ 40 & 40 & 80 \\ 25 & 40 & 65 \\ 40 & 45 & 85 \end{pmatrix}$	$=$	$\begin{matrix} 28'' \\ 30'' \\ 32'' \\ 34'' \end{matrix} \begin{pmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}$
---	----------	--	-----	---

$4 \times 5 \quad \times \quad 5 \times 3 \quad = \quad 4 \times 3$

> 77. Bereken de gehele matrix met winst, inkoop en verkoop per maat.

> 78. Onder welke voorwaarde voor de afmetingen kun je matrices op deze manier vermenigvuldigen?

Centraal staat hier een matrix met verkochte aantallen spijkerbroeken (de rijen stellen de verschillende broekmaten voor, de kolommen staan voor verschillende merken zoals Wrangler e.d.). Deze matrix wordt vermenigvuldigd met een matrix die eerst alleen de winst en daarna de winst en de inkoop- en verkoopprijs per broek voor elk van de merken bevat. Het resultaat van de vermenigvuldiging is een matrix met winst, inkoop en verkoop per broekmaat. De 'randen' van de matrix die de betekenis van de elementen vastleggen zijn hier essentieel voor het begrip: binnen de spijkerbroekenverhaal is dit een zinvolle manier van vermenigvuldigen.

Een context die bedoeld is om een nieuw begrip te introduceren, zal met zorg uitgekozen moeten worden. Uiteindelijk moet het begrip los van de context gaan functioneren, maar he moet wel mogelijk zijn om zo nodig op de context terug te vallen.

Het is niet zo dat bij wiskunde-A bepaalde contexten via het examenprogramma of iets dergelijks zijn voorgeschreven zoals dat voor natuurkunde wordt voorgesteld. Bij wiskunde-A gaat het om het context overschrijdende proces na mathematiseren, niet om de context zelf. Mathematiseren zou je kunnen omschrijven als: het proces van verschraling van een aan de werkelijkheid ontleende situatie met als resultaat een wiskundig model én de interpretatie van de uitkomsten van dit model in relatie tot de oorspronkelijke situatie. De contexten worden ontleend aan het leven van alledag en aan vakgebieden als biologie, economie, geografie, natuurkunde. In het algemeen zal de context zelf vrij oppervlakkig behandeld worden, het gaat immers niet om de biologie of economie, maar om de gebruikte wiskunde.

Hier schuilt uiteraard ook een gevaar in, want de werkelijkheid mag niet zoveel geweld aan gedaan worden dat de context een karikatuur wordt. Een ander probleem is, dat docenten wel eens het gevoel hebben te kort te schieten voor wat betreft hun kennis van een bepaalde context.

Toetsing

De problematiek van het toetsen van wiskunde-A is een verhaal apart. De opstellers van het Hewet-rapport hebben zich indertijd niet gerealiseerd dat een andere aanpak van de wiskunde ook wel eens andere eisen aan toetsen en examens zou kunnen stellen. Want of een leerling het proces van mathematiseren enigszins machtig is, wordt in elk geval niet getoetst door in een opgave uit he boek wat coëfficiënten te veranderen. Het zou wenselijk zijn de leerlingen een nieuwe context voor te schotelen die qua wiskundige structuur verwantschap toont met hetgeen behandeld is. Nu is het niet alleen een tijdrovende zaak om goede contexten te vinden, maar het is ook moeilijk om zo'n context om te bouwen tot een opgave die voldoet aan alle randvoorwaarden van proefwerk of schoolonderzoek. Het is heel lastig om stapelvragen te vermijden en bij interpretatievragen wordt de becijfering al gauw als een probleem geizen.

Om ook bij de toetsing van wiskunde-A recht te doen aan de essentie van het vak, worden hier en daar schuchtere pogingen gedaan wat te experimenteren met andere toetsvormen zoals bijvoorbeeld een werkstuk. Hierbij is het de kunst ervoor te zorgen dat docent noch leerling belast wordt met al te veel extra (huis)werk. In dit opzicht kan wiskunde-A ongetwijfeld wat leren van natuurkunde.

Al met al kan gezegd worden dat het Hewet-project de praktijk van het wiskunde-onderwijs in Nederland behoorlijk in beroering heeft gebracht, en bovendien een rijke bron is voor verdere theorievorming en onderzoek van het wiskunde-onderwijs. Bovendien heeft het Hewet-project een schat aan ervaringen opgeleverd waar andere vernieuwingsprojecten in het onderwijs wellicht hun voordeel meer kunnen doen.

Spanning en stroom, het kan wel maar toch.....

P. Licht

Inleiding.

In het verslag van de Woudschoten-conferentie 1985 is te lezen wat voorafging aan het gepresenteerde binnen deze werkgroep.

Kort samengevat komt het hierop neer.

De centrale onderzoeksvraag binnen het in 1984 gestarte project luidt: wat zijn veel voorkomende begrips- en redeneerproblemen in het electriciteitsonderwijs en hoe kunnen deze problemen worden verminderd in het onderwijspraktijk?

Om vakbegrippen zoals stroom, spanning, weerstand en energie effectiever te kunnen onderwijzen, hebben we de volgende strategie voorgesteld:

- stap 1. Probeer uitgaande van voor leerlingen relevante en motiverende praktijksituaties hun intuïtieve ideeën over electriciteit, stroom en spanning boven tafel te brengen.
- stap 2. Confronteer de leerlingen met schoolsituaties (demonstraties, leerlingproeven) die in strijd zijn met hun eigen intuïtieve ideeën. Er treedt nu een zekere begripsnood op.
- stap 3. Introduceer de vakbegrippen die je wilt ontwikkelen.
- stap 4. Demonstreer dat de aangereikte vakbegrippen de schoolsituaties goed beschrijven en eventueel verklaren. Laat leerlingen dit ook zelf oefenen in nieuwe schoolsituaties.
- stap 5. Demonstreer dat de aangereikte vakbegrippen ook de praktijksituaties - waar alles mee begon goed beschrijven en eventueel verklaren. Laat ook hier leerlingen zelf oefenen in nieuwe praktijksituaties.
- stap 6. Maak de leerling tenslotte bewust van het proces dat heeft plaatsgevonden door de oorspronkelijke intuïtieve ideeën nogmaals, maar nu impliciet, te vergelijken met de nieuwe ontwikkelde vakbegrippen.



Belangrijke begrips- en redeneerproblemen rond stroom en spanning.

Als belangrijke begrips- en redeneerproblemen identificeren wij (zie ook Licht en Snoek, 1986):

1. stroomconsumptie-idee - de stroom wordt verbruikt in een lampje of weerstand.
2. constante stroomgever-idee - een batterij of stopcontact levert altijd dezelfde hoeveelheid stroom, ongeacht aard van de schakeling.
3. sequentieel redeneren - een verandering in de schakeling "stroomafwaarts" heeft geen invloed "stroomopwaarts".
4. lokaal redeneren - datgene wat op een bepaalde plaats in een schakeling gebeurt, wordt alleen bepaald door de lokale omstandigheden (in feite is het constante stroomproductie-idee ook een vorm van lokaal redeneren).
5. geen of foute differentiatie tussen stroom en spanning

De resultaten in de onderwijspraktijk.

We hebben lesmateriaal ontwikkeld volgens bovenvermelde strategie, rekening houdend met de vijf aangegeven begrips- en redeneerproblemen. Het stroomconsumptie- en het constante stroomgever-idee zijn we expliciet te lijf gegaan in het onderwijs. De overige drie probleemgebieden hebben we op meer impliciete wijze willen aanpakken, door gebruik te maken van een nieuw model in de electriciteitsleer (zie Woudschotenverslag 1985, p. 85 e.v.).

Via schriftelijke toetsing hebben we proberen vast te stellen wat het resultaat was van ons onderwijs in één klas 2-VWO en drie klassen 2-HAVO. De test is afgenomen vóór, net na en vier maanden na het onderwijs.

Dit zijn de resultaten:

	1 ^e afname vòòr	2 ^e afname net na	3 ^e afname 4 mnd. na
1. stroomconsumptie	50%	10%	13%
2. constante stroomgever	60%	5%	20%
3. sequentieel redeneren	75%	10%	20%
4. lokaal redeneren	-	5%	26% (*)
5. geen of foute differentiatie stroom-spanning	95%	25%	38% (**)

(*) het sequentieel redeneren in combinatie met het spanningsbegrip blijft laag, te weten 13%. Maar het sequentieel redeneren in combinatie met het stroombegrip is weer toegenomen (25%).

(**) het lokaal redeneren waar het gaat om spanning blijft laag, te weten 13%. Maar het lokaal redeneren in combinatie met stroom is sterk toegenomen (40%).

De HAVO-leerlingen hadden veel meer moeite zich het model eigen te maken en daarmee een consistente redenering op te zetten.

Korte discussie n.a.v. resultaten.

De beste resultaten - in termen van ook na 4 maanden nog te activeren kennis en inzicht - werden geboekt op die probleemvelden waar we de confrontatie expliciet zijn aangegaan (nr. 1 en 2 uit de tabel). Vooral op het punt van het stroombegrip komen een aantal intuïtieve ideeën weer terug. Hier wreekt zich waarschijnlijk het gemis aan een computersimulatie in het gegeven onderwijs. Met ons model van elektronenconcentraties dreigt de dynamiek enigszins uit de schakelingen te verdwijnen, omdat het statische aspect van constante concentraties en constante verschillen in concentraties sterk wordt benadrukt. Bovendien hebben we de indruk dat we met dit model met elektronenconcentraties voor HAVO-leerlingen te snel willen doorstoten naar een verklarend niveau, terwijl we meer tijd zouden moeten besteden aan het beschrijven van stroom en spanning in allerlei soorten schakelingen.

Toch menen we, het totale resultaat overziende, op de goede weg te zijn.

We zijn dan ook van plan de strategie opnieuw te beproeven, rekening houdend met de ondervonden problemen gedurende de eerste ronde in de onderwijspraktijk.

Licht, P. en Snoek, M., Elektriciteit in de onderbouw.
Een inventarisatie van begrips- en redeneerproblemen,
NVON-maanblad, 11, november, p. 32-36, 1986.

Het I.T.N.-projekt: meten met de computer.

A.L. Ellermeijer, R. Heijeler en C. van Bart (Did. Natk. UvA)

De activiteiten van de UvA op het terrein van de toepassing van de micro-computer in het natuurkunde-onderwijs worden sinds kort ondersteund vanuit het NIVO-project. Onder meer zijn er extra mogelijkheden voor het ontwikkelen van interface-experimenten.

Tijdens de werkgroep is het volgende programma gevolgd:

I. inleiding over:

- het beleid van de overheid m.b.t. de invoering van informatica in de bovenbouw van HAVO/VWO;
- de gevolgen/mogelijkheden voor een sectie natuurkunde;
- het I.T.N.-projekt = Informatietechnologie Toegepast in het (bovenbouw) Natuurkunde-onderwijs;
- II. het deelprojekt interface-experimenten van I.T.N.
- wat gaan we ontwikkelen; wat is er al beschikbaar;

III. demonstratie van een aantal toepassingen op zowel Commodore 64 als MS-DOS apparatuur;

IV. vragen en discussie.

Omdat de ontwikkelingen op het terrein van meten met de computer erg snel gaan, volstaan we in de deze verslaggeving met het weergeven van enkele punten uit de verstrekte informatie en uit de discussie.

ad. I. Op veel scholen die de NIVO-apparatuur reeds in huis hebben, blijken ook de vakspecifieke computers in het algemene instructielokaal te komen.

De toepasbaarheid van de computer bij de natuurwetenschappelijke vakken is zo groot, dat deze secties een claim dienen te leggen op minstens één 'vakspecifieke' NIVO-computer. Dit wordt voor het vak natuurkunde nog urgenter gezien het overheidsbeleid om natuurkunde een rol te laten spelen bij het 'inzakken' van informatika in de vakken (zie ook het verslag van de andere ITN-werkgroep).

ad. II. Tijdens het demonstreren van interface-experimenten met de MS-DOS computers kwam al snel de discussie op de geschiktheid van deze apparaten. Opgemerkt werd dat directe interface-mogelijkheden niet aanwezig zijn in tegenstelling met bijv. de Commodore 64 en dat wat dat betreft het apparaat eigenlijk onvolledig toegerust bij de scholen komt. Veel van de aanwezige leraren (plm. 40) wezen op de noodzaak dat het NIVO-project tenminste voor de vakspecifieke computers interface-adaptors zal moeten meeleveren, teneinde uniformiteit en uitwisselbaarheid te handhaven. Er werd daarbij gerefereerd aan de situatie met de Apple-II computers!

In de periode na de conferentie is zowel door het ITN-project als door een werkgroep die adviseert over het nascholingsaanbod informatika-natuurwetenschappen deze kwestie bij het NIVO naar voren gebracht. Op dit moment (februari 87) is nog geen uitslag bekend. We raden leraren wel aan nog even deze kwestie af te wachten.

De experimenten die gedemonstreerd zijn betreffen:

- het spirometerexperiment op MS-DOS
- het bepalen van de plaats van karretjes m.b.v. ultra-sound en de Commodore-64
- de interface-adapter en het universele meetapparaat voor MS-DOS.

Voor een overzicht van en een beschrijving van deze en andere toepassingen die door het ITN zijn en worden ontwikkeld verwijzen we belangstellenden naar de catalogus. Deze is te verkrijgen door een briefkaartje te sturen naar:

I.T.N.-projekt, Universiteit van Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 170, 1018 WV Amsterdam.

Het I.T.N.-project: micro-electronika en informatica in het natuurkunde- onderwijs

A.L. Ellermeijer, R. Heijeler en C. van Bart (Did. Natk. UvA)

De activiteiten van de UvA op het terrein van de toepassing van de micro-computer in het natuurkunde-onderwijs worden sinds kort ondersteund vanuit het NIVO-project. Er wordt momenteel gewerkt aan een lessenserie over micro-elektronika en microcomputers bij automatisering van meetopstellingen en bij procesbesturing. Het gaat hierbij om de vraag welke aspecten van de informatie-technologie het beste passen in het natuurkunde-onderwijs. Het overheidsbeleid is er (sinds kort) op gericht aspecten van de informatica in te bedden in de examenprogramma's van een aantal daarvoor in aanmerking komende vakken. Een apart examenvak informatica is van de baan.

Tijdens de werkgroep is het volgende programma gevolgd:

I. inleiding over:

- het beleid van de overheid mbt de invoering van informatica in de bovenbouw van havo/vwo;
- de gevolgen/mogelijkheden voor een sectie natuurkunde;
- het I.T.N.-project = informatietechnologie toegepast in het (bovenbouw) natuurkunde-onderwijs;

II. het deelproject 'lessenserie micro-electronica ...' van I.T.N.:

Op dit moment zijn we zover dat we een opzet hebben voor de lessenserie met een daarbij horende leerstoflijst in WEN-stijl. We baseren ons op studies van buitenlandse ervaringen en ervaringen met de thema's Elektronika en Automatisering. Daarnaast zijn enkele interviews met 'experts' gehouden. Juni '86 is een discussiestuk afgerond dat met een vragenlijst aan een veertigtal deskundigen is voorgelegd.

III. discussie over onze voorstellen.

Tijdens de werkgroep is door de medewerkers van ITN vooral veel informatie gegeven. Deze informatie is in uitgebreide vorm opgenomen in het rapport 'Natuurkunde-onderwijs en Informatika'. Dit rapport (100 p.) is te bestellen door overmaking van f 20,-- op giro 5032175 tnv PAO Subfak. Natuurkunde, Universiteit van Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 170, onder vermelding van 'Rapport ITN 8602'.

In de discussie kwamen de volgende punten naar voren:

- hoort een dergelijk onderwerp wel thuis in het vak natuurkunde
- waar moet de ruimte vandaan komen in het programma
- het gebruik van de computer in meetsituaties is erg aantrekkelijk en past goed bij natuurkunde
- welke faciliteiten krijgen de scholen indien een dergelijk onderwerp wordt ingevoerd: praktikummateriaal op het elektronika-gebied, interface-apparatuur.

Begin januari 1987 is een studiedag met plm 35 deelnemers gehouden over de plannen van ITN-2. De deelnemers betroffen docenten natuurkunde havo-vwo, vakdidactici, docenten van het vervolgonderwijs, leden van de WEN en medewerkers van het NIVO-project. Over het ITN-2 projekt zal ook in het NVON-blad gerapporteerd worden.

Leraren die belangstelling hebben eventueel volgend cursusjaar (87-88) geheel of gedeeltelijk het ITN-2 materiaal in de klas te gebruiken kunnen kontakt opnemen met Cees Mulder, Didaktiek Natuurkunde, 020-5222860.

Het P.B.N.: het thema Verkeer en het blok Bewegingen.

J. Dekker, W. Kraakman, W. Wennink

Binnen de werkgroepen N.T.B. (Natuurkunde in Thema's en Blokken) van het P.B.N. (Project Bovenbouw Natuurkunde) wordt aan de UvA onderzoek gedaan aan de thema-blok combinatie Verkeer/Bewegingen. Dit onderzoek richt zich enerzijds op begripsontwikkeling bij leerlingen m.b.t. concepten uit de mechanica (i.h.b. de kinematica), maar anderzijds ook op revisie van de combinatie vóór het cursusjaar 1988/1989. Het onderzoek past binnen één van de doelstellingen van het P.B.N., nl. het formuleren van leerplanvoorstellen voor natuurkunde bovenbouw op basis van een thema-blok model.

Het programma voor werkgroep 14 was als volgt:

- I. korte inleiding over het P.B.N. met specifieke aandacht voor de werkgroep N.T.B.;
- II. korte karakteristiek van de bestaande versies van Verkeer en Bewegingen, en informatie over het onderzoek aan de UvA;
- III. discussie over revisiemogelijkheden in het licht van het onderzoek en van het WEN-rapport aan de hand van onderstaande punten.

1. KINEMATICA: WISKUNDE OF NATUURKUNDE?

Je kunt denken dat na behandeling van relevante wiskunde in de wiskundeles, zeker als dit gebeurd is in de context van kinematica, uitvoerige wiskundige behandeling van kinematica in de natuurkundeles niet meer nodig is. Wij hebben de indruk dat dit een optimistische gedachte is, omdat de invalshoek voor de leerlingen heel verschillend blijft. Het is bij dit discussiepunt niet de bedoeling om de inhoud van het WEN-voorstel aan de orde te stellen, wel de plaats waar de kinematische onderwerpen hieruit worden behandeld. Mogelijkheden zouden kunnen zijn;

- Zoveel mogelijk uit het WEN-voorstel overhevelen naar het wiskundeprogramma;
- Zoveel mogelijk van het WEN-voorstel uitvoeren in nauw overleg met de wiskundedocent;
- Het hele WEN-voorstel zonder overleg in de natuurkundeles uitvoeren.

2. CONTEXTEN EN BEGRIPSPROBLEMEN.

In het thema-blok model wordt gekozen voor een contextrijke introductie gevolgd door een aanscherping waarbij de context wel blijft maar geen rode draad meer is. Wij hebben de indruk dat contexten bij nieuw aan te leren kennis behalve goede aanknopingspunten ook vaak extra begripsproblemen introduceren omdat contexten in het algemeen ingewikkelder zijn dan contextloze modelsituaties en ook verbonden kunnen zijn met vooraf bestaande verkeerde denkbeelden. Ter discussie staat welke mogelijkheden er binnen een

thema-blok combinatie over kinematica en dynamica rond de brede context 'verkeer' bestaan om dit risico te beperken. Mogelijkheden zouden kunnen zijn:

- De contextrijke introductie in omvang beperken.
- Zoeken naar geschiktere contexten binnen of naast de brede context.
- Moeilijke werkvormen zoals onderzoekjes bij het werken in de contexten beter voorbereiden en begeleiden.

3. DEKKING VAN HET WEN-VOORSTEL.

In de laatste 2 kolommen van het WEN-voorstel worden contexten en beheersingsnivo's aangeduid. Deze lenen zich nog voor verdere invulling en interpretatie, waarbij lesmateriaal een sturende rol kan vervullen. Wij hebben de indruk dat de bestaande combinatie Verkeer/Bewegingen vrij goed aansluit op de kinematica en dynamica uit het voorstel. Bij enkele specifieke punten zijn echter verschillen te constateren. Ter discussie staat:

- Uw algemene indruk van het WEN-voorstel en de nadere invulling die hieraan in de combinatie gegeven wordt.
- Uw mening over enkele specifieke punten zoals formules 4-6, parabolische baan, hoeksnelheid, zwaartepunt, impuls en botsingen.

4. PROBLEEMOPLOSSEN.

Wij hebben de indruk dat de activiteit probleem-oplossen niet alleen rechtstreeks bijdraagt aan probleemoplossingsvaardigheden, maar ook een middel vormt tot een betere begripsvorming bij leerlingen: mede doordat zij hiermee bezig zijn lijken ze meer vat te krijgen op allerlei aspecten van de aan te leren begrippen. Ter discussie staat:

- Uw mening over deze functie van het probleem-oplossen.
- Uw commentaar op de aanpak van het probleem-oplossen in Bewegingen.
- Uw mening over de mogelijke voorbeeldfunctie van 'problemen' zoals in Bewegingen m.b.t. nivo-aanduiding en examens.

Even WENnen met DBK-bovenbouw

P. van Wijlick, H. van Riet en R. Knoppert

In augustus 1986 is het 4-HAVO-boek van de vereniging D.B.K.-na verschenen. Als U dit leest, kunt U ook al over het 5-HAVO-materiaal beschikken, in de vorm van losse hoofdstukken.

Het verschijnen van het HAVO-bovenbouw-materiaal vormde voor de schrijvers van dit materiaal aanleiding om een werkgroep te organiseren. Het was de bedoeling om enerzijds geïnteresseerden te informeren over het nieuwe materiaal en anderzijds om de werkgroepdeelnemers de gelegenheid te geven om vragen te stellen over of kritiek uit te oefenen op de HAVO-bovenbouw-boeken. De bijeenkomst bestond uit drie delen: eerst hield een van de schrijvers, Leo van den Raadt, een verhaal over de ontstaansgeschiedenis van het bovenbouw-materiaal, over de indeling in blokken en over de wijze waarop contexten worden gebruikt. Daarna werden de werkgroepdeelnemers in de gelegenheid gesteld om het 4-HAVO-boek in te kijken, met het verzoek om met name de blokken 2 (het gebruik van materialen in een gloeilamp) en 3 (statica) door de nemen.

In de bijlage van dit verslag vindt U twee bladzijden uit deze blokken 2 en 3 ter illustratie. Tenslotte werden de vragen die voortvloeiden uit de bestudering van het 4-HAVO-boek, beantwoord door de schrijvers Hans van Riet en Rob Knoppert, die reeds enkele jaren lesgeven met dit materiaal.

In het onderstaande gaan we kort in op enkele van de vragen die door de werkgroepdeelnemers werden gesteld:

Een van de gestelde vragen ging over de haalbaarheid van deze nieuwe methode, waarin veel practicum voorkomt, binnen de beschikbare tijd.

Zowel Hans als Rob benadrukten dat het DBK-materiaal op vele manieren kunt gebruiken; het boek wil beslist niet één leerweg voorschrijven. Eventueel kun je zelf alleen de theoriebladen behandelen, omdat de theorie volledig los staat van het practicum en toch het hele huidige eindexamenprogramma omvat. De theorie bevat voorts zo goed als alle contexten die de WEN voorschrijft. Maar, als je alleen de theorie- en werkbladen telt, kom je tot de conclusie dat deze methode aanzienlijk minder pagina's bevat dan alle andere HAVO-bovenbouw-methodes.

Iemand die dit lesmateriaal dus voor het eerst gebruikt, kan, afhankelijk van eigen voorkeur en beschikbare tijd, zelf beslissen hoeveel practicum hij of zij in de lessen doet (demonstreren) of laat doen (leerlingenpracticum). Een andere veel gehoorde vraag gaat over de ervaringen met dit materiaal in de klas.

Hans wist daarover te vertellen dat zijn eindexamenklas 2 jaar geleden, toen het materiaal nog in een zeer experimenteel stadium verkeerde, een resultaat behaalde dat niet afweek van het resultaat dat in voorgaande jaren met een andere, zeer veel gebruikte, methode was behaald.

Het vorig jaar echter, behaalde zijn 5-HAVO-klas met het semi-definitieve materiaal een opvallend goed eindexamenresultaat dat ruim 1 punt boven het landelijk gemiddelde lag.

Tenslotte noem ik nog de vraag van een werkgroepdeelnemer naar de reactie van de leerlingen op dit nieuwe lesmateriaal.

Volgens Rob en Hans waren de meeste leerlingen, na een korte periode waarin ze toch wel even moesten wennen aan de andere opzet van de methode en dus ook de lessen, opvallend enthousiast over het nieuwe boek. De duidelijk beschreven practicumproeven en het eenvoudige, leerling-gerichte taalgebruik, werken motiverend voor een groot deel van hun leerlingen.

De schrijvers hopen dat deze nieuwe methode er toe bijdraagt dat HAVO-leerlingen met meer plezier met natuurkunde bezig zijn en daarbij (of daardoor) bovendien betere resultaten behalen dan nu vaak het geval is.

Voor het 4-HAVO-boek kunt U terecht bij uitgeverij Malmberg te Den Bosch; het 5-HAVO-boek kunt U, per blok, aanvragen bij:

De Vrije Universiteit
p/a Peter van Wijlick (kamer S216)
De Boelelaan 1081
1081 HV AMSTERDAM
tel. 020-5484112.

DE INHOUDSOPGAVE VAN DE HAVO-BOVENBOUW-BOEKEN VAN DE VERENIGING D.B.K.-NA

4HAVO

<u>blok</u>	<u>titel</u>
1	Meetmethoden
2	Het gebruik van materialen in de gloeilamp
3	Statica
4	Het weer
5	Geluid
6	Golven en optica
7	Arbeid en energie
8	Onweer
9	Kernenergie

5 HAVO

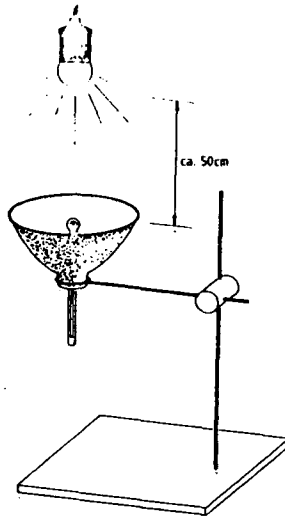
10	Kracht en impuls
11	Kracht en versnelling
12	Speciale bewegingen
13	Interferentie van golven
14	Elektriciteit in huis
15	Elektrische machines
16	Micro-elektronica
17	Nieuwe modellen

10. Straling

Deze proef kun je niet verklaren met geleiding of stroming. Er is dus nog een vorm van energietransport.

In het brandpunt van de reflector van een autokoplamp bevindt zich het reservoir van een thermometer. Boven de reflector hangt een gloeilamp (figuur 7).

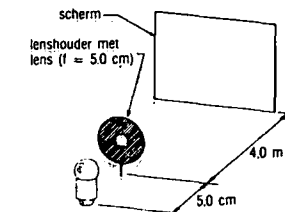
- Schakel de lamp in en meet elke 30 s de temperatuur.
- Herhaal het experiment met een doorzichtige perspexplaat tussen de lamp en de reflector.
- Verwerk de resultaten in een diagram.
- Leg uit dat hier geen sprake kan zijn van energietransport door geleiding.
- Leg uit dat hier geen sprake kan zijn van energietransport door stroming.
- Leg uit wat de functie is van de reflector.



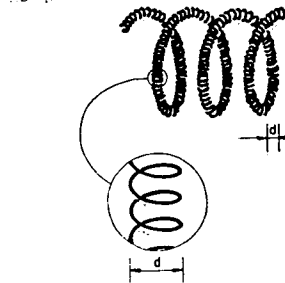
figuur 7

tabel 1

P (W)	I (A)	R (Ω)



figuur 8



figuur 9 d. diameter kleine spiraal

P3 GLOEILAMPEN IN SOORTEN EN MATEN

Er worden veel verschillende lampen geproduceerd. In dit praktikum ga je na hoe we lampen met een verschillend vermogen kunnen ontwerpen.

11.

Bekijk en vergelijk vier gloeilampen van 220 V met een verschillend vermogen: 40 W, 75 W, 100 W en 300 W.

- Welke lamp heeft de dikste gloeidraad?
- Maak een tabel in de vorm van tabel 1 en vul deze in.
- Welk verband is er tussen de dikte en de weerstand van een gloeidraad?
- Waarom moet een lamp met een groter vermogen een dikkere gloeidraad hebben?

12. De afmetingen van de gloeidraad

Er is een verband tussen de afmetingen van de gloeidraad en de weerstand. Bij een spanning van 220 V bepalen de afmetingen van de draad het vermogen van de lamp.

Je moet in de volgende proef de afmetingen van de gloeidraad meten. Met een liniaal of schuifmaat kom je tot zeer onnauwkeurige resultaten. We hebben daarom de volgende meetmethode bedacht:

Met de opstelling van figuur 8 beeld je de gloeiende draad van een 300 W lamp af op een scherm. In de figuur vind je informatie over de afstanden. Door verplaatsen van de lens en het gebruik van een diafragma kun je een scherp, niet te lichtsterk beeld van de gloeidraad vormen. Je ziet dat de draad dubbel gespiraliseerd is (figuur 9).

- Meet op het scherm de dikte van de gloeidraad
- Voer de volgende metingen uit en noteer de resultaten:
 - Meet de diameter van een kleine spiraal d
 - Tel het aantal kleine spiralen in een grote: p
 - Tel het aantal grote spiralen: q

Je kunt nu de lengte van de gloeidraad, zoals deze op het scherm is te zien, berekenen. Daarvoor moet je achtereenvolgens berekenen:

- de lengte van de draad in een kleine spiraal is $\pi \cdot d$,
- de lengte van de draad in een grote spiraal is $p \cdot \pi \cdot d$ en
- de lengte van de hele draad is $q \cdot p \cdot \pi \cdot d$.

Bereken nu de lengte van het beeld van de gloeidraad.

Om de werkelijke afmetingen van de draad te vinden, moet je de lengte en de dikte van de draad van het beeld delen door de vergroting N .

c. Bepaal N .

d. Bereken de werkelijke lengte en dikte van de gloeidraad.

Bestudeer eerst T3 en doe dan de volgende proeven:

Een voorbeeld, als je een schildert aan een spijket ophangt, werken twee krachten op het schildert. De zwaartekracht probeert het schildert naar beneden te trekken. De kracht van de spijket heft de zwaartekracht op. Als het schildert stil hangt moeten de beide krachten langs een lijn werken en even groot zijn. Het zwaartepunt ligt dan loodrecht onder het ophangpunt.

Door een voorwerp aan 2 (of 3) verschillende punten op te hangen vinden we op een eenvoudige manier de plaats van het zwaartepunt. Er zijn echter veel situaties waarbij een voorwerp in evenwicht is terwijl de werklijnen niet samenvallen (figuur 29).

7. Evenwicht met meer dan twee krachten

Als je een zware deur wilt openen, dan duw je zo ver mogelijk van de scharnier af tegen de deur. Jouw kracht heeft dan het meest effect. Het effect van de kracht wordt bepaald door de grootte van de kracht en door de afstand tot het draaipunt.

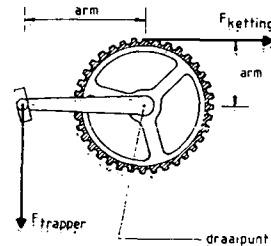
We spreken daarom af: het moment van een kracht is gelijk aan de grootte van de kracht maal de afstand tot het draaipunt. De afstand tot het draaipunt wordt vaak arm genoemd.

Dus: moment = kracht \times arm of in formule $M = F \times d$.

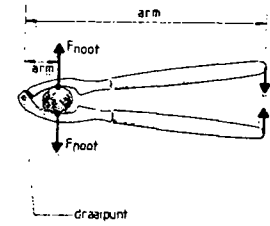
Probeer de kracht het voorwerp rechtsom te draaien dan noemen we het negatief. Probeer de kracht voor een draaiing linksom te zorgen, dan noemen we het moment positief (figuur 30).

Een voorwerp is in evenwicht als

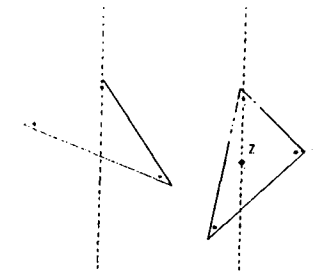
- de krachten op het voorwerp elkaar opheffen en
- de momenten van de krachten elkaar opheffen.



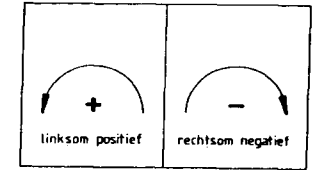
figuur 31: trapper van de fiets



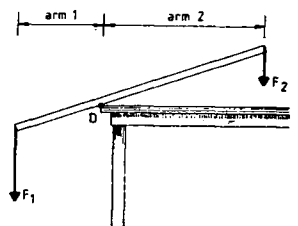
figuur 32: notekraker



figuur 29



figuur 30



figuur 33 plank op tafel

In figuur 31, 32 en 33 zijn nog enkele voorbeelden getekend van hefboomen. Bij een hefboom is altijd sprake van:

- 2 of meer krachten
- 2 of meer armen
- een draaipunt.

Andere voorbeelden van hefboomen zijn: hijskraan, schaar, deurkruk, stuur van een auto.

Rekenvoorbeeld 1:

In figuur 34 is het latje uit proef 11 van P2 getekend. De grootte van de krachten is aangegeven. Is er evenwicht?

Oplossing:

Je moet de som van de krachten en de som van de momenten bepalen: Dg

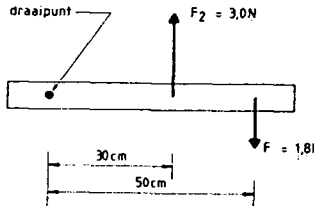
a. De momenten
Het moment van $F_1 \rightarrow M_1 = F_1 \cdot d_1 = 1,8 \cdot 0,5 = -0,9 \text{ Nm}$ (draaiing rechtsom!).

Het moment van $F_2 \rightarrow M_2 = F_2 \cdot d_2 = 3,0 \cdot 0,3 = +0,9 \text{ Nm}$ (draaiing linksom!).

Er geldt dus $M_1 + M_2 = 0 \text{ Nm}$.

b. De krachten

Dat ook de som van de krachten nul is, is moeilijker in te zien. In het draaipunt werkt namelijk nog een kracht (het moment van deze kracht is 0 N) die voor evenwicht zorgt. Denk aan proef 13. Ga na dat deze kracht dan 1,2 N is en dezelfde richting heeft als F_1 .



figuur 34

DE MILIEUPROBLEMATIEK ALS CONTEXT VOOR NATUURKUNDEONDERWIJS

Frans van der Loo, Maarten Pieters

De werkgroepactiviteiten omvatten een inleiding over het project "natuur- en milieu-educatie in het voortgezet onderwijs" (nme-vo), en een meer inhoudelijke, op het maken van lesmateriaal gerichte oefening met behulp van een model dat de structuur van de milieuproblematiek weergeeft.

1. Natuur- en milieu-educatie: het project nme-vo.

Waarom natuur- en milieu-educatie.

Laten we maar beginnen met het goede nieuws: na de wegwerpaansteker, het wegwerpservies en de wegwerpzaklantaarn krijgen we nu ook al de wegwerpradio en de wegwerpcamera. Batterijen en films verwisselen is natuurlijk erg lastig en moeilijk: een hele vooruitgang dus.

En dan het slechte nieuws: waarom is de natuur- en milieu-educatie eigenlijk nodig in het (voortgezet) onderwijs?

Een belangrijke taak van het onderwijs is het verbreden van de horizon van leerlingen. De samenhang tussen het eigen bestaan en de natuurlijke omgeving van de leerling maakt deel uit van die horizon.

Veel informatie over milieu-onderwerpen bereikt leerlingen al via de media. Maar deze informatie wordt sterk door de actualiteit bepaald, en is (daardoor) vaak oppervlakkig en verbrokken. Het onderwijs kan leerlingen in staat stellen hierin meer structuur te ontdekken, meer toekomstperspectief te gaan zien; het onderwijs kan hun betrokkenheid verhogen en hen gereedschap aanreiken om er zelf iets aan te kunnen doen.



Na de wegwerp-aansteker, de wegwerp-zaklamp en de wegwerp-radio bestaat er grote behoefte aan het wegwerp-fotoapparaat. Het is ontwikkeld door de Japanse film- en fotorolletjesfabrikant Fuji, die het vanaf juli op de markt zal brengen (maar voorlopig nog alleen in Japan). Het is een fotorolletje met een ingebouwde lens en een ingebouwde sluiter. De bedoeling is dat na gebruik een nieuw doosje gekocht wordt. Het is een „omkering van de traditionele manier van fotograferen“, meldt de firma tros.

Japanners komen met wegwerpradio

TOKIO (Reuter) — De Japanse onderneming IHS heeft deze week een wegwerpradio geproduceerd die ongeveer tien gulden gaat kosten. Het zeer kleine afvoersapparaat kan 35 uur spelen en is dan rijp voor de prullenbak.

IHS hoopt dat de consument liever tusschen een nieuwe radio koopt dan de moets te nemen batterijen te vervangen. De onderneming denkt in augustus al één miljoen exemplaren in Japan te hebben verkocht. Binnenkort wil het bedrijf ook wegwerpradio's gaan exporteren.

Dat gereedschap is voor een deel te vinden in de (school)vakken natuurkunde, scheikunde, biologie en aardrijkskunde (in willekeurige volgorde). Maar dat zijn zeker niet de enige vakken: ook bij bijv. geschiedenis, economie, maatschappijleer, verzorging en algemene technieken zal aandacht besteed kunnen en moeten worden aan natuur- en milieu-educatie.

Aan een dergelijke verbreding wordt gewerkt binnen de SLO en misschien - over een jaar of drie - binnen een vervolgproject op NME-VO.

Inbedding van natuur- en milieu-educatie binnen de bestaande natuurwetenschappelijke vakken en aardrijkskunde in het (voortgezet) onderwijs sluit aan bij één van de mogelijke opvattingen over het doel van onderwijs: het bevorderen van de weerbaarheid van de leerling in zijn/haar (toekomstige) maatschappelijke rollen als consument en als kritisch, verantwoordelijk burger in een zich technologisch ontwikkelende, democratische samenleving. Een samenleving waarin voortdurend, bewust of onbewust, door mensen beslissingen genomen worden van persoonlijke en/of maatschappelijke aard; beslissingen die gevolgen hebben voor natuur- en milieu.

Dit onderwijsdoel (het bevorderen van de weerbaarheid van de leerling) staat naast de opvatting over onderwijs als voorbereiding op vervolgopleiding en/of beroep. Een opvatting die, gezien de feitelijke situatie in het onderwijs - in elk geval binnen de natuurwetenschappelijke vakken - de overhand lijkt te hebben. Natuur- en milieu-educatie kan bijdragen aan het in evenwicht brengen van de balans, aan een verbreding van onderwijsdoelstellingen.

En dat alles wordt dan (gelukkig) erkend als een maatschappelijke wenselijkheid - anders zaten we hier niet.

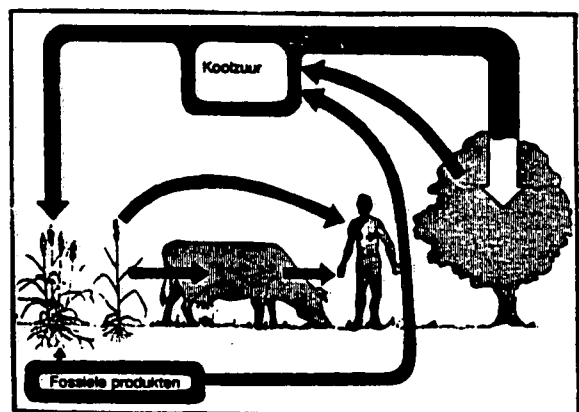
Waarover gaat natuur- en milieu-educatie.

Een eerste strijdpunt: waarover gaat natuur- en milieu-educatie? Gaat het over de (wederkerige) relatie tussen mens en milieu óf gaat het over de actuele en potentiële problemen in deze relatie? Problemen als zure neerslag, radioactief afval, oprukkende industrieterreinen, mestoverschotten enz.

Natuur- en milieu-educatie betekent niet: kennis over natuur en milieu. Het betekent wél: kennis over de relatie tussen mens en milieu (inclusief natuur). Maar deze kennis staat niet op zichzelf: ze moet functioneel zijn, gericht zijn op het (leren) begrijpen en beoordelen van de actuele en potentiële problemen in de relatie tussen mens en milieu. Dus niet óf óf, maar én én - daarmee aansluitend op het antwoord op de vraag waarom natuur- en milieu-educatie in het (voortgezet) onderwijs een plaats moet krijgen.

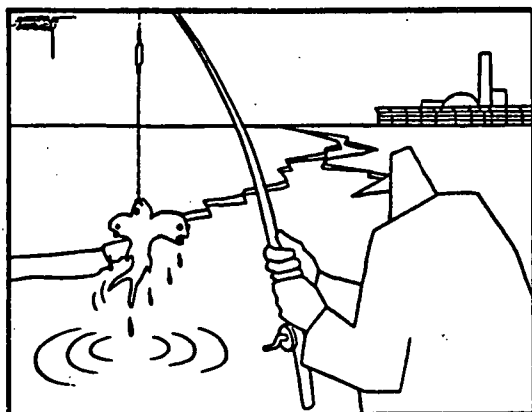
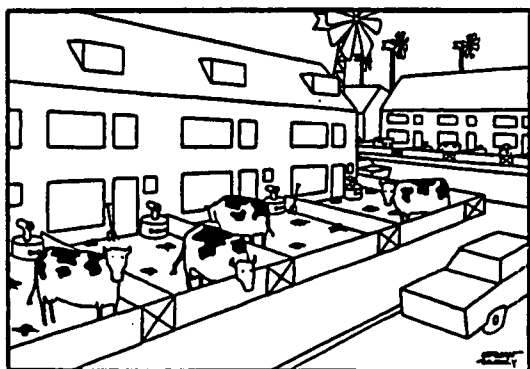
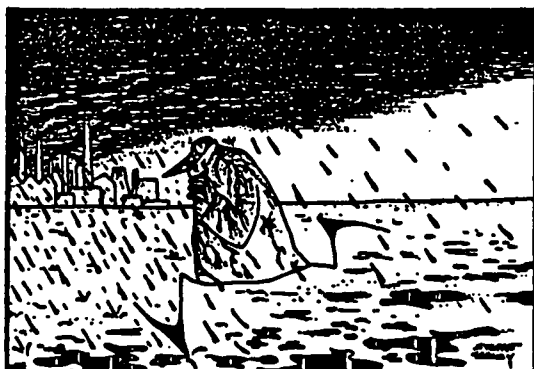
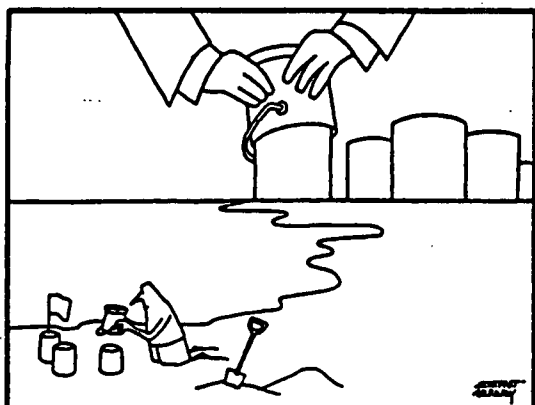
Waarover?

Relatie mens en milieu:



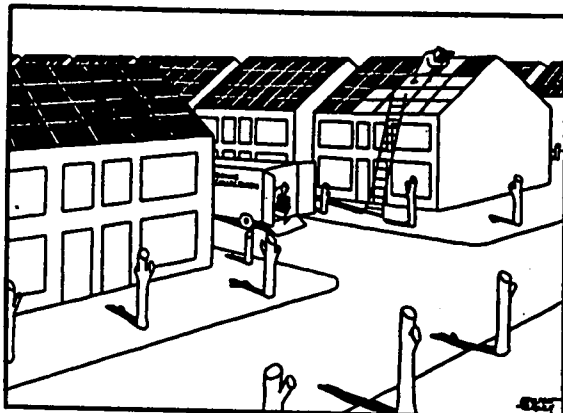
of

Problemen in deze relatie:



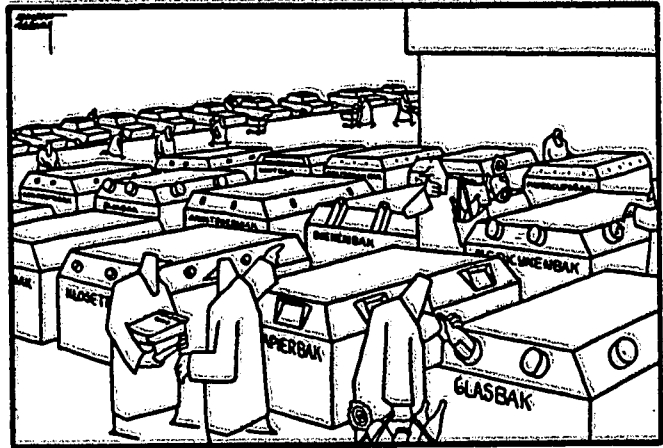
Bij het zoeken naar oplossingen van milieuproblemen gaat het om het afwegen van belangen en van voor- en nadelen: er moet een keus gemaakt worden in een dilemma.

Dilemma



Die keuze speelt bovendien op twee niveau's: een persoonlijk niveau en een maatschappelijk niveau. Het gaat er niet alleen om wat 'men' of 'wij met z'n allen' zouden moeten of kunnen doen, het gaat ook om de vraag 'wat kan ik zelf doen?' - hoe weinig dat dan misschien ook is: alle beetjes helpen.

Alle beetjes helpen



Hoe krijgt natuur- en milieu-educatie vorm.

Uit het voorgaande volgen twee belangrijke kenmerken van het door het project NME-VO te ontwikkelen lesmateriaal:

- o het gaat om lesmateriaal waarin centraal staat een keuzesituatie van persoonlijke en/of maatschappelijke aard, ontleend aan het terrein van natuur- en milieu(problematiek) - keuzegericht onderwijs.
- o het gaat om lesmateriaal waarin vakinhoudelijke begrippen en vaardigheden functioneel zijn voor het (meer) greep krijgen op zo'n keuzevraagstuk - vakinhouden in (milieu)context.

De walk(wo)man



De keuzesituaties kunnen heel dicht bij de leerling liggen. Bijv. de walk(wo)man als 'erkende stroomvreter' kan de leerling aanspreken op zijn/haar rol als consument: welke soort batterij is vanuit milieu-oogpunt de beste keus, hoeveel kost me dat, heb ik dat er voor over en wat doe ik

ermee als ze 'op' zijn? Maar het kan ook gaan om maatschappelijke besluitvormingssituaties: voor welk energiescenario kiezen we in Nederland? En daaraan gekoppeld: wat kan ik daar zelf (in de toekomst) in de vorm van mijn eigen energiegebruikersgedrag aan bijdragen?

Energie scenario's

EERSTE WONINGEN BINNENKORT KLAAR
Energie-zuinig huis spaart 80 percent op verwarming

Schiphol gaat in 1984 over op eigen energievoorziening

Kleinere eenheden kunnen helft energie opwekken

WIJ WILLEN MEER!

MEER PLEZIER

Windenergie kan Nederland voor eenderde van stroom voorzien

Nogmaals waarom natuur- en milieu-educatie.

Een tweede strijdpunt: wat is het doel van natuur- en milieu-educatie in het (voortgezet) onderwijs, wat willen we ermee bereiken? Gaat het om het ontwikkelen van een milieubewuste houding bij leerlingen, of om het bevorderen van milieuvriendelijk gedrag?

De projectgroep heeft er voor gekozen natuur- en milieu-educatie in het (voortgezet) onderwijs te richten op het aandragen van kennis, inzichten en vaardigheden als bouwstenen voor de ontwikkeling van een eigen mening of houding door de leerling. In deze opvatting richt het onderwijs zich slechts op een uitbreiding van de gedragsmogelijkheden van de leerling (dingen die een leerling kan doen - als hij/zij dat wil) en op een uitbreiding van kennis en inzicht waarop de leerling een bepaald gedrag en een bepaalde keuze kan doen.,

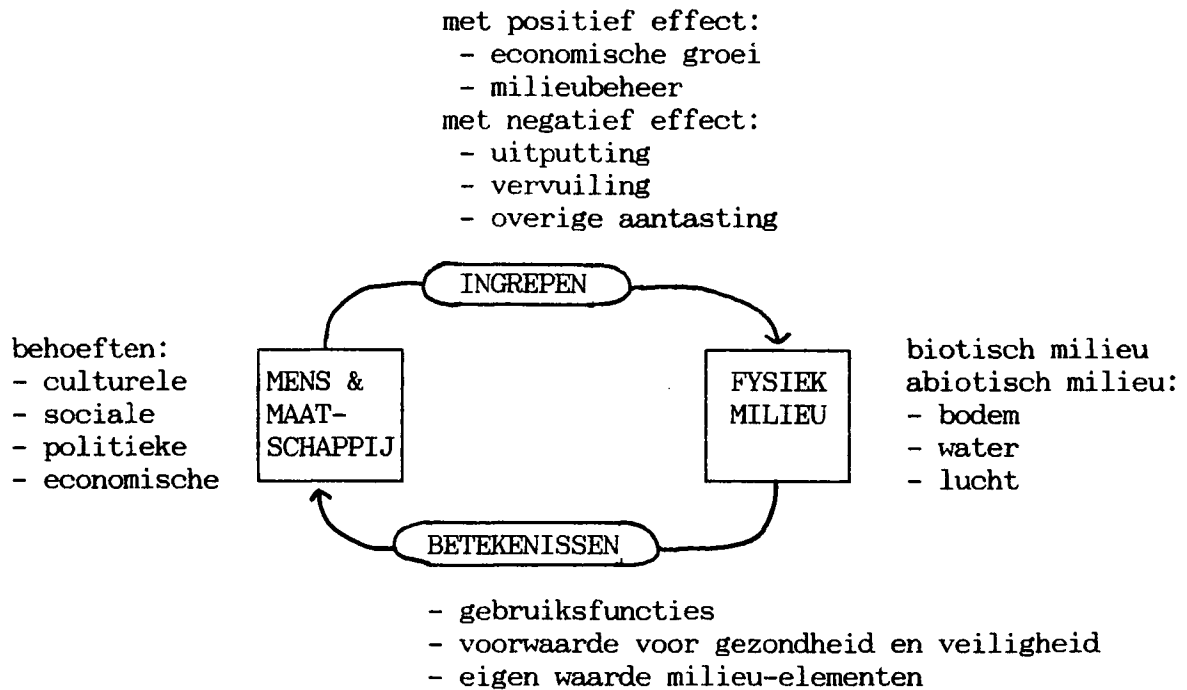
En gezien vanuit het perspectief van natuur- en milieu-educatie als maatschappelijke wenselijkheid: de kans dat leerlingen (meer) bewuste keuzes maken en deze omzetten in daadwerkelijk gedrag wordt hierdoor groter. Maar: óf een leerling een keuze maakt, wanneer hij/zij dat doet en in welke richting die keuze dan uitvalt maakt hij/zij zelf uit.

2. Een model voor oriëntatie op milieuproblemen.

Stel je voor, dat je als leraar enkele lessen rond een milieuprobleem wilt maken, of naar aanleiding van een stuk natuurkunde op milieu-achtergronden wilt ingaan. Of dat je een schoolonderzoeksopdracht in die richting wilt formuleren. Of dat je als leerling een open opdracht rond een milieuprobleem hebt gekregen. Hoe breng je dan het betreffende vraagstuk in kaart?

Als voorzet werd een analysemodel gepresenteerd. Het is gebaseerd op een

model dat H.A. Udo de Haes beschrijft in het *Basisboek Milieukunde*¹, en dat de relatie tussen de mens en de samenleving enerzijds met het biotische en abiotische milieu anderzijds weergeeft.



Het vak natuurkunde levert in hoofdzaak een bijdrage aan kennis van objecten en verschijnselen in het abiotische milieu; ook ingrepen kunnen aan de orde komen, wanneer techniek of technologie ter sprake komt.

De opdracht was, met dit model een ruwe analyse te maken van een bepaald milieuprobleem. Daarbij moet men trachten aan te geven, welke informatie binnen de natuurkunde valt, en in hoeverre de leerlingen andere vakken nodig hebben.

Een inventarisatie van het WEN-rapport² had grosso modo de volgende milieuachtige onderwerpen opgeleverd: geluidhinder, energie, broeikas effect en biologische effecten van straling.

De opdracht hield in, dat de aanwezigen, in kleine groepen, een probleem kozen uit deze onderwerpen (als probleem geformuleerd: geluidhinder, energieproblematiek, radioactief afval). Het gekozen probleem moest zoveel mogelijk met het beschreven model worden uitgewerkt: welke aspecten spelen een rol, welke informatie is voor een goede beoordeling nodig? Tenslotte moest worden aangegeven, welke aspecten in de natuurkundeles behandeld zouden kunnen worden, en voor welke de leerlingen doorverwezen zouden moeten worden. Dit laatste is belangrijk, om niet de indruk te wekken, dat met kennis van de natuurkundige aspecten het probleem als geheel doorzien wordt.

Het model werd gunstig beoordeeld als instrument in de handen van docenten. ook leerlingen zouden er wel baat bij hebben in meer open onderzoeksopdrachten. Een enkeling voind het model ook geschikt als leerstof.

Wel werd aangetekend, dat het model beter in vraagvorm gepresenteerd zou kunnen worden: "Welke natuurkundige eigenschappen van de fysieke omgeving spelen een rol?", "Op welke natuurkundige verschijnselen zijn de milieu-

ingrepen gebaseerd?", "Welke informatie heb je nodig, om gezondheids- of veiligheidsnormen te kunnen beoordelen?", "Welke maatschappelijke behoeften hebben tot deze ingrepen geleid?", enz.

Als achtergrondinformatie werd het *Basisboek milieukunde* aanbevolen, als voorbeeld van een bronnenboek (naast schoolboeken uit eigen en andere vakken) het *Bronnenboek natuur en economie*³, en voor een overzicht van lesmateriaal en achtergrondpublicaties de uitgave *In vogelvlucht*⁴ van de Stichting voor Milieu-educatie.

Over het nme-vo-project kan telefonisch informatie gevraagd worden op 030 - 532717. Per post: postbus 80008, 3508 TA Utrecht.

NOTEN

1. Boersema, J.J. e.a. (red.) *Basisboek Milieukunde*. Meppel: Boom, 1984.
2. Een inventarisatie van het WEN-rapport levert voor het VWO de volgende milieu-onderwerpen op: *geluidhinder, isolatiemateriaal, warmte-opslag, benzinemotor, zonnecel, windgenerator, energieproblematiek, kwaliteit van energie, accu, batterij, broeikaseffect en principe en bouw kernreactor*. Een duidelijk voorbeeld is verder het gehele hoofdstuk *Biofysica: straling en levend weefsel*. We noemen ook de onderwerpen *verkeer* (waarbij de maatschappelijke aspecten niet het voorstel staan, maar wel behandeld zouden kunnen worden), *elektronica* (sterk vervuulende industrie, zie Silicon-Valley-probleem) en *spectraalanalyse, lasers, materiaalonderzoek*, dat in het fysisch milieu-onderzoek een grote rol speelt. Relevant is ook het in de laatste versie "gewipte" hoofdstuk *weerkunde*. De HAVO-versie noemt ongeveer hetzelfde. Extra voor HAVO is de *zonnecollector*. Het biofysica-hoofdstuk ontbreekt, maar de belangrijkste elementen eruit staan wel in de lijst. De VWO-onderwerpen *energieproblematiek, kwaliteit van energie* en het *broeikaseffect* ontbreken. In het C- en D-voorstel (MAVO/LBO) vinden we de volgende voor milieu-educatie relevante ervaringscontexten: *verkeer* (m.n. *maatschappelijke aspecten*), *verwarmen van de woning en warmtevoorziening, energievoorziening op grote schaal, elektrische energie en elektrische apparaten in en om het huis, het weer en verschijnselen in de vrije natuur en het gebruik van kernenergie*.
3. H.v.d.Bosch e.a. (red.) *Natuur en economie. Een edukatief bronnenboek*. Nijmegen: vakgroep onderwijsgeografie en vakdidaktiek KU. z.j.
4. B.Taverne, *In vogelvlucht*. Utrecht: SME. 1986

Hoe kun je natuurkunde aantrekkelijk maken voor meisjes?

A.G.D. Jörg

In de afgelopen jaren zijn er in de literatuur een aantal suggesties gedaan om het onderwijs in de natuurwetenschappen in het algemeen en natuurkunde in het bijzonder aantrekkelijker te maken voor meisjes. De meeste van die suggesties klinken erg redelijk. Over eventuele effecten van de invoering daarvan in de onderwijspraktijk is echter weinig bekend. In de werkgroep zullen resultaten worden gepresenteerd die in dit kader relevant zijn. Op grond daarvan zal kunnen worden gediscussieerd over de noodzakelijke en voldoende voorwaarden om het natuurkundeonderwijs aantrekkelijker te maken voor meisjes.

Topics in optics

M. van Woerkom

INLEIDING.

In deze werkgroep toonde ik een vijftal proefjes uit de optica. Hier zal ik ze niet allemaal beschrijven; slechts de twee uitvoerigste: de zoötroop en de gouden spiegel.

Ik begon met het aanprijzen van het fenomenale boek SEEING THE LIGHT, Optics in Nature, Photography, Color Vision and Holography, van David Falk/Dieter Brill/David Stork - Harper en Row, New York, ISBN 0-06-041991-1. Uit de inleiding 'Why is this thus? What is the reason for this thusness?'

GOUDEN SPIEGELS.

Bij toeval kreeg ik een stapel goud-kleurige, goed spiegelende kartonnetjes in handen. Het materiaal is normaal tamelijk duur, maar dit was een 'afgekeurde' partij, op de Vrije School gebruikt om gouden kroontjes van te maken. Met deze kartonnetjes, verder gouden spiegels genoemd, deed ik allerlei proefjes. Hier beschrijf ik alleen de parabolische cilindrische, concave spiegel.

De functie $y = \frac{x^2}{4f}$ beschrijft de parabool op een wijze die hier handig is, f is de brandpuntsafstand. Zie fig. 1. Merk op: als $x = 2f$ dan $y = f$. Dit is gemakkelijk bij het tekenen! Zie fig. 2.

De lengte van de spiegel tussen P en Q is:

$$\int_{-2f}^{+2f} \sqrt{1 + y'^2} dx = f \left(2\sqrt{2} + \ln\left(\frac{\sqrt{2} + 1}{\sqrt{2} - 1}\right) \right) = 4,6 \times f.$$

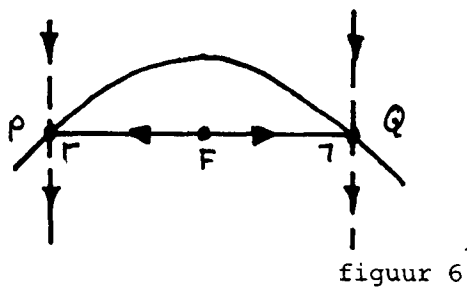
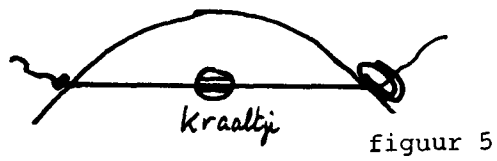
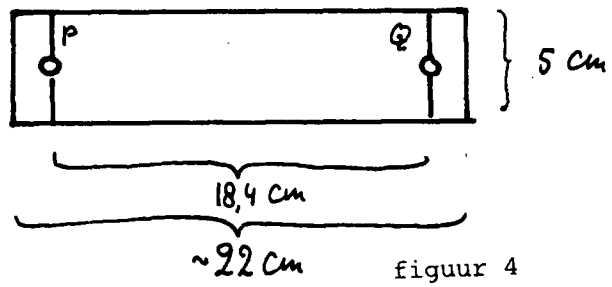
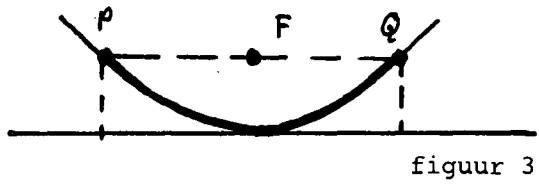
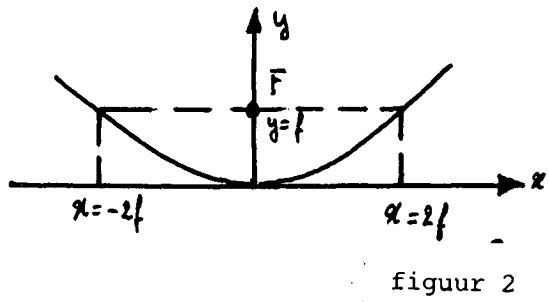
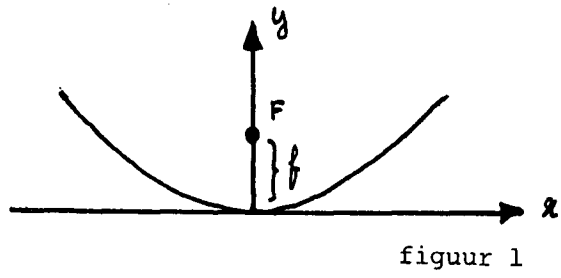
Dus als je een spiegel maakt met hoogte PQ = 18,4 cm, dan geldt $f = 4,0$ cm. Zie fig. 3.

Ik maakte voor een praktikum een aantal strips zoals in fig. 4 getekend. In P en Q zijn met een gaatjestang gaatjes gedrukt. De lijntjes door P en Q zijn ril-lijntjes.

1. Trek een koordje door de gaatjes, zoals in fig. 5 getekend. De spiegel buigt daardoor vanzelf verbazend mooi in een parabolische vorm. Buig het plaatje zover totdat het spiegelbeeld van het koordje vlakbij de spiegel loodrecht op het touwtje staat. Zie fig. 6. Zet het touwtje dan vast met een paperclip achter de spiegel. Controleer even of de lengte van het koordje tussen P en Q 16 cm is. Merk op dat het koordje dan door het brandpunt gaat. Immers: stralen uit het brandpunt gaan // aan de hoofdas na spiegeling (en omgekeerd). Merk op dat de raaklijnen in P en Q aan de spiegel \perp op elkaar staan en dat ze elkaar snijden achter de spiegel op een afstand f van de spiegel, dus op de zgn. richtlijn van de parabool.

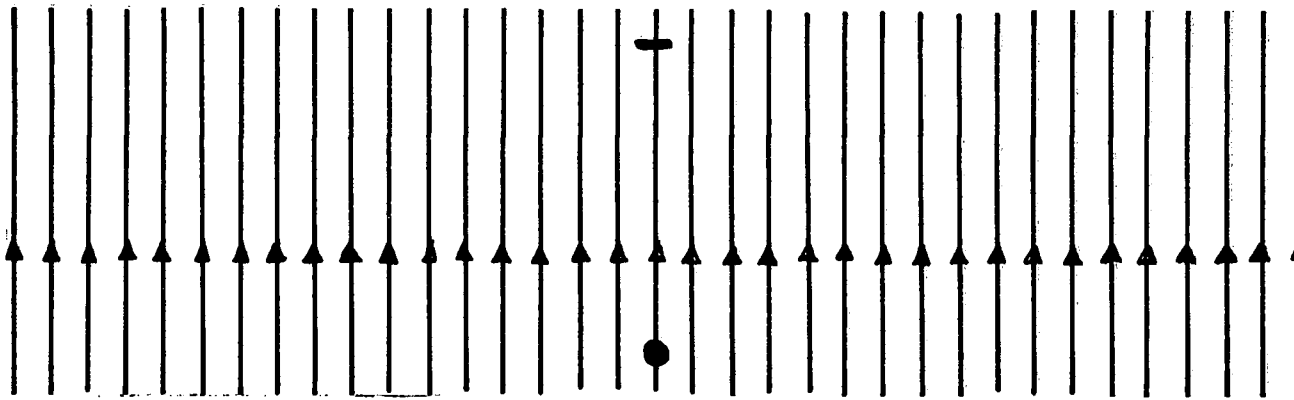
Merk de volgende verrassende eigenschap op: als de parabolische spiegel 'groot genoeg' is, gaat een evenwijdig aan de hoofdas invallende bundel na spiegeling als evenwijdige bundel terug!
Elke straal spiegelt dan nl. $2x$!

2. Schuif het kraaltje naar het midden van het koordje. Het kraaltje bevindt zich dan in het brandpunt. Bekijk het spiegelbeeld van het kraaltje.
3. Leg een maatlat langs de hoofdas. Bestudeer het spiegelbeeld van deze maatlat.

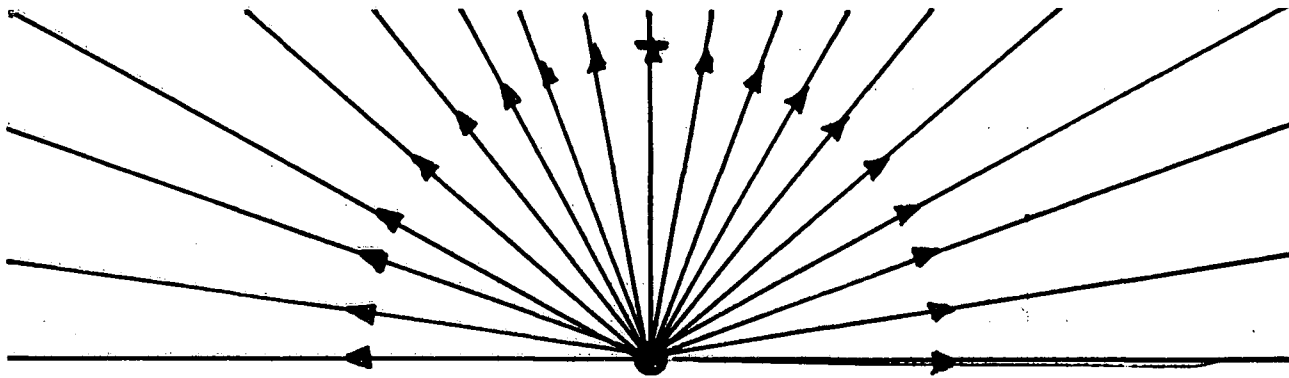


(lengte 16 cm = 4.f)

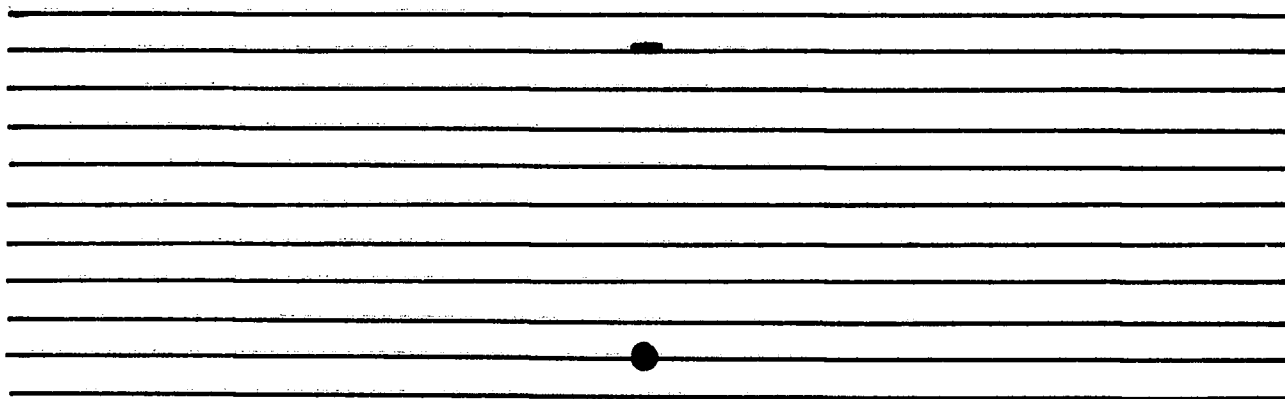
Plaat A



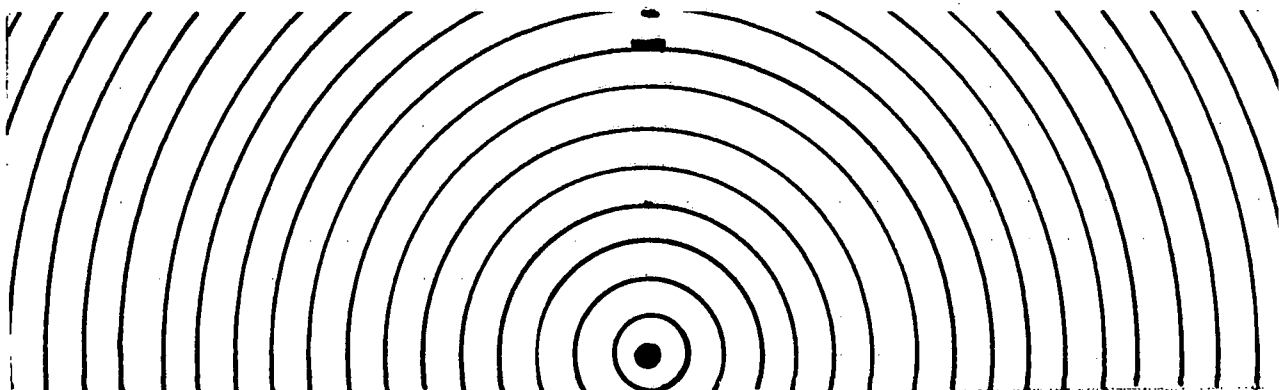
Plaat B



Plaat C



Plaat D



Gebruik bij de volgende proefjes het werkblad met de platen A,B,C en D.

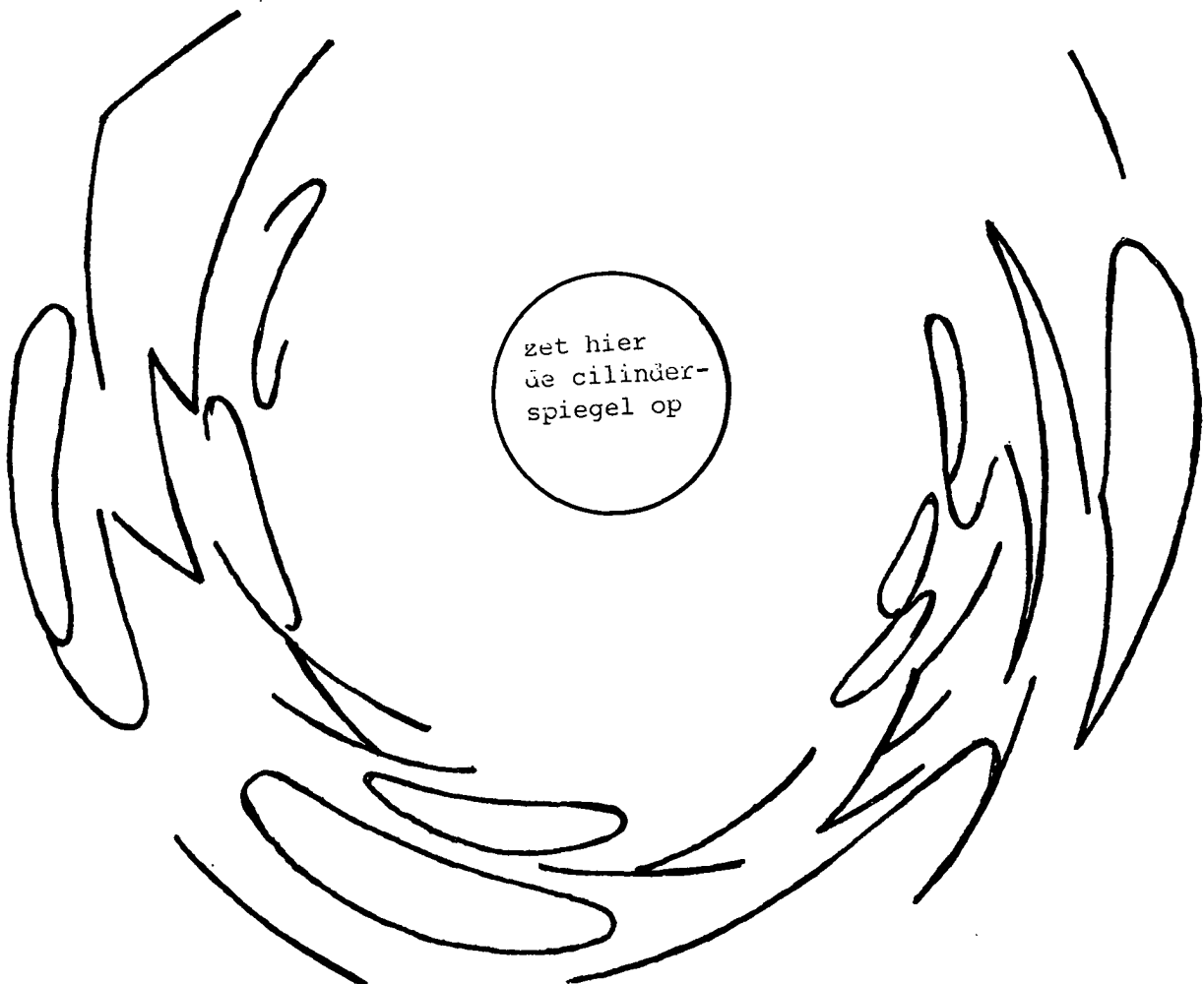
- ! Kijk steeds naar de spiegelbeelden van de stukjes van de lijntjes vlakbij de spiegel.
- ! De spiegel moet steeds zo op de platen gezet worden dat het brandpuntskraaltje precies boven de dikke stip is.

4. Zet de spiegel op plaat A, de bundel evenwijdige stralen. De stralen kaatsen terug, als kwamen ze langs het spiegelbeeld van de straal. Hoe zijn deze spiegelstralen gericht?
5. Zet de spiegel op plaat B, de bundel stralen uit één punt, hier is dat het brandpunt. Hoe zijn de spiegelstralen gericht?
6. Zet de spiegel op plaat C, de vlakke golffronten. Welke vorm hebben de spiegelbeelden van deze vlakke golffronten?
7. Zet de spiegel op plaat D, de cirkelvormige golffronten. Welke vorm hebben de spiegelbeelden van deze golffronten?
8. Hoe moet je de spiegel op plaat B zetten om te zien dat een voorwerp binnen brandpuntsafstand een virtueel beeld heeft?

Los van het bovenstaande liet ik een ander gouden kartonnetje in een convexe cilindervorm buigen en plaatsen op de cirkel in fig. 7.

Er staat:

19
WOUW -
SCHOTEN
86



DE ZOÖTROOP.

De zoötroop: een toestel dat bij draaiing levende beelden laat ontstaan. Het eerste voorbeeld ervan zag ik in een PLON-thema. In een speelgoedmuseum kan men deze apparaten nog aantreffen. Voor demonstratiedoeleinden is op onze school een groot, stevig model gemaakt (zie fig. 1). De grote ronde trommel heeft een houten bodem en een ijzeren wand. Deze wand is 12 cm hoog en is van binnen en van buiten zwart geverfd. In de bovenrand van van deze mantel zijn sleuven met een grootte van 0,50 x 4,0 cm aangebracht (door boren en geduldig vijlen). De middens van de sleuven hebben een afstand van 4,0 cm. Er zijn 48 sleuven genomen. Dat leek me voor diverse tekeningen handig. De omtrek L van de bak is $48 \times 4,0 = 192,0$ cm. De bovenrand van de trommel is de sleuvenband. De onderrand is de filmband: daar wordt aan de binnenzijde een papierstrook gelegd waarop een aantal plaatjes staat. De papierstrook noem ik de film. De trommel is op een mooi gelagerde as gemonteerd. Het geheel staat op een flinke grondplaat. Daardoor is een stabiele, soepele draaiing verkregen. Hulde aan de amanuensis (als ik aan het kartonnen model denk dat ik aan m'n schrijftafel maakte ...).

Men brengt de trommel met de hand in draaiing. Het motortje dat op de grondplaat gemonteerd is, gebruik ik in de praktijk nauwelijks. De trommel is zo groot gekozen omdat:

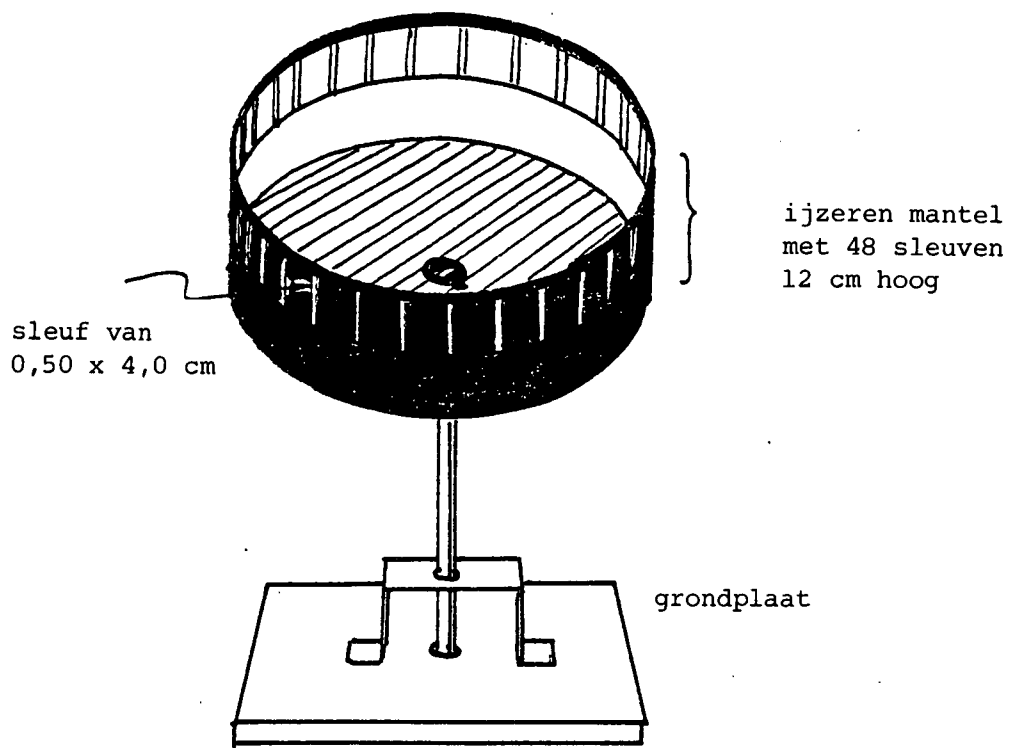
1. de traagheid van het systeem zorgt voor een constante draaiing;
2. de tijd waarin het filmpje zich herhaalt dan niet al te kort is;
3. een flink aantal mensen tegelijk naar binnen kan kijken (zeker 15 mensen).

Het oog heeft een positief nabeeld dat, afhankelijk van de verlichtingssterkte tussen de 0,02 en 0,05 sec. aanhoudt. Een snelle opeenvolging van beelden die weinig verschillen van de voorgaande of de opvolgende ziet men daardoor als een continue beweging. Ik beveel U het, zeker voor natuurkundigen, prachtige artikel aan: V.S. Ramachandran "The perception of apparant motion" Scientific American 254 (June 1986), 80 - 87.

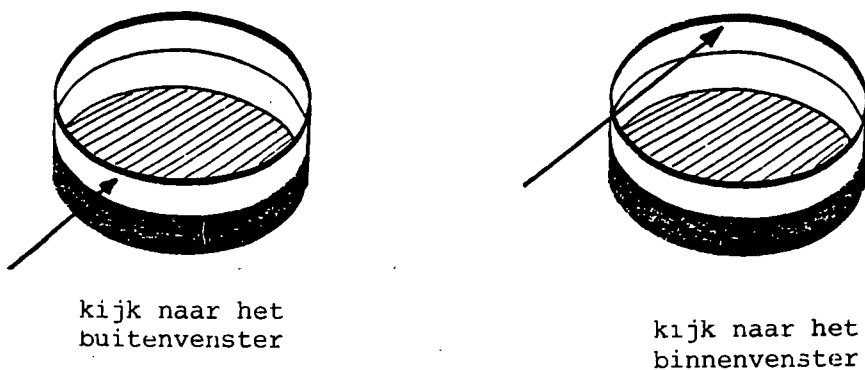
De omlooptijd van de trommel moet op z'n kortst ongeveer 1 sec. zijn, maar vaak is het rustiger om een tragere omloop te nemen.

De afstand tussen de sleuven noem ik λ ($\lambda = 4,0$ cm); de tijd die verloopt tussen de opeenvolging van de sleuven noem ik τ ($\tau \approx 0,02$ sec.).

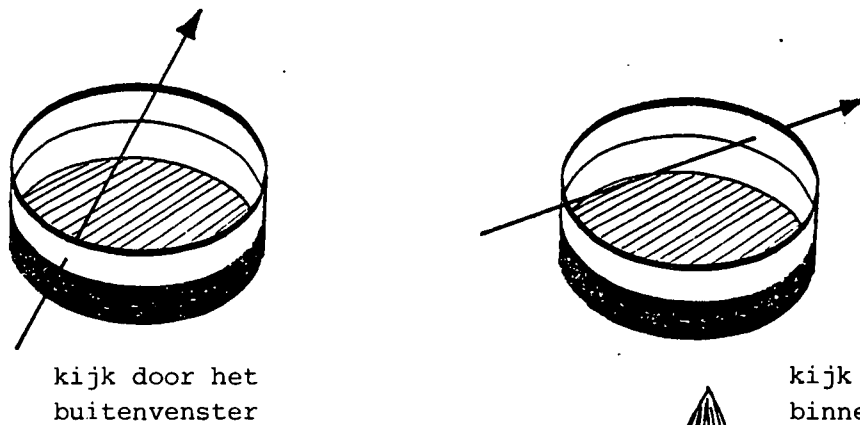
1. Kijk van enige afstand naar de sleuvenband (van de draaiende trommel) Naar de buitenkant of naar de binnenkant (zie fig. 2). De band met sleuven vormt een soort lichtvenster: de sleuven zijn niet meer afzonderlijk te zien. Omdat de wand dofzwart is geschilderd, is het een lichtvenster. In het vervolg spreek ik over het lichtvenster waar doorheen gekeken wordt. Er is een buitenvenster en een binnenvenster.
2. Kijk door het lichtvenster naar de stilstaande achtergrond van de kamer. Het bijzondere is dat er niets bijzonders te zien is. Het is alsof je inderdaad door een venster kijkt (zie fig. 3).
3. Breng de trommel in draaiing en kijk door het lichtvenster naar de staande golfbeweging van een snaar (zie fig. 4). Laat de trommel uitdraaien (dus een steeds grotere omlooptijd krijgen) en blijf kijken. Er verandert dan van alles aan het beeld (een collega zei 'Hé, ik zie boventonen'. Oei!) Merk het verschil op tussen het beeld dat je ziet door het voorvenster en het achtervenster. De verklaring laat ik vanwege ruimtegebrek hier weg.
4. Kijk door het venster naar de TV. Merk het verschil op tussen het beeld gezien door het voorvenster en het achtervenster. Alleen al vanwege het verschil in bewegingsrichting van de sleuven! Het is een onderzoek waard (Ik vond het verklaren aanvankelijk wel lastig).



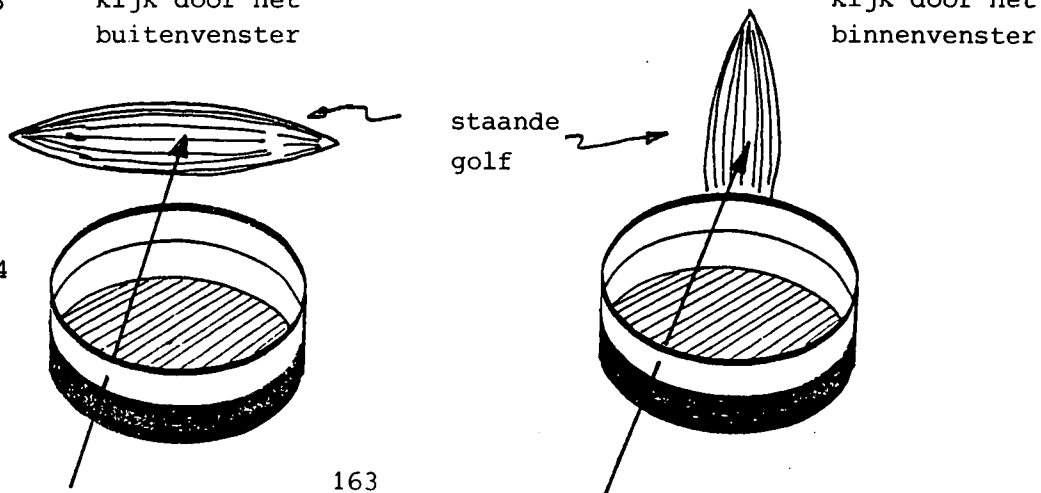
figuur 1

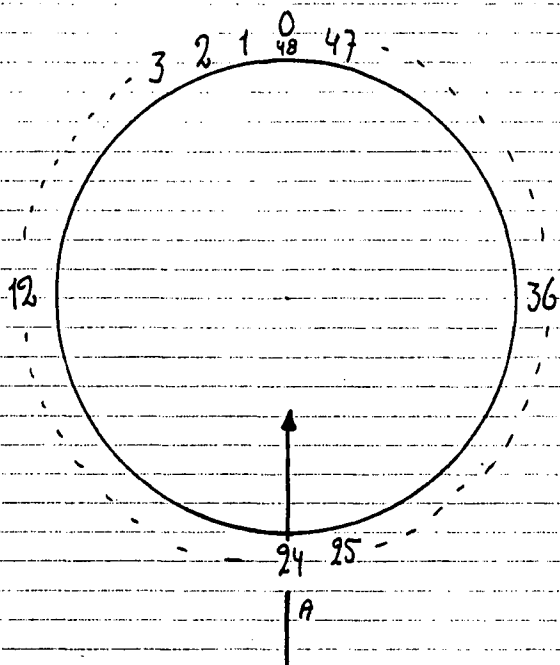


figuur 2



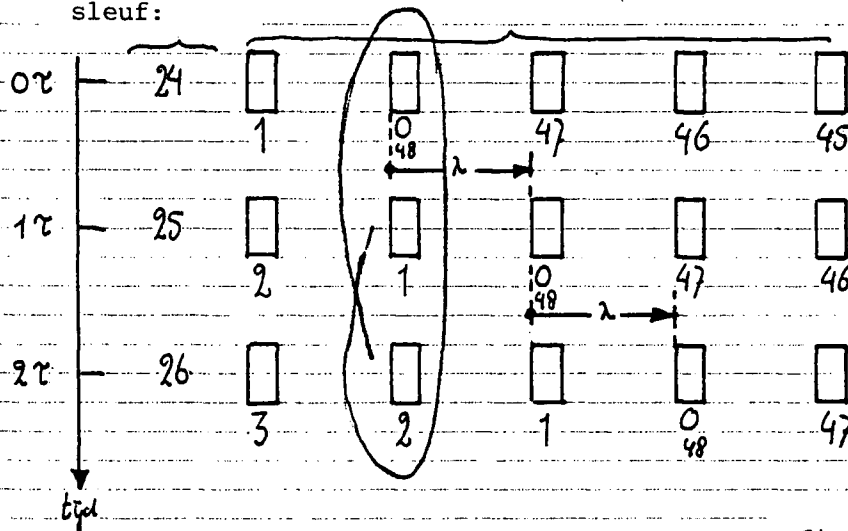
figuur 3



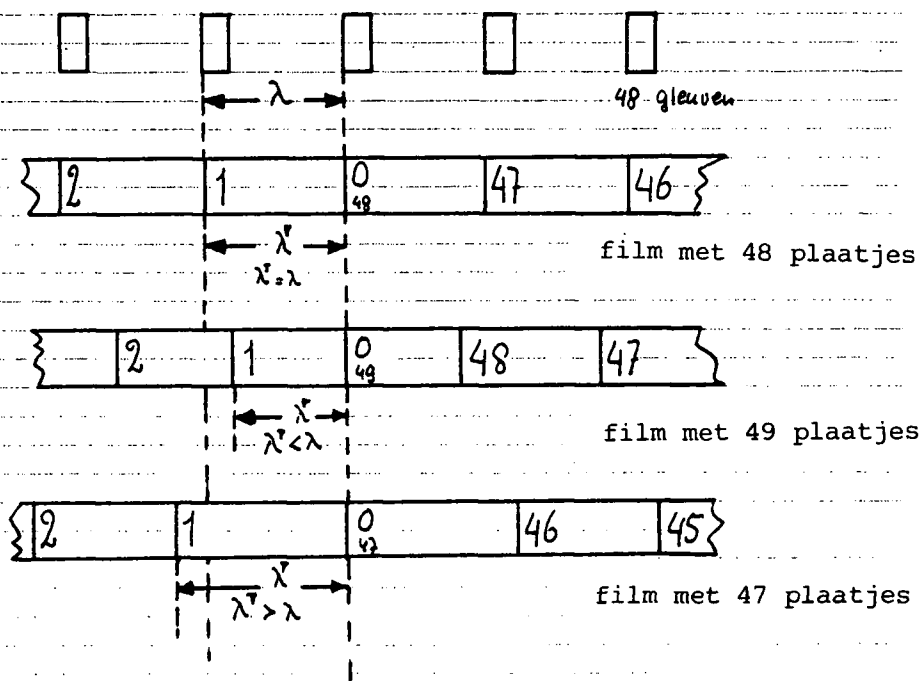


waarnemer A
kijkt door
sleuf:

waarnemer A
ziet binnenin:



figuur 5



figuur 6

5. Kijk van heel dichtbij door het voorvenster naar het scherm waarop de golven van de waterbak geprojecteerd zijn. Aanbevolen.
6. Kijk nu door het buitenvenster naar het binnenvenster.
De afstand van het gezicht tot de bak mag variëren van 1 mm (pas op voor het puntje van de neus) tot enkele meters.
De sleuven zijn nu weer te zien: ze lijken stil te staan (zie fig. 5).
Op tijd $t = 0,2$ kijkt waarnemer A bijv. door sleuf 24. Hij ziet dan de overkant. Even later wordt hem het zicht voor enige tijd benomen door de wand tussen de sleuven 24 en 25.
Op tijdstip $t = 1,2$ kan hij weer naar binnen kijken, naar de overkant, nu door sleuf 25.
Maar alles is over een afstand λ opgeschoven. In de plaats van 0 is 1 gekomen enz. Omdat alle sleuven hetzelfde zijn, meent waarnemer A dat de sleuven stilstaan.
Ga na - eerst in gedachten dan in praktijk - hoe de schijnbaar stilstaande sleuven verplaatsen als waarnemer A zich bijv. van links naar rechts verplaatst, terwijl de trommel draait.

Nu leggen we achtereenvolgens allerlei films in de trommel en kijken steeds door het buitenvenster naar de film.

De films zijn papierstroken met een lengte zo groot als de binnenomtrek L van de ijzeren wand van de trommel.

De wand bevat 48 sleuven, dus $L = 48 \cdot \lambda$.

Zo nodig houdt een magneetje de film op zijn plaats. De breedte van de plaatjes van de film noem ik λ' , het aantal plaatjes van de film K , dus:

$$K \lambda' = L$$

als $K = 48$ dan $\lambda' = \lambda$; $\Delta\lambda = \lambda - \lambda' = 0$
als $K > 48$ dan $\lambda' < \lambda$; $\Delta\lambda = \lambda - \lambda' > 0$
als $K < 48$ dan $\lambda' > \lambda$; $\Delta\lambda = \lambda - \lambda' < 0$

Zie fig. 6.

Het maken van de films is minder tijdrovend dan je zou denken. Ik maakte op een 5 mm ruitjesblad een aantal basisstroken met een lengte van 5 plaatjes. Op bijv. de Rank Xerox kun je de verkleiningsfaktor heel nauwkeurig instellen. Bijv. de 5×5 cm = 25 cm moet worden $5\lambda'$ voor een film met 49 plaatjes: $49 \lambda' = 48 \times 4$ dus $5\lambda' = 19,6$ cm; de verkleiningsfaktor is dus $\frac{19,6}{25,0} = 0,784$.

De aldus verkregen afdrukken uitsnijden en aan elkaar plakken tot een film van 49 plaatjes ontstaat. Het ruitjespatroon is zeer behulpzaam bij het intekenen of bij het opplakken van allerlei soorten plaatjes.

Wat de K -waarde van een film die men inlegt ook is, de sleuven aan de overkant, waargenomen door het buitenvenster, staan steeds stil.

Kan men op een bepaald moment in de trommel kijken, dan kan dat pas weer nadat de trommel over een afstand λ verder is gedraaid (dus niet na λ' als $\lambda' \neq \lambda$).

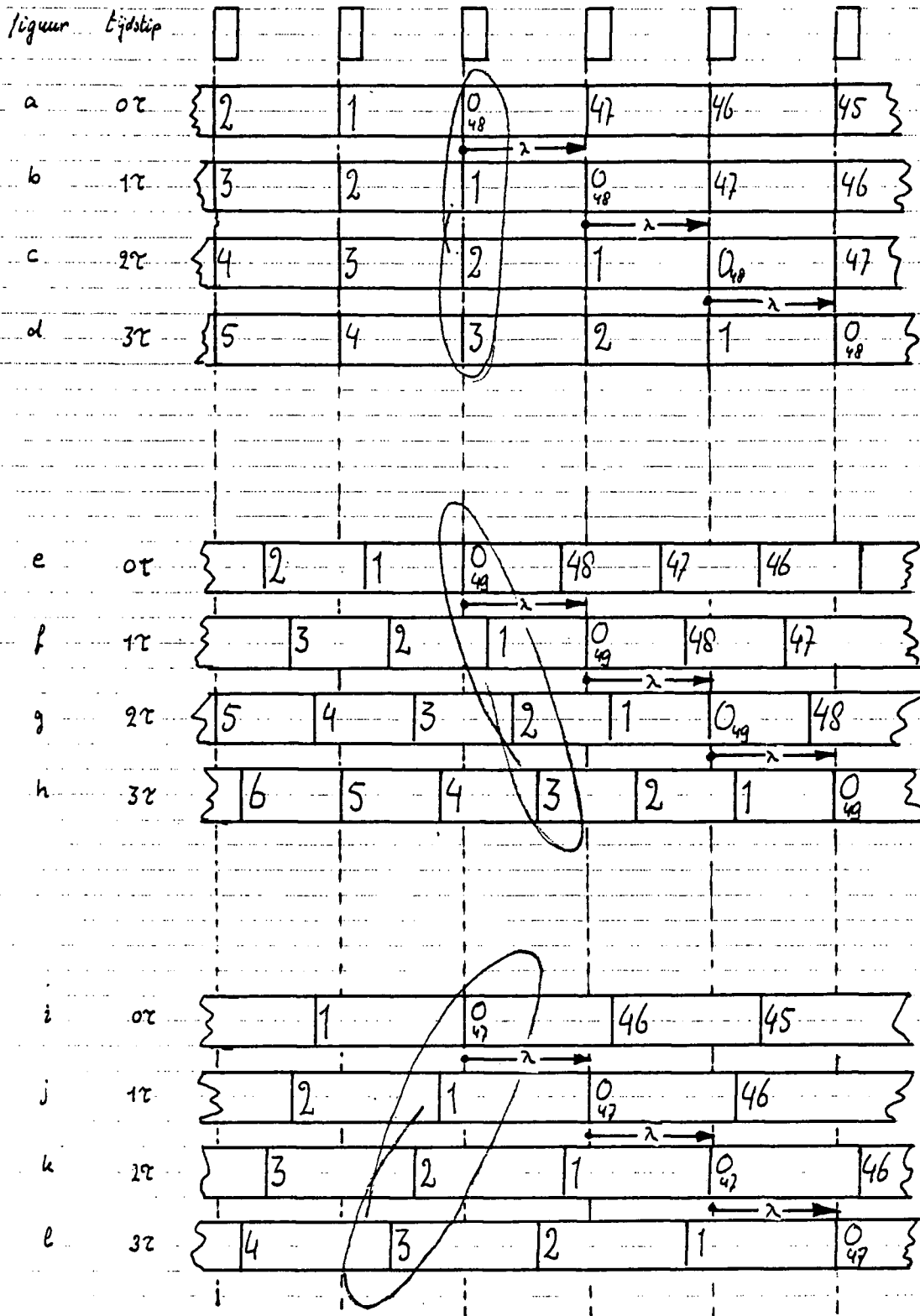
De positie van de film in de trommel, dus de plaats van het midden van een plaatje t.o.v. een sleuf is onbelangrijk.

We behandelen nu films met niet en wel veranderende plaatjes en films met niet of wel verschuivende plaatjes.

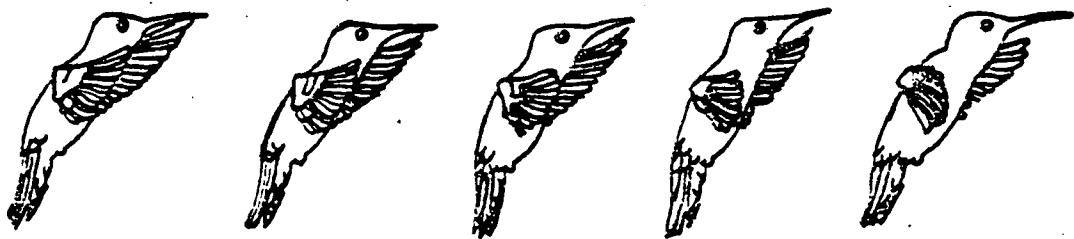
7. Niet veranderende, niet verplaatsende beelden.

Leg een film met 48 plaatjes in de trommel. Zie fig. 7a - 7d. Fig. a geeft een mogelijke beginpositie weer. Na $1,2$ is de stand van fig. b ontstaan. Enz.

Omdat alle plaatjes hetzelfde zijn, ziet men een niet veranderend beeld. Omdat er 48 plaatjes zijn verplaatsen de niet veranderende beelden ook niet (In deel 12 onderwerpen we de beelden aan een nauwkeuriger onderzoek).



figuur 7



figuur 8

8. Wel veranderende, niet verplaatsende beelden.

Nu nemen we films met 48 ongelijke plaatjes in de trommel. Weer is fig. 7a - 7d van toepassing. De omkringelde serie 0,1,2,3,... vormt nu een bewegende film, maar hij blijft op zijn plaats.

8.1. Eerste voorbeeld: een serie van 48 cirkels.

Men tekent 24 cirkels vanaf puntgrootte tot een maximum en daarna 24 cirkels die weer afnemen in grootte. Dit alles in een harmonische reeks:

$$r_n = r_{\max} \sin^2 \left(2\pi \cdot \frac{n}{96} \right)$$

Vul de cirkelschijven op. De film die men op één plaats ziet is dan een harmonisch aanzwellende en slinkende schijf.

Links van de film 0,1,2,3 speelt de film 1,2,3,4 zich af. Dat is dezelfde film, alleen in een verdere fase.

Rechts van de film 0,1,2,3 speelt de film 47,0,1,2,3. Weer dezelfde maar in een eerdere fase. Alles bijeen zijn er K films te zien! Dus 48 stuks hier. Alle in een iets andere fase. Het geheel van harmonische cirkels vormt aldus een lopende golf.

De richting van de golf hangt af van de draairichting van de trommel.

8.2. Tweede voorbeeld: de 'stilstaande' colibri.

Mijn collega tekenen maakte een heel mooie film. Uit een vogelboek haalde ik een serie van 14 opnames van een op zijn plaats vliegende colibri. De tekenaar interpoleerde er 10 stuks bij, een hele klus! De hele serie plakten we twee keer op. Het geheel leverde een heel fraaie mogelijkheid tot studie van de vleugelbeweging. Een afdruk wordt op aanvraag toegezonden. Voor een paar plaatjes uit de reeks zie fig. 8.

8.3. Derde voorbeeld: de ontploffende zeepbel.

Teken een serie van 48 cirkels die alleen maar in grootte toenemen. Plaatje 47 sluit nu niet meer vloeiend aan op plaatje 0.

8.4. Vierde voorbeeld: de niesende man.

In het artikel 'The perception of apparant motion' staan 40 opeenvolgende plaatjes van een niezende man. Als men een achttal plaatjes dubbel neemt, krijgt men een grappige film.

Het wordt een gek geheel als men de trommel de andere kant uitdraait ...

9. Niet veranderende, wel verplaatsende beelden.

9.1. Neem nu een film met bijv. K = 49.

In fig. 7e - 7h staat getekend hoe plaatje 1 plaatje 0 opvolgt: iets verschoven in de draairichting van de trommel. Men ziet de omkringelde serie 0,1,2,3,... als een serie niet vervormende, langzaam t.o.v. de 'stilstaande' achterwand verschuivende plaatjes.

De snelheid v' hiervan is

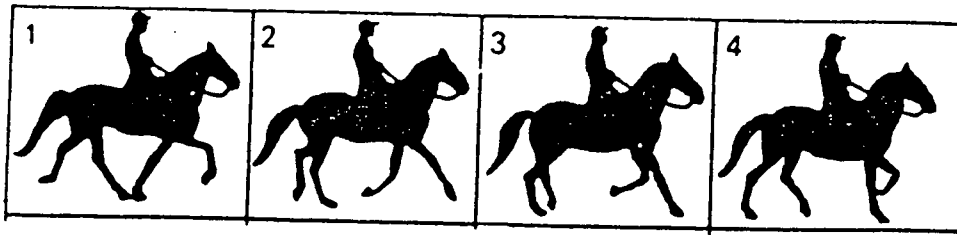
$$v' = \frac{\lambda - \lambda'}{\tau} = \frac{1}{\tau} \left(\lambda - \frac{48}{k} \lambda \right) = \frac{\lambda}{\tau} \left(\frac{k-48}{k} \right) = v \left(\frac{k-48}{k} \right)$$

waarin v de omloopsnelheid van de trommel is.

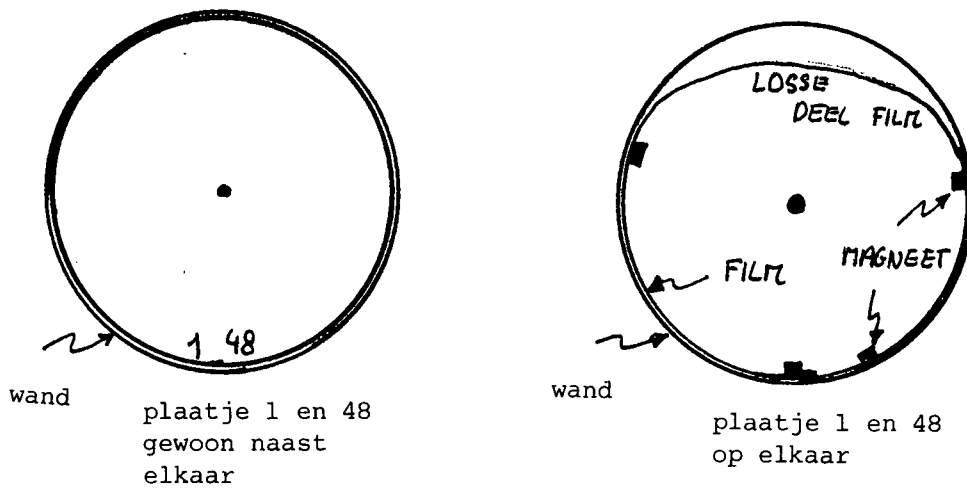
K	v'
49	0,02 v
50	0,04 v
51	0,06 v
52	0,08 v

Merk op dat $v'_{50} = 2 \times v'_{49}$.

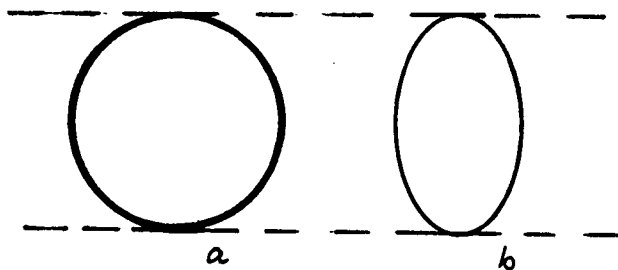
Wanneer men de trommel de andere kant uitdraait dan gaan de plaatjes ook de andere kant uit. Als K = 49 dan zijn er 49 films te zien. Dat is leuk om over na te denken.



figuur 9



figuur 10



figuur 11

- 9.2. Neem een film met bijv. $K = 47$. Nu is fig. 7i - 7l van toepassing. De plaatjes lopen nu terug, d.w.z. de andere kant uit dan de trommelwand. Dat is een vreemd gezicht: men kijkt eerst naar de stilstaande trommel, deze komt op gang en zie: heel even gaan de plaatjes mee, maar al snel gaan ze terug! Het voordeel van $K < 48$ boven $K > 48$ is dat men minder plaatjes hoeft te tekenen, dat de plaatjes groter zijn.

10. Wel veranderende, wel verplaatste beelden.

Neem nu een film met $K \neq 48$ en veranderende plaatjes. Weer is fig. 7l - 7k of fig. 7i - 7l van toepassing. Omdat $\lambda' \neq \lambda$ verplaatst de scène zich en omdat de plaatjes ongelijk zijn, verandert de scène. Bijv. de draf van een paard. Uit een biologieboek haalde ik een serie van 36 plaatjes. Een paar dubbel en klaar! Zie het strookje van fig. 9. Het is wel afwachten of de voorwaartse gang een beetje klopt met de beweegsnelheid van de voeten. Sneller of langzamer draaien van de trommel brengt geen verandering in de verhouding van de snelheden! Wanneer de volgorde van opplakken verkeerd is, kan het paard achterwaarts dravend vooruit gaan.

Men moet waarde van K niet teveel verschillend maken van 48 (net zo min als dat de plaatjes onderling te verschillend mogen zijn), want de verspringende beelden worden alleen als een continue reeks geïnterpreteerd als ze niet te gek verspringen.

De verplaatsing en de vervorming moeten wel op elkaar afgestemd zijn! Stel dat men bijv. een draaiend, vooruitgaand, maar niet slippend wiel wil tonen in een film met $K = 46$.

Elke τ sec verplaatst het wiel over een afstand $\Delta u = \Delta \lambda = \lambda - \lambda' = \lambda - \frac{48}{46} \cdot \lambda = -\frac{1}{23} \lambda = -\frac{4}{23} \tau = -0,174 \text{ cm}$

In die tijd moet het wiel dan over een hoek van $\Delta \alpha$ draaien, zodanig dat $\Delta u = r \Delta \alpha$; waarin r de straal van het wiel is.

Maar om een periodiek verschijnsel te krijgen moet het wiel na 46 plaatjes weer dezelfde stand innemen, dus $\Delta \alpha = 2\pi/46$ rad maar dan ligt de straal r vast:

$$r = \Delta u / \Delta \alpha = 0,174 \cdot 46 / 2\pi = 1,27 \text{ cm}$$

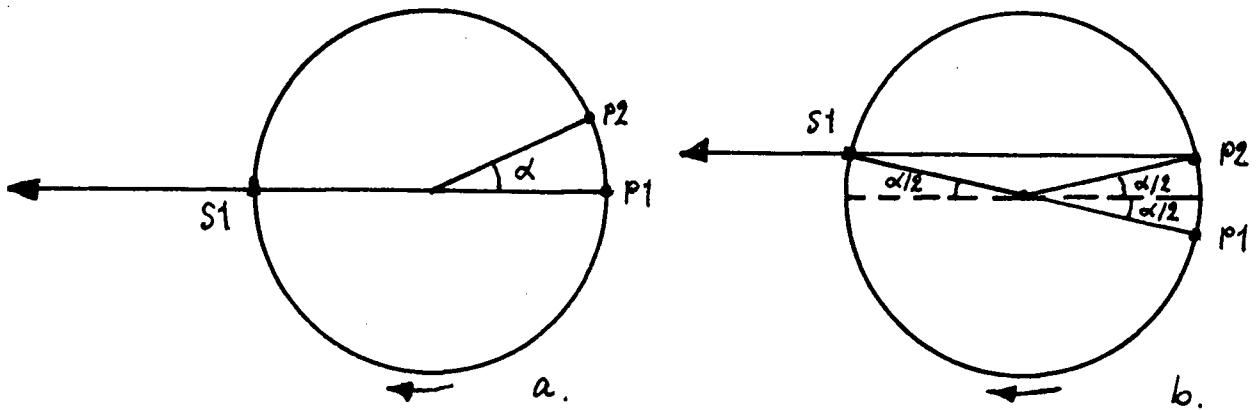
Het wiel mag in 46 plaatjes natuurlijk ook n x draaien, met n is een geheel getal. Maar dan wordt r wel erg klein.

Of als men meerdere spaken tekent..?

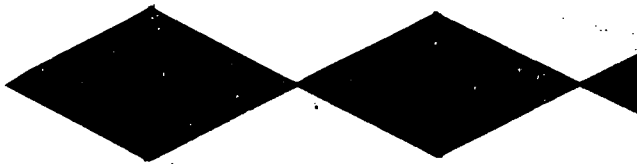
Maar men moet niet spaken plaatsen met hoekafstand $2\pi/46$ rad, immers dan verschuift het wiel zonder te draaien.

Ik maakte een film met $K = 46$ en $r = 1,27$ met vier spaken. Tot mijn verbazing draaide het wiel naar mijn gevoel vlugger dan hoorde bij de horizontale verplaatsing die ik zag. Evenwel bedroog mijn gevoel me. Later lette ik beter op een echte fietser met een reflector op de spaken. Het draait onverwacht snel. Wij zijn niet gewend op de draaisnelheid van wielen te letten! Doe het maar eens.

11. Het is interessant om van een film van 48 plaatjes er maar 47 te benutten (zie fig. 10). Leg de film eerst gewoon in de trommel en zie: de beelden blijven op hun plaats. Leg nu plaatje 48 op plaatje 1, gebruik een magneetje. Zorg er nu voor dat de film verder zo ver mogelijk op zijn plaats tegen de wand blijft, weer met magneetje. Omdat de papierstrook nu te kort is, komt een deel los van de wand. De plaatjes van het deel van de film dat tegen de wand ligt, blijven op hun plaats. Maar zo gauw het losse deel aan het oog voorbij trekt verschuift de film even vlug $i\lambda'$.



figuur 13



figuur 12

12. Versmalling van de plaatjes.
 Bekijk een film met 48 cirkels. Wanneer men met het oog vlak bij de wand kijkt, ziet men (stilstaande) cirkels. Maar naarmate men verder van de trommel af gaat staan, vervormen de cirkels verder tot ellipsen : de hoogte blijft dezelfde, de breedte wordt smaller. Zie fig. 11. Het blijkt dat de versmalling maximaal een halvering inhoudt. Alleen deze maximale vervorming leg ik hier uit. Deze treedt op als men 'oneindig' ver van de trommel staat. In de praktijk is enkele meters voldoende. Zie fig. 12. Stel op enig moment kijkt men door S1 en ziet punt P1. Hoe ver moet de trommel nu draaien om door S1 punt P2 te zien? P2 ligt op een hoekafstand α van P1. Wel, als S1 over een hoek $\alpha/2$ verder gedraaid is dan is P2 reeds in het vizier. Men ziet P2 dus slechts $\alpha/2$ af van de plaats waar men P1 zag. Men kan halvering van de plaatjes-breedte heel goed zien door een film met 48 zwarte ruiten te maken. Zie fig. 13. De ruiten zijn twee maal zo breed als hoog. Als men nu deze film van heel ver bekijkt, (ik deed dat van 15 m afstand m.b.v. een telescoop) ziet men rechte hoeken.

Maarten van Woerkom
 Tjihofsiaan 36
 7602 HH Almelo

Electronica in de bovenbouw

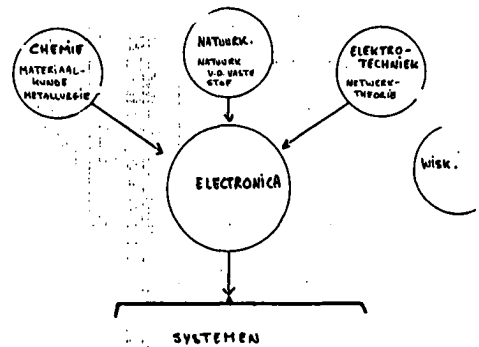
J.G.S. Reintjes

In de werkgroep werd naar voren gebracht op welke manier electronica zinvol een plaats zou kunnen vinden in het bovenbouw-programma, dit vooral in samenhang met WEN-voorstel voor het VWO-examen.

Ruimte binnen het natuurkundeprogramma voor technische onderwerpen (zoals electronica) valt te rechtvaardigen: starten vanuit een context, betere motivatie, beter begrip voor de theorie, maatschappelijke relevantie en behoefte bij vervolgopleidingen.

Na deze inleidende discussie werd uiteen gezet, hoe de plaats van de electronica is tussen de wetenschappen die zij gebruikt en de systemen die zij produceert.

Men kan binnen de electronica drie niveau's van werken onderscheiden:



<u>KOMPONENTEN</u>	{ PASSIEF: WEERSTANDEN, KONDENSATOREN, SPOELN, KRISTALLEN, ... DIODEN, ... AKTIEF: TRANSISTOREN, FET'S, ...	
<u>FUNKTIES</u>	- GELGKRICHTER - OSCILLATOR - MODULATOR / DEMODULATOR - (AKTIEF) FILTER - VERSTERKER, OPAMP, - CONVERTER ...	- LOGISCHE BESLISSINGSCHAKELING (EN, OF, NIET) - MULTIVIBRATOREN = BISTABIEL ASTABIEL MONOSTABIEL - COUNTERS (DELERS) - MICROPROCESSOR - SCHUIFREGISTERS - GEHEUGENS - SCHMITT-TRIGGERS
<u>SYSTEMEN</u>	- TV-ONTVANGER - DB-METER - AUDIOVERSTERKER - OSCILLOSCOOP	- DIGITALE VOLTMETER - DIGITALE KLOKKEN - DIGITALE FREQUENTIGMETER - COMPUTERS
OMZETTERS (TRANSDUCERS) A-D EN D-A KONVERSIE		

Op de niveau's van functies en systemen moet een onderscheid gemaakt worden tussen analoge en digitale technieken. Bij toepassing in de natuurkunde zal op het niveau van systemen de A-D en D-A conversie een belangrijke rol spelen.

Binnen de electronica kun je op elk niveau werken in termen van in- en uitvoer.

De twee visies.

Electronica in het natuurkundeprogramma kun je vanuit twee gezichtspunten opbouwen.

1. Vanuit de natuurkunde van de vaste stof.

Dat is de meer traditionele manier van introduceren. Je begint dan met de bouw van vaste stoffen, geleiding in vaste stoffen, halfgeleiders, electronen- en gatengeleiding, PN-materialen, etc.....

Het nadeel van deze aanpak is dat je erg concentreert op de fysische werking van afzonderlijke componenten zoals transistoren, LDR, NTC,.....

Het voordeel van deze aanpak is de directe aansluiting bij de natuurkundeleerstof.

2. Vanuit systemen

In dit geval sla je het 'componentenstadium' over, en je beschrijft de werking van systemen.

Een complexe elektronische schakeling kan opgevat worden als een samenwerkend geheel van systemen. Hoe zo'n deelsysteem werkt is irrelevant. Je praat dan in termen van 'transfer'.

Het voordeel van deze aanpak is dat je vanuit een beperkt aantal bouwstenen toch inzicht kunt verschaffen in complexe elektronische schakelingen.

Verder leren de leerlingen in termen van 'black boxes' te denken. Dat is een belangrijk aspect in een tijdperk waarin je niet meer alles over elk ding kunt weten.

Nadeel van de systeemaanpak is dat er al gauw een soort waas van geheimzinnigheid over hangt.

De WEN blijft in haar voorstel steken bij de natuurkunde van de vaste stof. Wat is wenselijk bij het aanbieden van electronica in de bovenbouw:

DOELSTELLING

- 1 - EEN GLOBALE INDRUK VERSCHAFFEN VAN DE MODERNE ELECTRONICA
- 2 - GLOBALE MODELLEN VERSCHAFFEN WAARMEE DE WERKING VAN SYSTEMEN EN APPARATUUR BEGREPEN KAN WORDEN (GEBRUIKSELECTRONICA EN INSTRUMENTATIE)

RAND VOORWAARDEN

- BEPERKTE LESTIJD (MAX 20 u?)
- BEPERKTE VOORKENNIS (WISSELSTROOM)
- AANGEBRACHT MATERIAAL MOET "NUTTIGE" INFORMATIE OPLEVEREN, GEEN BAGAGE
- MOET AANSLUITEN OP DE LEEFWERELD
- MOET EXPERIMENTEEL TOEGANKELIJK ZIJN (PRACTICUM - PROJECTWERK)

Welke grondslagen moeten gekend worden?

GRONDSLAGEN

- * COVALENTE BINDING
- * GATEN EN (VRIJE) ELEKTRONEN
- * INTRINSIEKE HALFGELEIDING
- * P- EN N- MATERIALEN
- * DE P-N-OVERGANG

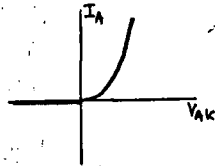
Welke kennis op het niveau van componenten?

KOMPONENTEN

- "BIJZONDERE" WEERSTANDEN: LDR en NTC
ALLEEN DE TEMP. (VERLICHT)-AFHANKELIJKHEID

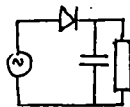
- HALFGELEIDER DIODE

- * SUMMIERE (KWALITATIEVE) BESCHRIJVING V.D. WERKING
- * KARAKTERISTIEK



* BIJZONDERE DIODE: LED (geen berekeningen bandafstand e.d.)

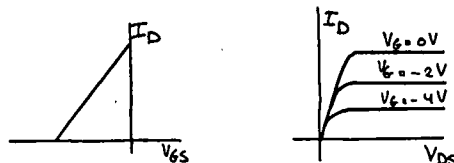
* SCHAKELING: ENKELFASIGE GELJKRICHTING



- DE FET (VELEFFEKTTRANSISTOR)

* SUMMIERE (KWANTITATIEVE) BESCHRIJVING V.D. WERKING

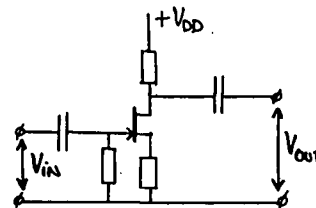
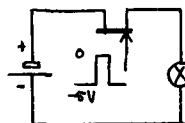
* DE KARAKTERISTIEKEN



* SCHAKELINGEN

DE FET ALS SCHAKELAAR

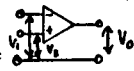
DE FET ALS VERSTERKER



Benadrukt wordt het leerlingvriendelijke karakter van de FET, zowel t.a.v. de verklaring van de werking als t.a.v. de eenvoud van de karakteristieken. Bij het behandelen van functies zal vanwege de tijd een keuze gedaan moeten worden: analoog of digitaal.

ANALOOG

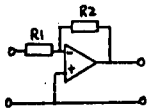
* DE OPAMP



$V_o = A \cdot \Delta V$

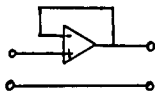
- BASISREGELS:
- 1) V_o probeert ΔV nul te maken
 - 2) Er lopen geen uitgangstromen

* BASISCHAKELINGEN MET OPAMPS



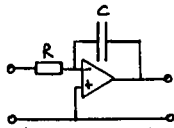
$V_o = -\frac{R_2}{R_1} V_i$

VERSTERKER



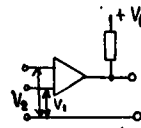
$V_o = V_i$

IMPEDANTIE TRANSFORMATOR



$V_o = -\frac{1}{RC} \int V_{in} dt$

INTEGRATOR



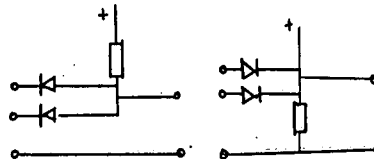
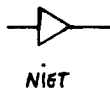
$V_o = 0$ als $V_1 < V_2$
 $V_o = V_B$ als $V_2 > V_1$

COMPARATOR

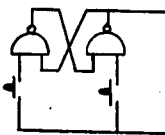
Van hieruit kan overgestapt worden naar systemen als: Versterkers of zaagtandgenerator.

DIGITAAL

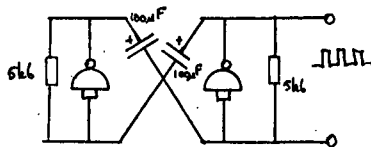
- LOGISCHE BESLIJSSINGSSCHAKELINGEN



- SEQUENTIELE LOGICA ('FLIPFLOPS')



BISTABIEL

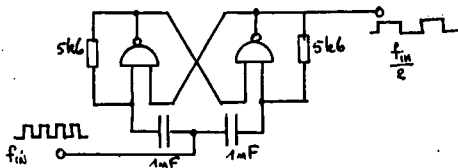


ASTABIEL

- DELERS

TWEEDELER, 4 BIT BINAIRE TELLER, BCD-TELLER (DECADE TELLER)

- 7-SEGMENT DISPLAY



Een uurwerk kan als systeem aan het einde behandeld worden. Vanuit de digitale techniek kan ook begrip ontstaan voor de opbouw van een microprocessor.

Wat moet je leerlingen brengen???

- Als je voor analoge schakelingen kiest is een diepgaand inzicht in de wisselstroomtheorie nodig.
- Als je voor digitale schakelingen kiest kun je moeilijk de werking ('het componentniveau') verklaren.

Hierna werd de vraag gesteld: Waarom toch starten op het niveau van componenten? Antwoord: Mijn ervaringen zijn goed met de geschetste aanpak. Zo ontstaat er ook begrip voor de samenhang.

Het WEN voorstel nader bekeken:

01 <u>ionenbinding</u> /covalente binding bij moleculen en atomen		
02 <u>ionenrooster</u> ; <u>atoomrooster</u>		LDR, NTC, LED
03 halfgeleiders, P- en N-type electronengeleiding/gatengeleiding		
04 halfgeleiderdiode; P/N-overgang; grenslaag; sperrichting; doorlaatrichting; sperstroom	bepaling diode karakteristiek	gelijkrichting
05 <u>condensator</u> , <u>capaciteit</u>		
06 <u>spanningsdeling</u>	<u>potentiometer</u>	
07 RC-netwerk; RC-tijd; laden en ontladen	laad/ontlaadproefjes <u>ontladen via neonlampje</u>	-tijdvertraging bij alarm installaties <u>-electronenflitser</u>
08 <u>mosfet</u> ; source, gate, drain of <u>bipolaire transistor</u> , <u>emitter</u> , <u>collector</u>	toepassingen in eenvoudige schakeling in combinatie met RC, LDR, LED, NTC	-temp. meting -meting verlichtingssterkte -aut. in/uitschakelen van verlichting -condensator in electr. schakeling
09 <u>geïntegreerde schakeling</u>		- <u>microprocessor</u> - <u>geheugenchip</u> - <u>grenzen aan de miniaturisatie</u>
10 logische elementen: of-/en-poort inverter	elementaire poortschakelingen met een transistor en/of diodes	-logische elementen in IC-vorm
11 <u>analoge en digitale signalen AD- en DA-omzetting</u>		- <u>compactdisk</u> - <u>meting met de computer</u> - <u>digitale communicatie</u>

Onderstreept hierin is datgene wat als ballast gezien wordt, danwel elders in de leerstof thuishoort.

Vanaf 09 is er een duidelijk verschil:

- 09 wordt afgewezen.
- 10 Hierna zou sequentiële logica toegevoegd moeten worden, waardoor er bij leerlingen een heleboel problemen begrepen kunnen worden en er toetsing mogelijk is.

Het onderdeel electronica zou op de verschillende niveau's ook bij het invullen van "eigen werk" een goede rol kunnen spelen.

Hierna werden een aantal gebruiksvriendelijke materialen voor praktikum getoond en besproken.

Moderne natuurkunde en het WEN-rapport

Eric Payens, Hans Poorthuis, Jan Brouwers

De werkgroep telde 15 deelnemers, allen geïnteresseerd in ideeën voor vormgeving van moderne natuurkunde in de bovenbouw.

PRESENTATIE

De presentatie omvatte drie onderdelen:

- a. commentaar op de hoofdstukken atoomfysica en kernfysica van het WEN-rapport voor VWO;
- b. een eerste opzet van een thema "Speurtocht naar deeltjes";
- c. een eerste opzet van een blok "Natuurkunde van de mikrowereld".

ad a.

De hoofdpunten van kritiek op het WEN-rapport zijn:

1. het ontbreken van de context "het werk van fysici aan grote onderzoeksinstituten (zoals CERN)";
2. het schrappen van onderdelen uit de fysica van elementaire deeltjes vanwege verwachte problemen met toetsing op examens.
3. het niet-onderscheiden van bepaalde basisprincipes (quantisatie van energie, opbouwprincipe van Pauli, onbepaaldheid), die geldig zijn op alle drie de gebieden atoomfysica, kernfysica en fysica van elementaire deeltjes.

ad. b en c.

Naar aanleiding van de discussie werden in de gepresenteerde opzet van thema en blok wijzigingen aangebracht. Het resultaat daarvan is te zien in bijlage 1 (thema) en 2 (blok).

DISCUSSIE

Algemeen:

- Aantal lessen:

Een lessen aantal van 16 voor het thema en 12 voor het blok zou mogelijk zijn, zeker wanneer het WEN-rapport nog in gunstige zin gewijzigd wordt. Een langere lessenserie is mede ongewenst omdat het examenjaar (waarvoor dit materiaal bedoeld is) veel onderbrekingen kent (schoolonderzoek).

- Toetsing:

* Niet alles uit het thema en het blok hoeft in het WEN-programma voor te komen en op het examen getoetst te worden. Anderzijds hebben leraren vaak de neiging onderdelen die niet tot het examenprogramma horen over te slaan.

* Door de basisprincipes (zie a.) te behandelen voor de drie gebieden waarbinnen zij gelden, wordt de toesbaarheid verbeterd.

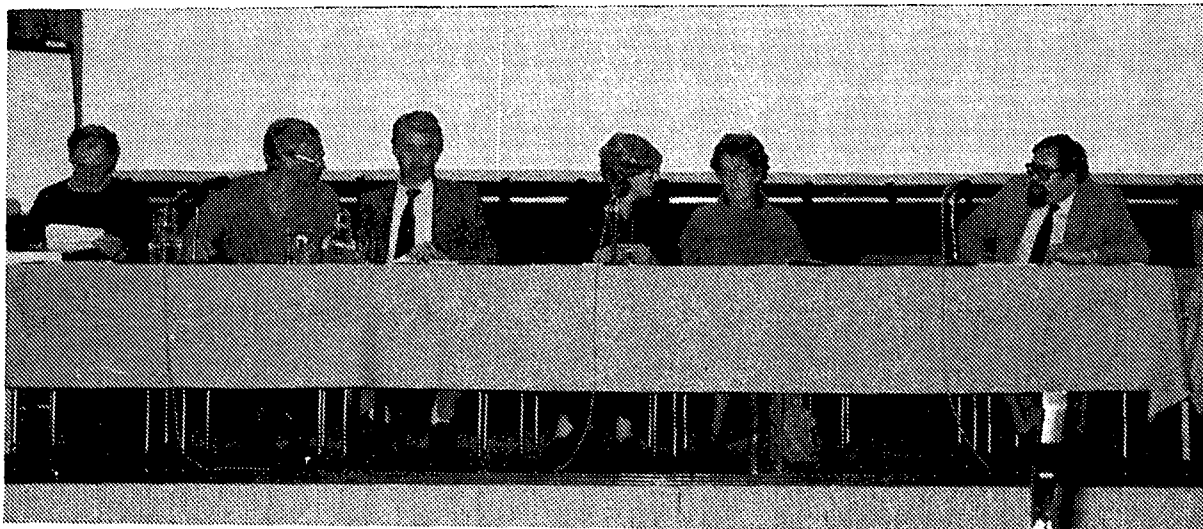
- Commentaar op WEN-rapport: de deelnemers vragen de kritiek op het WEN-rapport in deze aan de WEN kenbaar te maken.
- Verzoek in NVON-blad aan te kondigen wanneer lesmateriaal beschikbaar is. Over het thema.
- Bij het thema zou video een goed hulpmiddel zijn, voor interviews, en voor de inleiding, en voor de relatie met kosmologie.
- Interviews met experimentatoren, 2 theoretici, en 2 machinefysici zou ook individuele verschillen binnen een specialisatie doen uitkomen.
- Unificatie van de speurtocht naar deeltjes en die naar het ontstaan van het heelal ontbreekt terecht/ten onrechte in het thema (uiteenlopende meningen).
- Om tijd te winnen zouden bepaalde gedeelten in de klas parallel in groepen gedaan kunnen worden. Suggesties: de hoofdstukken 3, 4 en 5. Minder ver-gaand: 3.1 en 3.2 en 3.3, en analoog in hoofdstuk 5.
- Wat de context van "ontwikkeling van de wetenschap" betreft is vooral hoofdstuk 6 van belang.
- Toevoegen aan hoofdstuk 7: de manier waarop wetenschapsjournalistiek be-dreven wordt. De schrijvers zijn van plan in het thema naar geschikte plekken te zoeken voor het analyseren van (recente) kranteberichten.
- H7 niet meer nodig na h1 t/m h6, zou eenzijdig worden. Maatschappelijke aspecten moeten dus in h1 t/m h6 ter sprake komen.
- h7 zou ook kunnen uitvloeien in een open opdracht (eventueel na het thema in het kader van zelfstandig onderzoek).

Over het blok:

- De gepresenteerde ordening van principes is uitstekend voor 6-VWO.
- De inleiding van het blok roept bij leerlingen onduidelijkheid op (duali-teit), terwijl daarna 'harde' principes komen. Volgorde anders?
- De misconceptie over electronen in het Bohr-atoom - "golvende deeltjes" - willen de schrijvers vermijden door het atoom te bespreken aan de hand van tekeningen waar in de waarschijnlijkheid het electron aan te treffen is aangegeven m.b.v. puntjes. Hierbij ontstaat mogelijk een nieuw misver-stand, je ziet dan niet dat de invloedssfeer van ieder electron indivi-dueel het hele atoom omvat.
- In de probleemstellingen moet voorkomen worden dat ze teveel nieuwe infor-matie bevatten, zodat het extra stof zou kunnen lijken.

deel 3: forum

Verslag van de forumdiscussie



Ineke Frederik (voorzitster) stelt de forumleden voor:

- Cathalijn Drukker, lerares, lid van de werkgroep "Vrouwen en natuurwetenschappen";
- Theo Brugman, rector, lid van de WEN;
- Hans van Aalst, voorzitter APVO-2;
- Hendrik Cor Kramer, leraar;
- Huib van Bergen, leraar;
- Sjef Masschelein, leraar.

Vervolgens licht ze de werkwijze toe: een forumlid poneert een stelling en verdedigt die; een ander forumlid opponeert, waarna de zaal gelegenheid krijgt ook een mening te geven; tot slot krijgt de indiener/-ster van de stelling het laatste woord; daarna stemt de zaal over de stelling.

De stelling (inclusief het resultaat van de stemmingen) worden ter kennis gebracht aan de leden van de WEN.

Stelling 1 (Sjef Masschelein)

Het opnemen van contexten in het examenprogramma is geen goede context voor het natuurkundeonderwijs.

Toelichting:

Het voorschrijven van contexten in het examenprogramma

- a. leidt tot verschraling van het onderwijs, is heel directief, kan een cultus van opgaven doen ontstaan en biedt te weinig speelruimte aan de leerkracht;
- b. is in strijd met het karakter van de fysica en bemoeilijkt de transfer naar andere situaties;
- c. geeft aan een examenprogramma (ten onrechte) de status van een leerplan;
- d. legt een te zware verantwoordelijkheid bij de WEN.

Bovendien:

- kunnen contexten snel veranderen;
- is het begrip context niet eenduidig;
- zijn de contexten vaker leerkracht- dan leerlingcontexten;
- wie bepaalt welke context een betere (of de beste) is?

Oppositie (Hans van Aalst):

- Als contexten alleen als didactisch hulpmiddel gehanteerd worden, leidt dat tot een ongelijke situatie voor leerlingen. Daarom vindt hij het juist om contexten in het examenprogramma voor te schrijven.
- Het is bekend dat de transfer van school- naar leefwereld nu niet optreedt. We weten dat de transfer van leef- naar schoolwereld wel plaats vindt. Probeer daarom van dat laatste zoveel mogelijk gebruik te maken.
- Hij vindt contexten ook doelen op zich.

Stemming: 42 voor de stelling, 50 tegen.

Stelling 2 (Huib van Bergen)

Bij het formuleren van het HAVO-examenprogramma is de status van de HAVO-leerling onvoldoende bediscussieerd; daardoor is het HAVO-examenprogramma een VWO-min programma geworden en blijft de positie van de HAVO-leerling net zo onbepaald als deze nu is.

Toelichting:

Uit een redelijk evenwichtig en doordacht VWO-programma is door schrappen een HAVO-programma ontstaan. Het lijkt a.h.w. of het HAVO een VWO op C-niveau is. De discussie is meer gegaan over de omvang van het HAVO-programma dan over de inhoud ervan.

Er zijn in de afgelopen jaren een aantal ontwikkelingen geweest om tot vernieuwing van het natuurkundeonderwijs te komen.

Het PLON-project voor HAVO-bovenbouw, het VWO-bovenbouwproject, het DBK-project en het project bovenbouw natuurkunde zijn daar voorbeelden van. Ik had gehoopt dat de invloed van deze projecten op het HAVO-programma merkbaar zou zijn, vooral omdat in b.v. het PLON-project gestreefd is in te spelen op de bijzondere positie van de HAVO-leerling.

Er is helaas een versnipperd en onsamenhangend programma ontstaan maar dat is geen wonder als je ergens de schaar in zet. De HAVO-leerling, hoe hij er ook uit moge zien, heeft meer verdiend.

Oppositie: (Theo Brugman)

Er is in de WEN veel over de HAVO-leerling gediscussieerd, maar de HAVO-leerling is geen apart wezen in de school. Hij onderscheidt zich van de VWO-leerling doordat hij later toe is aan het formele denken en waar mogelijk heeft de WEN daarop ingespeeld.

Er is getracht om de wiskundige formalismen, de basisprincipes en de historische en filosofische achtergronden minder aandacht te geven dan in het VWO-programma, maar dan wel op basis van bestaande paden dat is waar. Er moet voldoende kennis geboden worden voor het HBO en er is rekening gehouden met het feit dat niet alle leerlingen van het HAVO naar het HBO gaan. Hierbij is ook rekening gehouden met de inbreng van de deskundige die namens het HBO in de WEN zitting had.

Er zijn een paar vernieuwingen zoals elektronische toepassingen en er is een andere opzet gekomen voor het onderwerp golven en trillingen, duidelijk een beperking in vergelijking met het oude programma.

Tot slot VWO-min? Wij vinden dat het VWO-programma meer een HAVO-plus-programma is in de zin van dat daar meer formele benaderingen zijn en meer rekening gehouden wordt met de ontwikkeling die de leerling doorgemaakt heeft. Ik ben het dan ook hardgrondig oneens met deze stelling.

Meningen uit de zaal:

Jan van Galen: Van de MAVO is gezegd: die contexten zijn zo belangrijk, bij het VWO zeggen we die moeten het kunnen met context begrippe maar als ik kijk naar het HAVO-programma dan is daar nog minder gedaan aan contexten dan bij het VWO-programma. Ik vind dat niet te rijmen. Dus stem ik in met de stelling van Huib.

Kees Hooyman: Er heerst teveel een top-down benadering van universiteit naar VWO-HAVO-MAVO. We moeten meer toe naar een bottom-up benadering. Dus moet je beginnen met kijken wat er op de MAVO gedaan wordt. Ik ben het dus helemaal eens met deze stelling.

Wout Kranendonk: Als je zo redeneert moet je op het LBO of zelfs de basisschool beginnen.

Stemming: 62 voor de stelling en 25 tegen.

Kees Hooyman: ik hoop dat de WEN zich deze uitslag aan zal trekken.

Stelling 3 (Cathalijn Drukker)

De bedoeling van het opnemen van contexten in het WEN-programma is uitstekend. Echter de invullingen van contexten zijn zodanig dat er te weinig vernieuwende kracht van het programma uitgaat.

Toelichting:

Cathalijn citeert Koos Kortland (als die spreekt over contexten als slaapmiddel) om de weinig vernieuwende kracht aan te geven. Die blijkt ook uit het feit dat biofysica en geluid als nieuwe onderwerpen niet zijn voorgesteld.

Ze ziet als gevaar dat de buitenschoolse contexten op een verkeerde manier gebruikt worden en dat leerlingen kennis niet in andere situaties kunnen toepassen. Ze vindt onder de punten 1 t/m 6 (WEN concept okt. 1986 p. 6-7) een goede weergave van wat natuurkundige inhouden moeten zijn.

Oppositie (Sjef Masschelein):

Hij vindt het onjuist om vernieuwende kracht van een examenprogramma te verwachten, zo'n programma bevat slechts de te behandelen leerstof en de ordening ervan. De vernieuwing vindt plaats aan de basis (b.v. via de lerarenopleiding). Laat ruimte voor vernieuwing in het leerplan komen.

Meningen uit de zaal:

Rob van Haren: Vernieuwing is al aanwezig, alleen wordt die in dit examenprogramma geconsolideerd. Hij vindt het WEN-resultaat tegenvallen vanwege het ontbreken van samenhang tussen de contexten.

Johan de Jong: De praktijk is anders, want na 2,8 jaar is de vernieuwende kracht van lerarenopleidingen weggezonden. Bovendien remt het vigerende eindexamen nog aanwezige vernieuwing(sdrang) af.

Hij is van mening dat het examenprogramma ruimte moet bieden.

Erik Payens: Is het eens met Cathalijn. Hij mist de contexten van het wetenschappelijk bedrijf en van de media.

Stemming: 66 voor de stelling, 24 tegen.

Stelling 4 (Hendrik Cor Kramer)

De invloed van het schoolonderzoek op het examenresultaat dient te worden verminderd.

Toelichting:

Aan het HAVO- en het VWO-examen zijn maatschappelijke rechten verbonden van doorstroming en toelating. Het centrale examen zal daarom bij moeten dragen aan een objectieve en gelijke beoordeling van de kandidaten. Het schoolonderzoek in de huidige vorm doet daaraan afbreuk.

Oppositie (Hans van Aalst):

Ik ben het niet eens met de stelling dat de invloed van het schoolonderzoek op het examenresultaat moet verminderen. Toetsen in het kader van het schoolonderzoek moet wel anders, om beoordeling objectiever te maken. Het beoordelen van werkstukken en de uitvoering van bijvoorbeeld practicum is heel wel mogelijk. In het examenprogramma moeten echter veel duidelijker richtlijnen worden opgenomen over de inrichting van het schoolonderzoek. Ook moeten er toetsinstrumenten worden ontwikkeld. Toetsing van onderdelen in het examenprogramma in het schoolonderzoek is nodig voor handhaving van de kwaliteit van het natuurkunde-onderwijs. Als je de afsluiting van het natuurkunde-onderwijs beperkt tot een centraal gedeelte, dan zal het onderwijs snel versralen zodat alleen die doelen overblijven die in het centrale examen worden getoetst.

Stemming: 32 voor de stelling, 66 tegen.



deel 4: allerlei



