

WOUDSCHOTEN

'96

***Natuurkunde-didactiek
in het Studiehuis***

**VERSLAG
WOUDSCHOTEN CONFERENTIE
1996**

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDACTIEK

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

Bestuur:
Voorzitter: H.M.C. Eijkelhof
Penningmeester: J. Kortland
Leden: M. Bollen
F. Budding
J. Hellemans
G. Munters
M. Vloemans
P.J. Wippoo

Verslag
Redactie: H.M.C.Eijkelhof, J.Hellemans, G.Munters
Typewerk/layout: J.Andriese
Foto's: J.J.Wijnmalen
Omslag: Brouwer, Utrecht

Voorwoord



Al enkele jaren heeft het bestuur van de werkgroep overwogen als centraal thema voor de Woudschotenconferentie te kiezen voor de Profielen en het Studiehuis. In een periode waarin tal van scholen met experimenten bezig zijn en duidelijk is geworden dat de vernieuwingen echt doorgaan konden we er niet langer omheen. Vandaar het thema Natuurkunde-Didactiek in het Studiehuis voor deze 31e editie van de Woudschotenconferentie Natuurkunde.

Een verheugend kenmerk van deze conferentie was de terugkeer van werkgroepen over ervaringen in de klaspraktijk, verzorgd door leraren natuurkunde. De laatste jaren werden de werkgroepen bijna alleen nog maar gegeven door vakdidactische en natuurkundig inhoudelijke specialisten. Het is verheugend dat het thema veel docenten heeft geïnspireerd een boekje open te doen over hun eigen ervaringen. Zowel uit de intekening voor dit soort werkgroepen als uit de resultaten van de enquête hebben we kunnen afleiden dat dit soort werkgroepen zeer werd gewaardeerd. Hopelijk stimuleert dat andere docenten op volgende conferenties ook ervaringen te presenteren.

Dit verslag bevat weer een schriftelijke weergave van lezingen en werkgroepen, voor zover we de teksten van de sprekers hebben kunnen bemachtigen. Dat biedt u de mogelijkheid nog eens na te lezen wat een spreker bedoelde of kennis te nemen van presentaties die u moest missen omdat er nog zoveel andere interessante activiteiten tegelijk plaats vonden. Helaas lukt het niet de fraaie afsluiting met het toneelstuk 'Ein-stein maakt nog geen studiehuis' op schrift te geven. We hebben er echter een videoband van gemaakt en zullen die voor het nageslacht bewaren.

Onze dank gaat uit naar alle sprekers, werkgroepeliders en de Stichting Physica voor hun bijdragen aan deze geslaagde conferentie.

Harrie Eijkelhof
voorzitter WND

Inhoud



Voorwoord

Inhoud

Programma

Uitreiking Minnaertprijs

Lezingen

Wat willen de architecten van het studiehuis nu eigenlijk? <i>H.P.Hoymayers</i>	1
Het Natuurkunde-Curriculum onder Druk <i>Ch.G.van Weert</i>	9
Het examendossier in ontwikkeling <i>M.E.M. van der Krogt</i>	15
Memorization or understanding: are we teaching the right thing? <i>E.Mazur</i>	19
Kamer in het studiehuis: onderzoekend leren bij de natuurwetenschappelijke vakken met gebruik van informatie- en communicatietechnologie <i>W.Bustraan</i>	21
Doorlopende leerwegen voor Natuurkunde HAVO <i>R.van Asselt</i>	27
Nieuwe Wiskunde in de NATuurprofielen vwo <i>M.Kindt</i>	31
Techniek in de Tweede Fase van VO-Natuurkunde <i>A.Pilot</i>	39
"Dat zoeken we op!" Vaardigheden en examendossier in de vernieuwde Tweede Fase <i>M.Cornelisse & C.Drukker</i>	43
Natuurkunde-didactiek: een vergeten kamer in het studiehuis? <i>P.L.Lijnse</i>	47
Taakgerichte (zelf)studie. De tweede fase VO voor het onderwijs in de natuurwetenschappen <i>P.Kirschner</i>	53

Werkgroepen

2. Doorloop van natuurkundige vaardigheden vanuit het havo/vwo naar het h.b.o. <i>J.B.A.van der Stam</i>	59
3. Probleemoplossen in het studiehuis <i>R.Taconis</i>	61
5. Natuurkunde ANDERS <i>H.van der Steen</i>	62
6. Project "Techniek en Gezondheid: onderwijs geven met cases en projecten" <i>M.Man in 't Veld & M.Kattenberg</i>	65
7. De onderzoeksvraag van de maand, een leerling-activiteit op Internet <i>K.Dolsma</i>	66
9. Multimedia <i>M.van Os & L.Heimel</i>	68
11. Werkwijzers, een hulpmiddel bij Zelfstandig Werken <i>H.Bruijnesteijn</i>	69
12. Zelfstandig leren, nieuwe vaardigheden ... dan kan niet in de onderbouw <i>I.Bergsma</i>	72
13. Kan de computer je zelfstandig werken bevorderen? <i>I.de Bruijn</i>	74
14. Quantum Mechanica: de visualisatie van fascinerende quantum fenomenen <i>K.Michielsen</i>	76
15. Het profielwerkstuk <i>H.Joosten</i>	79
16. Interactieve werkgroepen mechanica of "Leren leren" van een moeilijk vak <i>E.Carete</i>	80
17. 'Het Onderwijs Ziekenhuis' <i>H.Kok</i>	83
18. Probleemstellend onderwijs: motivatie tot leren <i>M.Vollebregt & K.Kortland</i>	85
21. Ervaringen met studiewijzers <i>P.Verhagen & K.Hooyman</i>	88
25. Facetten van zelfstandig leren: groepswork, groepsvragen, groepstoetsen, opgaven hulp <i>J.W.Drijver, A.J.Migchielsen, C.v.d.Rijst & H.S.Wielenga</i>	90
27. Gebruik van Internet in het natuurkundelokaal <i>R.van der Weijden</i>	93
28. Taalproblemen bij natuurkunde <i>K.Schonenberg</i>	95

29. Toelichting op de inrichting van het natuurkunde- onderwijs in A4 <i>W.F.Keller</i>	97
31. 'Probleem Gestuurd Onderwijs: ermee aan de slag <i>H.van de Loo</i>	98
32. Vaardigheden in het Centraal Examen <i>J.Hendricx & B.Kneepkens</i>	100
33. De basis voor het studiehuis <i>J.Michels & J.Leisink</i>	102
36. De tweede fase vernieuwt; en hoe moet dat met ons boek <i>R.Knoppert</i>	103
37. De kracht van Multimedia in het Mechanica onder- wijs. Lespakket modellering voor de bovenbouw <i>P.Molenaar</i>	105
Marktinformatie practicummateriaal	110
Lijst van deelnemers	111

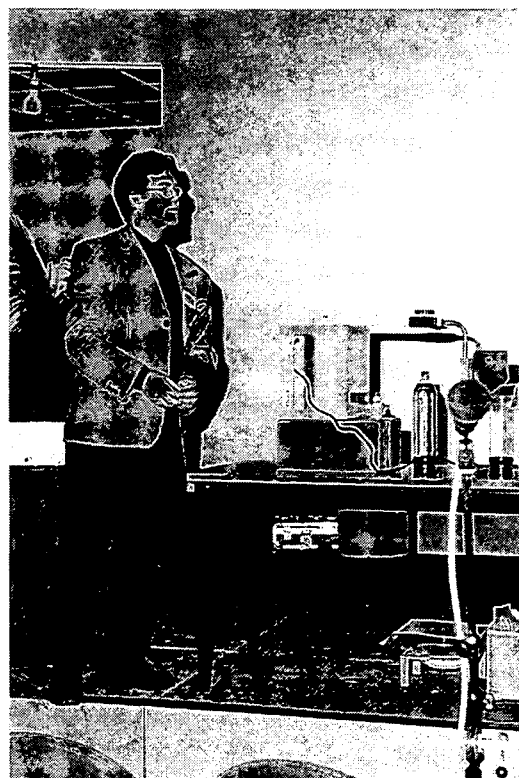


PROGRAMMA

31e "WOUDSCHOTEN" CONFERENTIE

Vrijdag 13 december

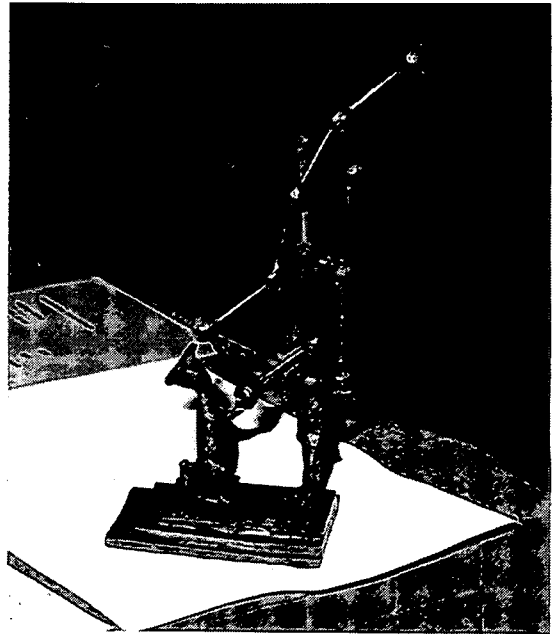
- 12.30 - 14.00 Ontvangst
- 14.00 - 14.10 Opening van de conferentie door de
 voorzitter van de Werkgroep
 Natuurkunde-Didaktiek,
 H.M.C. Eijkelhof
- 14.10 - 14.20 Informatie over de conferentievoorzitter
 J.W. Lackamp
- 14.20 - 15.20 Lezing door **H.P. Hooymayers**:
 Wat wilden de architecten van het
 studiehuis nu eigenlijk?
- 15.20 - 15.30 Uitreiking Minnaertprijs
- 15.30 - 16.00 Thee
- 16.00 - 17.00 Keuze uit vier lezingen
 - **B. van der Hilst**, Schoolbeleid
 m.b.t. Tweede Fase
 - **Ch.G. van Weert**: Het natuur-
 kunde curriculum onder druk
 - **J. Vermunt**: Leerstijlen in het
 studiehuis
 - **M. van der Krogt**: Het examen-
 dossier in ontwikkeling
- 17.00 - 17.30 Aperitief
- 17.30 - 19.15 Diner
- 19.30 - 21.00 Werkgroepen
- vanaf 19.30 Markt



Zaterdag 14 december

- 7.45 - 8.45 Ontbijt
- 9.00 - 9.50 Lezing door Eric Mazur (Harvard University) *"Memorization or Understanding: Are we teaching the right thing?"*
- 10.00 - 10.50 Keuze uit vier lezingen
- **W. Bustraan:** Kamer in het studiehuis
 - **R. van Asselt:** Doorlopende leerwegen voor het vak natuurkunde vanuit de vernieuwde tweede fase V.O. naar het H.B.O.
 - **M. Kindt:** Nieuwe wiskunde in de Natuurprofielen vwo
 - **A. Pilot:** Techniek in de Tweede Fase van VO-Natuurkunde
- 10.50 - 11.20 Koffie
- 11.20 - 12.45 Werkgroepen
- 12.45 - 13.45 Lunch
- 13.45 - 14.40 Keuze uit drie lezingen
- **C. Drukker & M. Cornelisse:** Dat zoeken we op. Vaardigheden en examendossier in de Tweede Fase
 - **P.L. Lijnse:** Vakdidactiek: een vergeten kamer in het studiehuis?
 - **P. Kirschner:** Taakgericht (zelf)-studiemateriaal in de Tweede Fase
- 14.40 - 15.00 Thee
- 15.00 - 15.30 Toneelstuk *"Einstein maakt nog geen Studiehuis"* door theatergroep Instant van het Cultureel Centrum Parnassos, Universiteit Utrecht
- 15.30 - 15.40 Sluiting van de conferentie
- 15.50 Vertrek bus naar station Leiden

Uitreiking van de Minnaertprijs aan



Beste mensen,

We zijn toe aan een bijzonder moment van deze conferentie: de uitreiking van de Minnaertprijs. De Minnaertprijs is een prijs van verdienste ingesteld door het bestuur van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek. Doel van de prijs is het publiekelijk tot uitdrukking brengen van de waardering voor de verdiensten van de laureaat voor de ontwikkeling van het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs gedurende een lange reeks van jaren. De prijs wordt eenmaal in de twee jaar uitgereikt. Vorige prijswinnaars waren Henk Mulder, Herman Hooymayers, Rosalind Driver, Jan Leisink en Maarten van Woerkom.

De eerste winnaar van de prijs, in 1987, Henk Mulder, is helaas al drie jaar niet meer in ons midden. Het bestuur heeft graag het uitstekende initiatief van Pietjan Wippoo, Theo Smits en Dik van Genderen ondersteund om een bloemlezing uit het werk van Henk Mulder uit te geven. Dit boekwerk bevat 77 artikelen geselecteerd uit de 109 artikelen die Henk Mulder schreef voor leraren in Faraday en het NVON-Maandblad. Bovendien bevat het boek een register van de , houd u vast, 514 artikelen die hij schreef voor Archimedes. Dit boek is net vers van de pers en kan vanavond door u worden aangeschaft voor de speciale prijs van f 20,- bij de NVON-ledenservice op de markt. Daarna kost het bestellen van dit boek u heel wat meer: f. 25,- plus verzendkosten.

Dat even tussendoor om te laten zien hoe wij de Minnaertprijswinnaars in ere houden.

Het bestuur van de werkgroep wordt bij het kiezen van de prijswinnaar bijgestaan door een jury die een voordracht doet van twee kandidaten, waaruit het bestuur kiest. Het bestuur mag alleen uit de voordracht kiezen. Dit jaar bestond de jury uit Arnoud Pollmann (voorzitter), Anneke de Leeuw en Frits Dekkers. Het bestuur dankt deze drie collega's voor hun werk dit jaar, in het bijzonder Arnoud die dit werk nu drie maal heeft gedaan en reglementair zal aftreden.

Ik zal straks natuurlijk de naam van de winnaar van dit jaar bekend maken. Maar eerst zal ik nog even vertellen wat hij of zij krijgt. Dat zijn drie zaken: een enveloppe met inhoud, een oorkonde en een plastiek. Het bronzen kunstwerk is gemaakt door de Wageningse kunstenaar Adri de Waart.

Het bestuur van de Werkgroep heeft unaniem besloten de Minnaertprijs 1996 uit te reiken aan.....

Hubert Biezeveld.

Ik lees u voor uit het juryrapport:

Een ongewone, gewone leraar met een enorme werkkraacht. Scherp, eigenzinnig, verstandig en betrokken bij het natuurkunde onderwijs. Biezeveld denkt over allerlei zaken diep na en komt meestal tot helder geformuleerde voorstellen die evenzovele verbeteringen inhouden. Dat is niet beperkt tot alleen de natuurkunde. Als toch relatief outsider heeft hij gemeend in '81/'82 niet zijn mond te moeten houden toen hij vond dat sommige wiskundigen te ver gingen in "het scheppen van een taal waarin 'we' ons scherp kunnen uitdrukken en die voor onze leerlingen niet te moeilijk is en hun denken vergemakkelijkt". In de tijd dat hij hoofdredacteur was van Faraday is hij talloze malen in de pen geklommen om het natuurkunde onderwijs vooruit te helpen. Hij ging daarbij een sappig conflict niet uit de weg en stond pal voor een standpunt dat veel leraren natuurkunde als het hunne herkennen. Na het stoppen met het hoofdredacteurschap heeft Biezeveld zijn pen gebruikt voor het schrijven van een natuurkunde leerboek voor de bovenbouw samen met Mathot.

Een boek vol leerzame experimenten meestal niet al te gecompliceerd en vaak heel verrassend. Er moeten meerdere speelgoedzaken in Nederland zijn die bestaansrecht hebben verkregen dankzij de aankopen van de twee auteurs.

Veel van deze "vondsten" hebben tot zeer druk bezochte werkgroepbijeenkomsten tijdens de Woudschotenconferentie geleid.

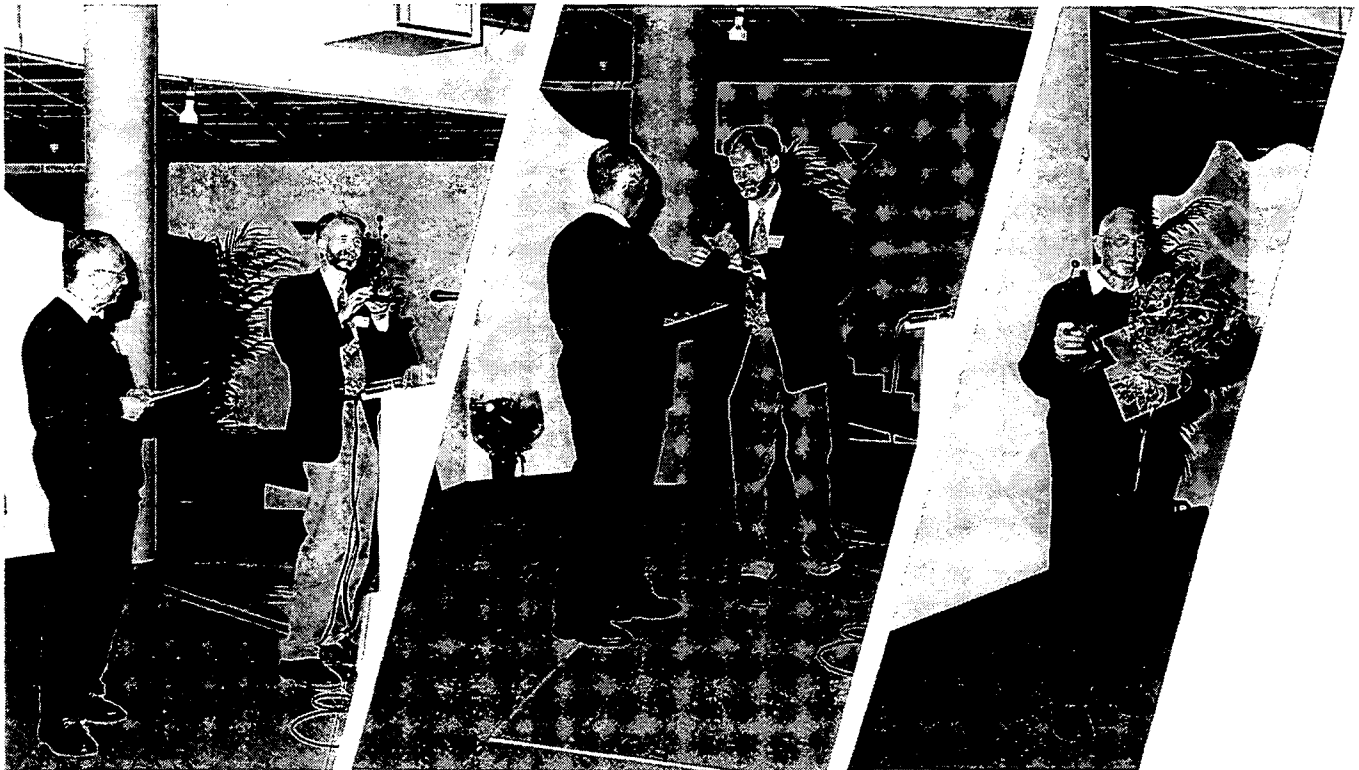
Ook aan het werk van de adviescommissie docenten voor de samenstelling van het eindexamen heeft Biezeveld een grote karakteristieke bijdrage geleverd.

Mensen die Biezeveld een beetje kennen zijn in staat om zijn signatuur bij verschillende examenopgaven te ontdekken.

Deze opgaven strelen het intellect door hun elegantie maar waren soms voor onze arme HAVO-leerlingen wel eens te vindingrijk.

Zijn onafhankelijkheid, een enkele keer tenderend in de richting van eigengereidheid, is kenmerkend voor Hubert.

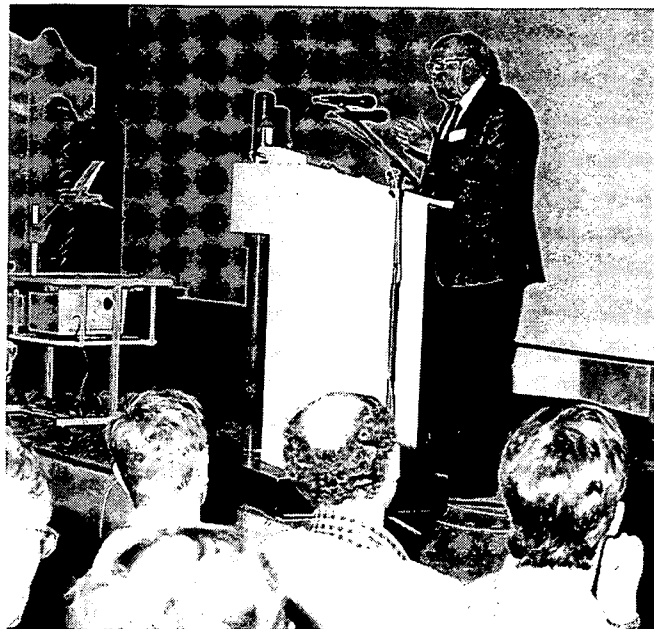
Door middel van onze nominatie wil de jury haar waardering voor deze bijzondere leraar tot uitdrukking brengen.



Lezingen

Wat willen de architecten van het studiehuis nu eigenlijk?

H.P. Hooymayers



Inleiding

In het programma zag ik dat er in deze conferentie zo'n 35 werkgroepen worden gegeven waarin vele facetten van de vernieuwingen van de 2e fase aan de orde komen.

Ik wil proberen daaraan enige achtergrond informatie toe te voegen door de belangrijkste punten van de vernieuwing nog eens op een rijtje te zetten en wel op de manier zoals dat door de stuurgroep is bedoeld.

Morgen, 13 december wordt de wet waarin de vernieuwingen zijn vastgelegd in het kabinet behandeld en men verwacht dat deze voor Kerstmis aan de 2e Kamer zal zijn toegestuurd.¹⁾ Omdat nu 90 tot 95% van de vernieuwingen min of meer vast staat lijkt het zinvol nog even terug te blikken op wat er allemaal gaat veranderen. Ik wil dan ook beginnen met even stil te staan bij de vraag wat ook weer de problemen waren die aanleiding hebben gegeven tot deze ingrijpende bovenbouwvernieuwingen.

De problematiek van de 2e fase

Aansluitingsproblemen

De 2e fase ligt ingeklemd tussen de basisvorming en het Hoger Onderwijs. In beide is veel aan het veranderen en dat leidt onvermijdelijk tot bezinning op de 2e fase om te voorkomen dat de aansluitingsproblemen alleen maar groter worden.

¹⁾ Ondertussen zijn de discussies in de 2e kamer gevoerd en is het wetsvoorstel Profielen waarin de vernieuwingen van de 2e fase zijn beschreven op 29 mei door de kamer goedgekeurd. Deze kamerdiscussies hebben geleid tot enkele relatief kleine veranderingen in de oorspronkelijke plannen. De consequenties van de kamereisen voor de β -vakken heb ik in dit artikel verwerkt. Op 30 juni heeft ook de eerste kamer het wetsvoorstel zonder verdere wijzigingen geaccepteerd, zodat we mogen zeggen dat de profielenwet een feit is geworden. Het inrichting- en examenbesluit zijn nog niet behandeld in de 2e kamer. Daarover zijn de discussies dan ook nog aan de gang.

Zo zal de 2e fase een logische voortzetting dienen te zijn van de basisvorming. Dat betekent bijvoorbeeld dat belangrijke vaardigheden uit de basisvorming doorgetrokken dienen te worden naar de bovenbouw. Algemeener gezegd: de diverse sectoren uit het voortgezet onderwijs (2e fase, basisvorming en leerwegen mavo/vbo) dienen zo goed mogelijk op elkaar afgestemd te worden.

De discussie tussen de procesmanagers heeft uiteindelijk geleid tot drie gemeenschappelijke uitgangspunten voor het voortgezet onderwijs n.l.:

- . stimulering van een brede ontwikkeling bij leerlingen
- . een actieve zelfstandige rol voor leerlingen
- . recht doen aan verschillen tussen leerlingen met een voor leerlingen herkenbare samenhang binnen het onderwijs

Vanuit deze uitgangspunten wordt gewerkt naar een zo groot mogelijke eenheid van het V.O.

Niet alleen de basisvorming maar ook het hoger onderwijs had verlangens met betrekking tot de aansluitingsproblematiek. Deze kunnen als volgt worden samengevat.

. een breed algemeen vakkenpakket

Als een soort betonblok dient algemene vorming het fundament te vormen, aldus het hoger onderwijs, voor verdere studie en beroep, d.w.z. dat er bijvoorbeeld geen ingenieurs mogen worden opgeleid zonder enige culturele achtergrond en geen sociale wetenschappers zonder enige kennis van techniek.

Verder zal er meer accent moeten worden gelegd op de moderne vreemde talen en zal elke leerling α , β en γ -elementen in zijn 2e fase pakket moeten hebben gehad

. meer aandacht voor algemene (vak overstijgende) vaardigheden.

Daarbij moet men b.v. denken aan taalvaardigheden, planningvaardigheden, probleemoplossingsvaardigheden en studievaardigheden .

. meer samenhang binnen het vakkenpakket

Momenteel zijn er ca. 250 verschillende eindexamenpakketten in gebruik waarvan een groot aantal grillig (d.w.z.

onsamenhangend) is samengesteld. Afstemmen van bepaalde vakken op elkaar (b.v. Natuurkunde en Scheikunde) heeft ook niet zo veel zin omdat veel leerlingen of alleen natuurkunde of alleen scheikunde kiezen, waardoor de afstemming grotendeels verloren gaat.

. een grotere β -instroom

Er is momenteel een ongelijke participatie van meisjes en jongens m.b.t. de β -vakken in voortgezet en hoger onderwijs. Bovendien is het aantal studenten dat b.v. een natuurkunde studie kiest nog steeds aan het dalen. Nederland begint zich dan ook langzamerhand duidelijk ongerust te maken of het nog wel mee kan blijven doen op technisch gebied met de grote industrielanden.

Een derde van de studenten in het hoger onderwijs in Nederland studeert een β -achtig vak (β -vakken, techniek, landbouw, geneeskunde, etc.). In Duitsland is dat 50%. Ook blijkt een op de negen Nederlandse bedrijven knelpunten te signaleren m.b.t. innovatieve zaken. Dit wordt onder meer toegeschreven aan een gebrek aan hoger opgeleiden in de β -vakken.

Samenvattend kan men zeggen dat het hoger onderwijs vraagt om een zo goed mogelijke toerusting voor het bereiken van het internationale niveau in vier jaar W.O. of HBO. Dit niveau wordt uiteraard niet door Nederland alleen vastgesteld maar een klein land als het onze kan het niet maken duidelijk onder dat niveau doctorandi en ingenieurs af te leveren. Om dit niveau te bereiken is het van groot belang dat H.O. en V.O. samenwerken en elkaar zo veel mogelijk ondersteunen. In Nederland geldt geen selectie aan de poort van het H.O. Dat impliceert dat het eindexamen havo/vwo de selectie is. Wat door het voortgezet onderwijs wordt doorgelaten moet het hoger onderwijs accepteren. Teneinde de aansluitingsproblemen zo klein mogelijk te laten zijn dienen V.O. en H.O. samen naar oplossingen te zoeken. Dat hier behoefte aan bestaat blijkt uit het feit dat momenteel alle dertien universiteiten betrokken zijn bij netwerken, waarin ook een kleine vierhonderd scholen met een vwo-afdeling participeren. Ook de HBO-instellingen doen mee aan een groot aantal netwerken van havo-scholen.

Dit is allemaal nog dringender geworden sinds in augustus 1996 de prestatiebeurs is ingevoerd. Dat betekent immers dat een student na 1 jaar 50% van zijn studiepunten moet hebben behaald. Zo niet dan moet hij/zij dat jaar zelf betalen.

Als hij/zij vervolgens zijn studie niet binnen 6 jaar afrondt zal hij/zij ook het 2e t/m 4e jaar zelf moeten financieren. Nooit wordt meer dan 4 jaar voor hem/haar vergoed.

Alleen voor sommige β -studierichtingen (waaronder natuurkunde) kan een student een financiële steun van 5 jaar ontvangen mits hij binnen 6 jaar zijn studie heeft voltooid. In het belang van leerlingen en studenten is een goede communicatie tussen V.O. en H.O. onontbeerlijk. Alleen een geoliede afstemming en aansluiting van V.O. en H.O. zal studenten in 4 jaar of in elk geval binnen 6 jaar op het vereiste niveau kunnen brengen.

Natuurlijk zal het H.O. niet slechts mogen toekijken hoe het V.O. haar onderwijs tracht te verbeteren via de ver-

nieuwde 2e fase maar zal het zelf ook ingrijpende veranderingen moeten doorvoeren waar dat nodig mocht zijn. Dat er nog veel te verbeteren valt moge alleen al blijken uit de 30 à 40% uitval in de propedeuse van het H.O. en de 15% dropouts in het voortgezet onderwijs zelf. Een tweede punt dat aanleiding heeft gegeven tot een nadere bezinning op het bovenbouw onderwijs is de veranderende samenleving.

Veranderende samenleving

Belangrijk hierbij is de voortschrijdende internationalisering die het verzoek van het H.O. om meer accent op talen te leggen nog eens onderstreept.

Nederland moet meedoen in de internationale concurrentie en daarvoor is talenkennis van eminent belang. In Engeland heeft men het bedrijfsleven gevraagd of zij wel eens orders hadden verspeeld omdat zij de juiste taal niet spraken. 30% van de ondervraagden antwoordde bevestigend. In een ander onderzoek werden 200 Nederlandse bedrijven opgebeld in het Frans met het verzoek om informatie over hun producten. Een flink aantal bedrijven legde na korte tijd de hoorn op de haak. Slechts 90 van de 200 waren in staat om in redelijk tot goed Frans antwoord te geven op de gestelde vragen. De onderzoekers rekenden voor dat Nederland hierdoor ieder jaar 20 miljard gulden aan omzet misloopt.

Een ander punt van aandacht is de toenemende complexiteit en voortdurende, relatief snelle, veranderingen door de voortschrijdende technologische ontwikkelingen. Wij hoeven daarbij maar aan internet te denken als we een voorbeeld zoeken.

Het bedrijfsleven heeft dan ook behoefte aan, zo zegt het, breed opgeleide, breed inzetbare flexibele mensen met een behoorlijke diepgang (een schaap met vijf poten dus). Steeds hoor je in het bedrijfsleven, in overeenstemming hiermee, dat in de maatschappij van vandaag verandering de enige constante is.

Aanpassingsvermogen is de sleutel tot voortdurende innovatie en innovatie is de sleutel tot het concurrerend vermogen.

Bedrijven en werknemers investeren daarom ook steeds meer in het vergroten van hun aanpassingsvermogen.

Daaronder verstaat men:

- . het vermogen om nieuwe producten en diensten te ontwikkelen
- . het vermogen om steeds meer kennis te ontwikkelen en te verwerven
- . het vermogen om deze kennis toe te passen en te combineren.

Levenslang daar mee bezig zijn (levenslang leren) wordt dan ook steeds belangrijker om te overleven. Verbetering van je eigen leergedrag door greep te krijgen op je eigen leerproces zal op school dan ook meer aandacht moeten krijgen dan nu veelal het geval is. Een derde punt met betrekking tot de veranderende samenleving is de toenemende individualisering en het toenemende belang van het multi-culturele element in de samenleving, waarvan het schoolpubliek een weerspiegeling vormt.

Dat impliceert meer onderwijs op maat, dus rekening houden met verschillen of anders gezegd rekening houden, waar het kan, met individuele leerlingkenmerken. Bij verschillen moet men natuurlijk niet alleen denken aan verschillen tussen jongens en meisjes of verschillen tussen allochtonen en autochtonen maar ook aan verschillen in interesse, inzet, leerstijl, leerprestatie, toekomstplanning, etc.

De hier beschreven problematiek is voor de stuurgroep leidraad geweest bij het ontwerpen van een nieuwe bovenbouw waarvan ik de belangrijkste kenmerken wil bespreken.

Kenmerken van de vernieuwde 2e fase voortgezet onderwijs

Als antwoord op al de verzoeken en wensen heeft de stuurgroep een bouwwerk ontworpen dat op twee pijlers rust.

Een vakinhoudelijke pijler met de roepnaam "*profielen*" en een pedagogisch-didactische pijler meestal aangegeven met "*studiehuis*". Beide pijlers wil ik nu kort schetsen.

De profielen

Het belangrijkste kenmerk van de vakinhoudelijke pijler is, dat er in plaats van de vrije pakketkeuze voortaan slechts gekozen kan worden uit vier profielen:

- die gelijkwaardig zijn in studielast (dit klinkt vanzelfsprekend maar momenteel kost een pakket met alle β -vakken er in aan de leerling 4 à 5 lesuren per week meer dan een zogenaamd pret-pakket)
- die meer samenhang vertonen, omdat elk profiel een beperkt aantal vakken omvat die zo zijn gekozen dat ze elkaar zo veel mogelijk ondersteunen. Daarnaast is de samenhang tussen bijvoorbeeld de natuurwetenschappelijke vakken vergroot door techniek, natuur en milieu en gezondheid als contextgebieden te kiezen voor zowel natuurkunde, scheikunde als biologie.
- die gericht zijn op een brede (algemene) ontwikkeling
- die vakinhoudelijk geactualiseerd zijn. (Voor vakken als economie en wiskunde-B is er meer dan 20 jaar niets aan het eindexamenprogramma veranderd. Ook bij de drie natuurwetenschappen is er wat leerstof geschrapt om plaats te maken voor vaardigheden. Over het algemeen is men echter dicht bij de WEN, WES en WEB programma's gebleven.

Elk profiel bestaat uit een breed gemeenschappelijk deel voor alle leerlingen dat 50% van de bovenbouwtijd omvat en dat een grote bijdrage levert aan de "betonplaat" van algemene vorming die als een fundament ligt onder verdere studie en beroep.

Verder bevat elk profiel een specifiek deel (30% van de totaal-tijd) als voorbereiding op de bij het betreffende profiel behorende vervolgstudies.

Tenslotte heeft elk profiel een keuzedeel waarin leerlingen zelf vakken kunnen kiezen die ze interessant vinden b.v. informatica, filosofie, talen, management en organisatie, etc. Als ze dat willen kunnen ze deze vakken ook zodanig kiezen dat ze hun pakket aanvullen tot twee profielen.

Nog enkele veranderingen die gerekend worden tot de vakinhoudelijke pijlers zijn:

- de introductie van deelvakken teneinde de breedte te kunnen waarmaken en tegelijkertijd de vakken die de leerling nodig heeft voor zijn verdere studie toch zo veel mogelijk als grote vakken overeind te houden.
- de invoering van enkele nieuwe vakken als algemene natuurwetenschappen (ANW), culturele en kunstzinnige vorming, mens en maatschappijwetenschappen, etc. (ANW is vanaf 1999 verplicht maar scholen mogen het in 1998 reeds aanbieden).
- meer aandacht voor vaardigheden, zowel voor typische vakvaardigheden waarbij vooral de vaardigheden die voor alle drie de natuurwetenschappen van belang zijn aan de orde zijn, maar ook voor vaardigheden van meer algemene aard, zoals samenwerkingsvaardigheden, rekenvaardigheden, taalvaardigheden en studievaardigheden, is er ruimte ingeruimd.
- en tenslotte een andere opzet van examens. Zo wordt het schoolexamen in de vorm van een examendossier meer flexibel gemaakt (zie verderop).

Teneinde er meer ervaring mee op te doen, worden de vernieuwingen in een aantal netwerken van scholen uitgeprobeerd, zoals bijvoorbeeld de nieuwe vakken, het examendossier, de benodigde infrastructuur voor het gebruik van informatie en communicatie technologie, en de noodzakelijke aanpassingen van het schoolgebouw om de vernieuwingen verantwoord te kunnen doorvoeren.

Het studiehuis (de pedagogisch-didactische pijler)

De 2e pijler waarop het 2e fase bouwwerk rust is van pedagogisch-didactische aard en het best te karakteriseren als "van gericht op onderwijzen naar gericht op leren" of in meer concrete taal "van programmeren via een lessentabel naar programmeren via een studielastsysteem". Het gaat daarbij dus om de programmering van door leerlingen te investeren tijd of anders gezegd om het programmeren van de inspanningsverplichting van leerlingen met betrekking tot hun studie. Daarbij wordt verwacht dat de gemiddelde leerling ongeveer 1600 uur per jaar nodig heeft voor zijn studie.

Als we uitgaan in de programmering van door de leerlingen te investeren tijd vraagt dat om leerlingen die zich mede verantwoordelijk voelen voor hun eigen studieprogrammering, d.w.z. om leerlingen die al het ware optreden als motor van hun eigen leerproces. Daarvoor is het van belang dat leerlingen zich meer bewust worden van hun eigen leergedrag, teneinde dit zo effectief mogelijk te kunnen inzetten.

Vereist zijn dus actieve zelfstandige leerlingen. Dergelijke leerlingen zijn ook van belang voor het hoger onderwijs, waar de student al vanaf het begin van zijn studie op eigen benen moet staan. Uit onderzoek blijkt bovendien dat leerprocessen beter verlopen als leerlingen actief en zelfstandig bij het leerproces betrokken zijn. Wat je zelf uitzoekt onthoud je beter. Uiteraard brengt dit met zich mee dat er een verschuiving optreedt van hoofdzakelijk

docent gestuurd naar een meer sturende rol voor beiden, leerling en docent.

De zelfstandige rol van leerlingen zal ook leiden tot meer geïndividualiseerde leerwegen. Er is maatwerk nodig om recht te doen aan de verscheidenheid van de leerlingen. Niet goed zou het zijn voor de β -vakken met hun vaak abstracte begrippen als de leerwegen van de leerlingen te ver uit elkaar zouden gaan lopen. Perioden van interactie tussen leerlingen onderling zijn van groot belang voor het leerproces. Mensen bouwen immers hun eigen kennisbestand op, nuanceren dit, breiden het uit en herschikken het op grond van opgedane ervaringen en reflectie daarop, onder meer door discussie met medeleerlingen en docenten.

De studielastbenadering kan ook ruimte scheppen voor andere taken van de leraar zoals de ontwikkeling van studietaken en studiewijzers, het helpen van leerlingen bij de planning van hun werk en het inzetten van moderne onderwijstechnologie. Daartoe zal een aantal van de huidige lessen vervangen dienen te worden door zelfstudie-uren en begeleidingsuren. Op sommige scholen onderscheidt men daarom A, B en C lessen. In A-lessen zijn zowel leraar als leerlingen aanwezig. Deze lessen komen voor een deel overeen met wat er nu veelal in klassen gebeurt. In de B-lessen is de leraar aanwezig terwijl dat niet geldt voor alle leerlingen. Deze zogenaamde begeleidingsuren zijn spreekuurachtig van aard. De leraar helpt een groepje leerlingen bij de planning van hun opdrachten en bespreekt met weer andere leerlingen het resultaat van hun werk, etc.

In de C-lessen tenslotte, de zelfstudie-uren, is de docent afwezig, terwijl de leerling op school of thuis zijn werk maakt. Dit komt het dichtst bij wat we nu "huiswerk maken" zouden noemen.

Door het aantal A-lessen enigszins terug te dringen ten bate van B- en C-uren ontstaat er ruimte voor andere taken van de leraar waardoor deze op meer facetten van zijn professionaliteit wordt aangesproken. Na deze schets van de pedagogisch-didactische pijler ga ik weer terug naar de profielen.

De β -profielen

In tabel 1 schets ik allereerst hoe de vwo-profielen er uitzien in vakken en studie-uren uitgedrukt nadat de discussies in de 2e kamer zijn gevoerd. Het gaat wat de veranderingen betreft alleen om de vwo-profielen omdat de kamer geen aanvullende eisen had voor de havo-profielen. Om de veranderingen als gevolg van de behandeling in de 2e kamer goed zichtbaar te maken is onder "oud" de studielast uit de oorspronkelijke plannen weergegeven. De kamerwensen hebben, wat de β -vakken betreft, allen te maken met wiskunde. Zo is de wiskunde uit het gemeenschappelijke deel (280 uur) verschoven naar de profielspecifieke delen, zoals dat voor havo al het geval was. Bovendien is de wiskunde bij het profiel C&M met 80 uur uitgebreid tot 360 uur. Deze uitbreiding gaat ten koste van de twee talen in dat profiel, die elk 40 uur moeten inleveren. Deze verschuiving is geschied met behoud van

vakinhoud. Alleen m.b.t. C&M is 40 uur meetkunde geschrapt uit het oorspronkelijke wiskundepakket van het gemeenschappelijke deel en wordt er 120 uur extra statistiek en kansrekening gegeven afkomstig uit wiskunde A (40 uur i.p.v. de geschrapte meetkunde en 80 uur afkomstig van de twee talen). Deze verandering is voor alle leerlingen ingrijpender dan je op het eerste gezicht zou zeggen omdat de wiskunde die in het gemeenschappelijke deel zat nu ook schriftelijk wordt geëxamineerd zoals dat bij alle vakken uit de profielspecifieke delen het geval is. Dat betekent dus 280 uur extra wiskunde in het schriftelijk examen voor alle profielen en voor het profiel C&M zelfs 360 uur.

Omdat er over de vakken en de studielast al veel gezegd en geschreven is wil ik wat deze tabel betreft slechts drie punten aanstippen en wel:

- het belang van de samenhang binnen de profielen
- het element verdieping/verbreding in het vrije deel
- de resultaten van een onderzoek naar de leerlingverdeling over de profielen.

Het belang van samenhang

De stuurgroep heeft vanaf het begin gewezen op het belang dat ze hecht aan de samenhang (afstemming) binnen elk van de profielen. Wat de β -profielen betreft kun je dan als het om inhoudelijke samenhang gaat bijvoorbeeld denken aan de wijze waarop binnen de β -vakken modellen worden gehanteerd. Dit dient binnen de β -profielen zodanig op elkaar afgestemd te worden dat er geen verwarring ontstaat bij de leerlingen over wat een model is.

Zo moet voorkomen worden dat de natuurkundeleraar het heeft over elastisch botsende bolletjes om het gedrag van gassen en dampen te verklaren, terwijl de scheikunde leraar het bijna tegelijkertijd heeft over de binding van atomen via een elektronenpaar, zonder dat voor de leerling duidelijk wordt of dat iets met elkaar te maken heeft. De stuurgroep hoopt dat de secties op de scholen de handen ineen zullen slaan om de afstemming tussen de profielvakken zoveel mogelijk te realiseren en daar gemeenschappelijk verantwoordelijkheid voor te nemen. Daarbij zal het helpen dat een groot aantal vakvaardigheden gemeenschappelijk is bij de natuurwetenschappen en dat ook de drie contextgebieden (gezondheid, natuur en milieu, en techniek) gemeenschappelijk zijn gekozen. Uiteraard is samenwerking tussen de secties eveneens van groot belang voor het nieuwe vak Algemene Natuurwetenschappen teneinde dit handen en voeten te geven. Een mogelijkheid zou kunnen zijn profielteams in het leven te roepen die de samenhang binnen de profielen zoveel mogelijk bewaken en bestaan uit leraren die in dat profiel onderwijs geven.

Het element verdieping/verbreding

Momenteel geldt, dat uitgaande van 30 lessen per week ongeveer 90% van de tijd besteed wordt aan examenvakken en 10% geheel vrij is ter keuze van de school. In die 10% kan o.m. godsdienstonderwijs worden gegeven.

Tabel I vwo-profielen zoals door de 2e kamer vastgesteld

Gemeenschappelijk deel	oud	nieuw
	2240	1960
nederlands	480	480
engels	400	400
frans 1	160	160
duits 1	160	160
algemene natuurwetenschappen	200	200
geschiedenis/maatschappijleer	200	200
culturele en kunstzinnige vorming 1	200	200
wiskunde	280	-
lichamelijke opvoeding	160	160
Cultuur en maatschappij	oud	nieuw
	1560	1840
taal	360	320
taal of wiskunde A (oud); taal of filosofie (nieuw)	360	320
culturele en kunstzinnige vorming 2, 3	480	480
geschiedenis	360	360
wiskunde	-	360
Economie en maatschappij	oud	nieuw
	1560	1840
economie	520	520
wiskunde	320	600
aardrijkskunde	360	360
geschiedenis	360	360
Natuur en gezondheid	oud	nieuw
	1560	1840
biologie	480	480
natuurkunde	360	360
scheikunde	400	400
wiskunde	320	600
Natuur en techniek	oud	nieuw
	1560	1840
natuurkunde	560	560
scheikunde	520	520
wiskunde	480	760
vrije ruimte	1000*	1000*

* waarvan te vullen met examenvakken tenminste 480 uur

Aansluitend daarop wordt nu in het nieuwe examenbesluit vastgelegd dat de helft van de vrije ruimte (dat komt overeen met 10% van de totale bovenbouw studielast), beschikbaar is voor door school en/of leerling zelf te kiezen programma-onderdelen die buiten de examenvoorbereiding mogen vallen. In de andere helft van de vrije ruimte moeten examenonderdelen worden gekozen. Voor het vwo komt het er op neer dat 520 uur besteed kan worden aan onderwerpen die buiten de examenvoorbereiding vallen. Voor het havo gaat het daarbij om 320 uur. Hieronder volgen vier voorbeelden van onderwerpen die zich volgens de stuurgroep goed zouden lenen voor die 520 uur echt vrije ruimte. Deze onderwerpen heeft de stuurgroep steeds samengevat onder de titel verdieping/verbreding.

1. Profilering van de school

Een school kan zich bijvoorbeeld profileren via de levensbeschouwelijke vorming die de school aanbiedt. Ook kan ze dat doen door het accent te leggen op natuur en milieu educatie of informatica en techniek onderwijs, etc.

2. Oriëntatie op het vervolgonderwijs

De oriëntaties op het hoger onderwijs en beroep lopen langs twee wegen, enerzijds via de schoolvakdocenten in de lessen en anderzijds via aansluitingsmodules in de vrije ruimte.

Voor het vwo gaat het in de vrije ruimte om 3 aansluitingsmodules van elk 40 studielasturen. Het eerste moduul is een "verkenning" van meerdere vervolgopties. De opbrengst van dit moduul dient een verantwoorde keuze voor een vervolgoptie te zijn. Het tweede moduul betreft de kennismaking met één vervolgoptie. Voor sommige vakken (muziek, lichamelijke opvoeding) zijn in samenwerking met het H.B.O. aansluitingsmodules ontwikkeld, waarmee de leerling een goede kijk krijgt op wat hem/haar te wachten staat als hij/zij op het hbo een bepaalde studie kiest. Deze aansluitingsmodules mogen in principe voor alle vervolgstudies in het hoger onderwijs ontwikkeld worden. Een aantal vakken zijn daar dan ook mee bezig.

Het derde moduul is een "verdere verdieping in studie en loopbaan". De leerling verricht daartoe een eigen onderzoek. De leerling hoeft niet alle modules te kiezen maar kan uit deze modules een keuze maken.

Leerlingen van het vwo mogen wel alle drie de modules kiezen, havo leerlingen echter maximaal 2 van de 3.

Of de school alle mogelijkheden aanbiedt wordt door de school zelf bepaald. In het voorjaar van 1997 brengt het proces management V.O. een brochure uit over deze aansluitingsmodules, teneinde daar zoveel mogelijk helderheid over te verschaffen.

3. Persoonlijke ontwikkeling

Een leerling kan door het lidmaatschap van de medezeggenschapsraad of door het bekleden van een bestuursfunctie studiepunten verwerven, mits hij daaraan

serieus werkt en door bijvoorbeeld de docent maatschappijleer begeleid wordt.

Zo zou de leerling bijvoorbeeld een verslag over zijn ervaringen in de medezeggenschapsraad kunnen schrijven waarbij hij een onderbouwd oordeel geeft over de kwaliteit van de besluiten en van het besluitvormingsproces en dit eventueel vergelijken met soortgelijke raden elders.

4. Verbreding en verdieping

Dit is voor de exacte vakken de meest interessante optie omdat je nu studiepunten kan vergaren voor activiteiten als:

- het volgen van masterclasses over b.v. relativiteitstheorie, chaostheorie, elementaire deeltjes, meteorologie, etc.
- het meedoen aan Olympiades bij wiskunde of een der natuurwetenschappen, etc.

Sommige universiteiten geven blijk mee te willen helpen om deze activiteiten handen en voeten te geven. Zo heeft de Universiteit Utrecht elke school een handboek gestuurd waarin ongeveer 60 onderwerpen worden beschreven die zich lenen voor een spreekbeurt, scriptie of werkstuk. Aangegeven wordt hoe men over het onderwerp zo efficiënt mogelijk informatie kan verzamelen. Het boekwerk getiteld: "Van aardbeving tot zonne-energie" is met behulp van een aantal leerlingen tot stand gekomen. Voorbeelden van onderwerpen zijn: geschiedenis van cijfers, deltawerken, robots, natuurlijke krachten, relativiteitstheorie, gen.therapie, etc.

Leerlingverdeling over de profielen

In de loop van de discussies over de veranderingen in de 2e fase hebben velen zich afgevraagd hoe de leerlingen zich over de profielen zullen gaan verdelen. Zullen er bijna lege en hele volle profielen ontstaan of zal de verdeling redelijk gelijkmatig zijn. Er zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd om te proberen daar enig zicht op te krijgen.

Het meest recente is uitgevoerd door het scholennetwerk Midden Nederland met steun van Meso-consult. Het betreft hier 1200 leerlingen uit 8 scholen, verdeeld over de vwo en havo afdeling. Aan deze leerlingen werd, nadat duidelijke schriftelijke informatie over de profielen was verstrekt, onder meer gevraagd welk profiel zij zouden kiezen als dat nu al mogelijk zou zijn.

Hoewel het hier slechts 8 scholen betreft stemmen de resultaten behoorlijk overeen met reeds eerder uitgevoerde onderzoeken zodat we toch enig vertrouwen in de uitkomst mogen hebben.

In de tabel zien we dat de leerlingen van deze scholen zich met name in het vwo redelijk gelijkmatig over de profielen verdeeld hebben.

Tabel II: Leerlingenverdeling over de profielen in %

%	NT	NG	EM	CM
vwo	23	22	29	26
havo	18	21	30	31

Naast de mogelijke leerlingenverdeling kunnen uit het onderzoeksmateriaal nog enige andere interessante gegevens worden afgeleid. Deze volgen hieronder puntsgewijs:

- 34% van de meisjes en 57% van de jongens in het vwo kiest een β -profiel
- als je rekening houdt met de natuurkundekeuze in de vrije ruimte door leerlingen uit andere profielen dan Natuur en Techniek, blijkt dat 33% van de vwo-leerlingen N_{1+2} kiest en 17% alleen N_1 . 50% van de vwo-leerlingen zou dus natuurkunde hebben gekozen in zijn examenvorbereiding. Momenteel kiest 45% natuurkunde.
- 75% van de meisjes in het vwo kiest één der profielen NG of CM en 75% van de vwo-jongens NT en EM. Het lijkt er dus op dat er jongens en meisjes profielen zullen komen of beter gezegd zullen blijven bestaan. Het duidelijkst is dat zichtbaar voor de profielen NG en CM. Want 80% van de leerlingen die CM zouden kiezen zijn meisjes. Het NT-profiel bestaat daarentegen voor 80% uit jongens.
- wat het havo betreft ziet het er hier en daar wat anders uit. 43% van alle havo leerlingen kiest volgens de onderzoeksresultaten natuurkunde in zijn eindexamenvorbereiding en dat is nu 31%. Het percentage jongens zal daarbij gelijk blijven (51%), maar het percentage meisjes neemt toe van 12% naar 31%. Voorwaar een grote verandering als deze onderzoeksuitkomst zou worden bevestigd.
- uit hetzelfde onderzoek blijkt dat 25% van de leerlingen in de vrije ruimte zal kiezen voor het genoemde moduul "oriëntatie op het vervolgonderwijs". Kennelijk is daar een behoorlijke behoefte aan.
- 10% van de leerlingen verwacht studiepunten te kunnen verwerven via "persoonlijke ontwikkeling", door actief te zijn in het bestuur van de schoolvereniging, de medezeggenschapsraad of de schoolkrant.
- als afsluiting van deze onderzoeksresultaten zou ik willen wijzen op de grote onderlinge verschillen tussen deze 8 scholen. Zo kiest in een van de scholen 16% van de leerlingen Nat2 in de vrije ruimte, terwijl in een andere school niemand dat kiest. Er is dus voorzichtigheid geboden met het hanteren van deze cijfers.

Examens

Nu we in grote lijnen aandacht besteed hebben aan enkele facetten van de β -profielen en het studiehuis rest mij nog iets te zeggen over de examens.

Het examen kent een schoolexamen (SE) in de vorm van een examendossier en voor een behoorlijk aantal vakken ook een Centraal Schriftelijk Examen (CSE).

De vakken die alleen een schoolexamen hebben bevinden zich in het gemeenschappelijke deel (b.v. algemene natuurwetenschappen, geschiedenis, culturele en kunstzinnige vorming, wiskunde, etc.) en in het vrije deel (b.v. informatica).

Deze vakken kunnen eerder dan in het examenjaar worden afgesloten (b.v. in het voorexamenjaar).

Vakken met een SE en een CSE zijn b.v. ned, eng, fr, du

uit het gemeenschappelijke deel, alle vakken uit de profielspecifieke delen (zoals: nat, sch, wisk en bio) en enkele vakken uit het vrije deel zoals: filosofie en management en organisatie. Vakken met CSE en een SE sluiten aan het eind van de schoolperiode af. De leerling mag, net als nu het geval is, pas aan het CSE deelnemen als het SE is afgesloten. Voor elk profiel is evenveel examentijd beschikbaar. Dat impliceert dat er bij meer vakken in het profiel minder examentijd per vak is. Voor natuurkunde geldt voor beide profielen een examentijd van 3 uur. Daaraan verandert dus niets vergeleken met de huidige situatie. Er zal een juni- en een augustusexamen worden georganiseerd. Het juni-examen valt in de eerste helft van juni en wordt (net als nu) kort daarna gevolgd door een calamiteitenexamen voor leerlingen die ziek waren tijdens het examen of anderszins niet aanwezig konden zijn. Daarnaast zal (zo is het voorstel van de stuurgroep) half augustus nogmaals een examen worden afgenomen voor leerlingen die gezakt zijn voor het juni-examen. Zij zullen echter maximaal 2 vakken mogen overdoen en dienen daarmee zodanige cijfers te kunnen behalen dat zij alsnog slagen. Het augustus-examen zou per regio georganiseerd kunnen worden, waarbij elke school éénmaal in de zoveel jaar aan de beurt is. Hierover zijn de discussies echter nog in volle gang.

Het schoolexamen

Het schoolexamen heeft de vorm van een examendossier en kent voor de β -vakken vier onderdelen (toetsvormen) namelijk:

- schriftelijke toetsen
- praktische opdrachten
- een profielwerkstuk
- een handelingsdeel

Bij de schriftelijke toetsen gaat het om het toetsen van kennis en inzicht bij de leerlingen. Daarbij mag de school beslissen of de leerlingen tijdens de toets bronnen (Binas, CD-Rom, boeken, etc.) mogen raadplegen.

Het eindcijfer van het schoolexamen mag voor 40% door deze schriftelijke toetsen worden bepaald. Daarnaast dient de leerling een aantal praktische opdrachten uit te voeren. Deze bepalen voor 60% het cijfer voor het schoolexamen. De praktische opdrachten voor het examen zijn onder te verdelen in:

- a. een practicum gedeelte (studielast 1-3 uur)
- b. een keuze gedeelte. Daarbij kan worden gekozen uit:
 - . een beperkt natuurkundig onderzoek uitvoeren
 - . een technisch ontwerp maken en
 - . een literatuurstudie doen.

De leerling dient tenminste 2 opdrachten (elk met een studielast van 10 uur) uit de b-categorie te kiezen. Tenminste één daarvan moet met een groep van ca. 3 leerlingen worden uitgevoerd om samenwerkingsvaardigheden aan de orde te laten komen. Bij alle praktische opdrachten zal verslaggeving in een of andere vorm (mondeling, schriftelijk, poster, beargumenteerde stellingen, het product van een ontwerpopdracht met bijbehorende documentatie, etc.) moeten plaats vinden. Docent en leerling bewa-

ken samen de variatie in de praktische opdrachten, d.w.z. de verdeling daarvan over de profielvakken. Bij de praktische opdrachten gaat het vooral om het toetsen en aanleren van vaardigheden. Daarbij gaat het steeds om een mengsel van toetsen en oefenen. Als het toetsen en oefenen gescheiden zou moeten worden gaat dat te veel studielasturen vergen.

Als een leerling voor een der schriftelijke toetsen of praktische opdrachten een onvoldoende heeft gehaald mag hij om een herkansing vragen. Daarbij dient hij er rekening mee te houden dat slechts één op de drie onderdelen "herkanst" mag worden.

Eén van de praktische opdrachten dient uit te groeien tot een profielwerkstuk, een soort "meesterproef" of "afstudeerwerkstuk". Het profielwerkstuk heeft een studielast van ongeveer 80 uur en dient te liggen op het terrein van twee of meer profielvakken. Bij het profielwerkstuk wordt het doorlopen proces (onderwerpkeuze, vraagstelling, werkwijze, hulpbronnen, etc.) gedocumenteerd en in de beoordeling betrokken.

Het cijfer van het profielwerkstuk moet voldoende zijn. Zo lang het niet voldoende is moet de leerling er aan blijven werken. Het kan tenslotte beoordeeld worden met "voldoende" of "goed". Het werkstuk is deel van het examendossier maar heeft een aparte plaats en wordt niet meegenomen bij het bepalen van het eindcijfer voor het examendossier.

Het vierde element van het examendossier is het handelingsgedeelte. Dit omvat activiteiten die een leerling "naar behoren" gedaan moet hebben en over het algemeen een oriënterend karakter hebben. Zo kan een leerling over een natuurwetenschappelijk TV-programma of over een excursie naar een natuurwetenschappelijke instelling een kort verslag maken waarbij hij zijn voorbereiding, opgedane ervaringen en reflectie daarop beschrijft of vertelt. Dit kan bijdragen aan zijn kennis over een mogelijke vervolgstudie en over een toekomstig beroep. Een studie- en beroepsoriëntatie dus langs de vaklijn. Een ander punt dat tot het handelingsgedeelte gerekend kan worden is het gebruik door leerlingen bij het examen van toepassingen van de informatie- en communicatie technologie (ICT) zoals het raadplegen van bestanden, gegevensbanken en informatiesystemen met behulp van een computer (netwerk), geautomatiseerde zoeksystemen in bibliotheek en mediatheek, tekstverwerking, wiskundige bewerkingen, spreadsheets, modellen en simulaties, grafische rekenmachines. Daarbij zij opgemerkt dat lang niet alle scholen over een goede infrastructuur beschikken m.b.t. de informatie en communicatie technologie. Dat mag natuurlijk niet op de leerlingen worden afgewenteld met als gevolg dat het "naar behoren aan de eisen voldaan hebben" voor verschillende scholen een andere betekenis kan hebben.

De slaag/zakregeling

Ook de slaag/zakregeling in de vernieuwde tweede fase heeft langzamerhand zijn definitieve vorm gekregen (ofschon de discussie nog gaande is) en wordt door de

staatssecretaris als volgt omschreven.

Een kandidaat is geslaagd wanneer het gemiddelde van de cijfers voor alle vakken 6.0 of meer bedraagt en er niet meer dan twee onvoldoendes zijn behaald, waarvan ten hoogste één vier en geen cijfer lager dan vier, en tevens het gemiddelde van de cijfers voor de vakken in het profieldeel 6.0 of meer bedraagt, en er voor deze vakken ten hoogste één onvoldoende is behaald.

Het vakkenpakket is altijd zo samengesteld dat men voor tenminste één profiel kan slagen. Als het vakkenpakket zo is samengesteld dat men voor meer dan één profiel kan slagen (door de keuze van vakken en de vrije ruimte) wordt na afloop van het examen bepaald voor welk profiel (of welke profielen) men is geslaagd.

Bij deze slaag/zakregeling worden de vakken culturele en kunstzinnige vorming en lichamelijke opvoeding uit het gemeenschappelijke deel en het profielwerkstuk betrokken als handelingsdeel, ze worden met voldoende of goed beoordeeld maar de beoordeling weegt niet mee bij de berekening van het gemiddelde eindexamencijfer in verband met de slaag/zakregeling.

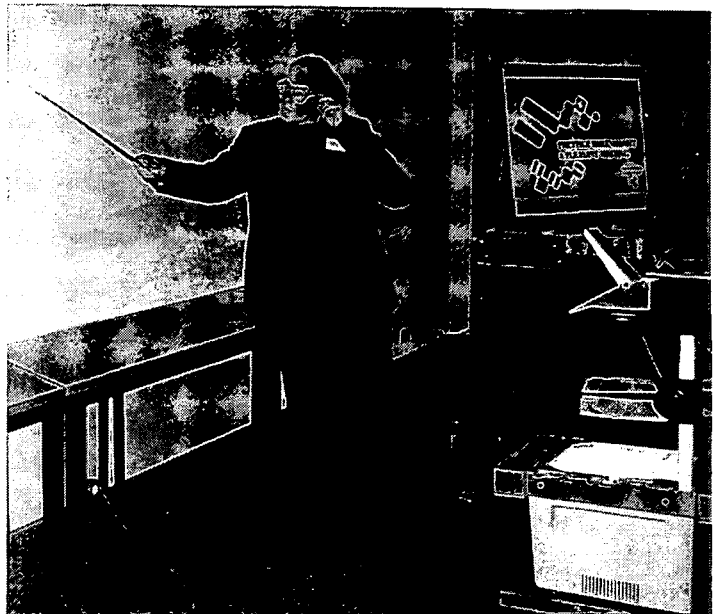
Vergeleken met de huidige situatie wordt het aantal onvoldoendes iets soepeler gehanteerd. In de nieuwe bovenbouw kan men slagen met één vijf en één vier. Nu kan dat niet en zakt men met één vier en één vijf. Daar staat tegenover dat het aantal vakken in de nieuwe situatie nagenoeg is verdubbeld. Nu tellen 7 vakken mee in de slaag/zak discussie. In de vernieuwde 2e fase zullen 13-15 vakken meetellen afhankelijk van het gekozen profiel en de keuze in de vrije ruimte. Dus alles bijeengenomen lijkt me de nieuwe regeling eerder zwaarder dan lichter. De discussie hierover is dan ook nog niet ten einde.

Aangekomen bij het eind van de zo juist beschreven slaag/zak regeling voor het eindexamen ben ik ook aangeland bij het eind van de door de stuurgroep bepleite veranderingen in de 2e fase van het voortgezet onderwijs en daarmee ook aan het eind van mijn betoog.



Het Natuurkunde-Curriculum onder Druk

Ch. G. van Weert



*We do not know what is happening,
and that is what is happening.*
José Ortega Y Gasset

Samenvatting

Het aantal studenten natuurkunde en sterrenkunde loopt terug, evenals het aantal scheikunde- en wiskunde-studenten. De universiteiten denken daaraan wat te kunnen doen door de opleidingen breder te maken dan alleen een onderzoekersopleiding. Dit betekent voor traditionele opleidingen zoals natuurkunde een moeizaam proces van heroriëntatie op vorm en inhoud van het onderwijs. Er is een opvallende parallel met de inrichting van het studiehuis en de profielen in de tweede fase. De waar schuwing is dat de discussie over de vorm van het onderwijs en de didactiek in het studiehuis (het thema van deze conferentie) de discussie over de vakinhoud van de profielen geheel dreigt te overschaduwen. Voor een vitalisering van het vak natuurkunde in de tweede fase moet een vernieuwing van de inhoud in de context van de natuurwetenschap nu voorrang krijgen.

Drijvende krachten

Zeer specifiek voor natuurkunde is dat het een "onderzoeksvak" is, althans zo wordt het vak thans aan de universiteit onderwezen. En dat scheidt een probleem. Niet dat er iets mis is met het onderzoek, in tegendeel, nog onlangs concludeerde een internationale commissie die het natuurkundig onderzoek aan negen nederlandse universiteiten heeft beoordeeld dat zeker tien procent van het natuurkundig onderzoek tot de wereldtop behoort. Al eerder had een andere internationale commissie het nederlandse sterrenkundig onderzoek de hemel in geprezen.

Ondanks deze prestaties gaat het met het onderwijs in deze vakken minder goed. De drie belangrijkste oorzaken hiervoor zijn:

- 1) dalende instroom van studenten,
- 2) veranderingen op de arbeidsmarkt,
- 3) (studie)financiering.

(studie)financiering

Om met het laatste te beginnen, natuurkunde is een moeilijke studie die veel van de studenten vraagt; na medische studenten werken natuurkundestudenten het hardst aan hun studie. Toch duurt het gemiddeld 5,5 jaar voordat een doctoraal-examen wordt behaald door diegenen die het tot het einde vol houden. Het propedeuserendement ligt tussen de 60-70% en vertoont een licht dalende tendens. Het doctoraal-rendement (de verhouding tussen het aantal doctoraal-behalers na zeven jaar en het netto aantal studenten dat aan de doctoraalfase begint) heeft al jaren een constante waarde van 90-100%. Het overgrote deel van de studenten doet langer tot veel langer over de studie dan de vier jaar die er voor staat, of haakt ergens af. Sinds vorig jaar is de nominale cursusduur van de natuurkunde opleidingen aan de technische universiteiten opgerekt naar vijf jaar. De natuurkunde en sterrenkunde studenten aan de algemene universiteiten, daarentegen, moeten het nog steeds doen in vier jaar; een merkwaardige tweedeling waartegen de natuur- en sterrenkunde opleidingen zeer sterk protesteren, omdat er in zwaarte geen enkel verschil is tussen een opleiding technische natuurkunde en de opleidingen natuurkunde en sterrenkunde aan algemene universiteiten.

De overheid voert echter een beleid waarin weinig waardering blijkt voor zulke inspanningen. Er wordt bespaard op de studiefinanciering, hetgeen studenten noopt om meer bij te verdienen, en er wordt bespaard op de uitgaven van het universitair onderwijs door slechts vier jaar studie te financieren, ongeacht de feitelijk studieduur. De overheid hoopt hierdoor een besparing te bereiken van ongeveer 60.000 studentjaren na het jaar 2000. Er is dus een grote financiële druk op de faculteiten om een beter "studeerbaar" onderwijsprogramma aan te bieden, d.w.z. een minder zwaar onderwijsprogramma.

veranderingen op de arbeidsmarkt

Ook aan de uitstroomkant is er veel in beweging. Net zoals voor afgestudeerden van andere studies geldt dat het vinden van een baan niet vanzelf gaat. Een flink aantal

jonge fysici is enige maanden op zoek naar een betrekking. Slechts 16% van de niet-gepromoveerden vindt werk dat is gerelateerd aan het vakgebied van afstuderen, de anderen vaak in de automatisering. Ongeveer 55% neemt een tijdelijke baan als AIO of OIO om te promoveren. Het probleem is om daarna een vaste baan te vinden. Ongeveer 50% van de gepromoveerden gaat naar het bedrijfsleven, ongeveer 20% naar het buitenland, vaak voor een tijdelijke post-doc positie. Minder dan 10% ziet kans een baan te vinden aan een academische instelling. Als we dit afzetten tegen de arbeidsmarkt als geheel dan doen fysici het helemaal niet zo gek. Het is echter wel zo dat banen in het natuurkundig en sterrenkundig onderzoek schaars zijn, zowel aan de universiteiten als bij grote bedrijven. Ook worden andere eisen gesteld door de werkgevers, dan een paar jaar geleden. Men is erg op zoek naar jonge academici met aangepaste sociale omgangsvormen, die zich goed kunnen uitdrukken en presenteren. Werkgevers vinden wel eens dat natuurkundigen in dit soort zaken niet uitblinken en dat hieraan meer aandacht moet worden gegeven tijdens de studie. Het onderwijsprogramma moet dus niet alleen studeerbaarder worden maar ook socialer met meer groepswork, projecten etc.

dalende instroom van studenten

Het meest zorgelijke aspect is echter de steeds dalende instroom. In de tabel staan de cijfers voor de laatste 3 jaar. Die cijfers zijn: ongeveer 300 eerstejaars bij de zes algemene universiteiten (universiteit van Amsterdam, de vrije universiteit, en de universiteiten te Leiden, Utrecht, Groningen Nijmegen), en ongeveer evenveel bij de drie technische universiteiten (Delft, Eindhoven, Twente). Hoewel de daling voor een groot deel verklaard kan worden uit de demografische vermindering van het totaal aantal VWO-scholieren, een afname met 30% in de afgelopen 12 jaar, is er meer aan de hand. Dit blijkt b.v. uit het feit dat het afgelopen jaar de totale instroom aan alle universiteiten is gedaald met 2,3 %, maar de instroom natuurkunde en sterrenkunde met 10%. Het gevolg is een instroom die het laagste is sinds 1976.

	1994	1995	1996
alg universiteiten	364	325	293
tech universiteiten	332	314	285
totaal	696	639	578

Tabel 1: Instroom eerstejaars natuur- en sterrenkunde.

De oorzaak is moeilijk exact aan te geven, maar het is wel duidelijk dat voor aspirant studenten die kosten en baten van een natuurkunde studie afwegen, de balans steeds vaker negatief is; hard werken en lang studeren, zonder een duidelijke voorsprong op de banenmarkt. Bovendien is het vakgebied nog steeds niet erg in trek bij meisjes. In dit opzicht blijven natuurkunde en sterrenkunde ver achter bij medische en biologische studierichtingen.

enquête

Kort geleden liet de faculteit WINS (Wiskunde, Informatica, Natuurkunde en Sterrenkunde van de Universiteit van Amsterdam) een uitvoerig onderzoek naar het keuzegedrag van scholieren uitvoeren. Enkele interessante conclusies zijn: de interesse in een vakgebied is in hoofdzaak bepalend voor de studiekeuze. Enkele andere factoren zijn: de arbeidsmarkt, en goede cijfers voor bèta-vakken. In de onderstaande tabel staat dit weergegeven.

	scholieren	studenten
interesse	89%	88%
arbeidsmarkt	47%	41%
goede cijfers	24%	27%
buitenland	14%	4%
keuzevrijheid	15%	0%

Tabel 2: Keuzemotieven van scholieren en eerste-jaars studenten.

Bron: onderzoek Stichting leerstoel marktbeleid en markt-onderzoek 1996

In het onderzoek is ook gevraagd waarom scholieren geen bèta-studie kiezen; de antwoorden zijn enigszins voorspelbaar, maar toch nog negatiever dan verwacht. Redenen die genoemd worden zijn: bèta-studies zijn niet praktijkgericht en "nerderig", de arbeidsmarkt is slecht. Zeer verrassend komt uit het onderzoek naar voren dat volgens de ondervraagde scholieren schooldecanen zeer slecht op de hoogte zijn van de inhoud en beroepsmogelijkheden. Bovendien werken schooldecanen sterk rolbevestigend: "bèta-studies zijn iets voor sociaal onhandige lieden".

Aanpassingen in het WO

Hoe hebben de universiteiten en faculteiten van de bedreigde studierichtingen natuurkunde en sterrenkunde de afgelopen jaren gereageerd op deze veranderingen? Eigenlijk net als een bedrijf dat dreigt in de rode cijfers te komen. Men probeert eerst met voorlichting, advertenties en andere vormen van reclame een positief beeld te schetsen van het product. Als dan blijkt dat het toch niet alleen aan de beeldvorming kan liggen, komt er een proces op gang waarbij men ook intern orde op zaken gaat stellen. Voor de faculteiten natuurkunde en sterrenkunde verloopt dit proces in een aantal opeenvolgende stadia die ik zal aanduiden met voorlichting, werving, studeerbaarheid en curriculumherziening. Vooral de laatste twee stadia hebben veel gemeen met de herstructurering van de tweede fase van VWO/HAVO. De parallellen met het studiehuis en de inrichting van de profielen zijn zeer relevant voor de aansluiting VWO en WO.

voorlichting

Omstreeks 1985 begon de dalende instroom zich te manifesteren bij de bèta-faculteiten. De eerste reactie was dat er iets mis moest zijn met de beeldvorming van de scholieren. Om dit te corrigeren werd een flink budget voor voorlichting en reclame uitgetrokken. In Amsterdam ging

de bètaplus-campagne van start met pagina-grote advertenties in de dagbladen. Voor de vormgeving mocht de faculteit een zilveren brief van de reclame-wereld in ontvangst nemen. Ook op andere wijze werd de aandacht getrokken; door de organisatie van wetenschapsmarkten, open dagen, e.d. Allemaal initiatieven die in het algemeen zeer positief beoordeeld werden door de bezoekende scholieren en hun ouders. Toch was het resultaat tamelijk teleurstellend gemeten naar de instroom, want die bleef dalen.

werving

Het geringe succes van de voorlichting, deed actievere vormen van werving ontstaan. Bekend zijn geworden de Masterclasses die de Universiteit van Amsterdam vanaf 1992 als eerste ging organiseren voor goede 4-VWO scholieren. Onderwerpen als Relativiteitstheorie, Kosmologie en Zwarte gaten, bleken zeer in trek en dienden als voorbeeld voor andere universiteiten. En niet alleen bij natuurkunde en sterrenkunde; de Masterclass-gids van de Universiteit van Amsterdam vermeldt inmiddels Masterclasses voor vrijwel iedere studierichting.

Er kwamen op vele plaatsen ook tal van aansluitingsprojecten tot stand, met als doelstelling een nauwer contact tussen scholen en universiteiten. Er is inmiddels een groot netwerk opgebouwd, er komen stafleden op school, samen met de leraren worden bezoeken van leerlingen aan de universiteit voorbereid. Na afloop is er vaak ook nog een na-gesprek. Het verhaal over resultaten is gauw verteld; leerlingen zijn positief maar een meisje dat medicijnen wil studeren laat zich door zo'n bezoek niet verleiden toch voor natuurkunde te kiezen.

studeerbaarheid

Voor de universiteiten werd het duidelijk dat enige interne reflectie noodzakelijk was. De studie natuurkunde is lang en moeilijk, maar misschien geeft het vertrouwen als er een garantie is van studeerbaarheid en goede begeleiding. De visitatiecommissie die in 1988 de natuur- en sterrenkunde opleidingen onderzocht op kwaliteit deed hiertoe enkele aanbevelingen. Geleidelijk werden door de faculteiten natuur- en sterrenkunde op diverse manieren systemen van studiebegeleiding ingevoerd. In Amsterdam heette dat het Tutorproject, waarbij de begeleiding in de propedeuse voor een deel door VWO-natuurkunde leraren werd gedaan.

Deze experimenten zijn van belang nu ook het VWO bezig is de tweede fase van VWO/HAVO te herstructureren. De discussie over studiehuis heeft veel kenmerken gemeen met die van de studeerbaarheid op het WO. In het rapport van de commissie Wijnen van 1992 gaat het om "student-gecentreerd" onderwijs. Dit is nu ook de mantra geworden van het studiehuis: de leerling centraal, minder frontaal onderwijs, sterke stimulans van zelfstandig leren, de docent als 'facilitator'.

De ervaringen op het WO hebben bewezen dat met deze aanpak positieve resultaten geboekt kunnen worden. Deze liggen vooral in de positieve beoordeling van de werksfeer door studenten en docenten. Of er sprake is van een absolute verbetering van tentamenresultaten is moeilijker aan te tonen, hoewel de experimenten van Eric Mazur, zie zijn bijdrage aan deze conferentie, wel in deze richting wijzen. Voor de optiek van mijn verhaal is dat echter minder relevant, omdat het er om gaat of door veranderingen in de studieopzet en studiebegeleiding de natuurkunde een grotere aantrekkingskracht heeft gekregen. Dat blijkt in ieder geval niet uit de instroomcijfers, want die blijven dalen.

curriculumherziening

Daarmee zijn we in het heden aangeland, bij de pijnlijke waarheid, dat de bèta-studies het niet zullen redden zonder ingrepen in het curriculum. We kunnen er niet omheen: de natuurkundestudie is onaantrekkelijk t.o.v. andere disciplines, zoals economie, door een combinatie van een moeilijke imago, de lange studieduur, en de beperkte beroepskansen in het onderzoek. Als je met natuurkunde geen baan als natuurkundige kan krijgen, maar tenslotte na enige bijscholing wel een baan als manager in een bedrijf, waar bijna al je collegae econoom zijn, dan ligt de conclusie voor de hand dat een studie economie een gunstiger kosten/baten plaatje heeft. (Why become a scientist, when you can become his boss, is een Amerikaans gezegde in dit verband).

Tenzij natuurlijk de studie natuurkunde door veranderingen in het curriculum betere mogelijkheden weet te bieden op de arbeidsmarkt. En met dat proces van aanpassing zijn de faculteiten natuur- en sterrenkunde nu bezig. Er worden nieuwe varianten bedacht zoals combinatie-studies met een deel bèta-vakken (de major) en een deel een gamma-vak, zoals economie (de minor). En dit lijkt aan te slaan; een in 1996 gestarte nieuwe propedeuse aan de Universiteit van Amsterdam bestaande uit bèta-vakken (wiskunde, natuurkunde, scheikunde, biologie, informatica) en gamma-vakken (psychologie, economie, sociologie, filosofie) trok twee keer zoveel studenten als de gewone opleiding natuurkunde. Combinatiestudies zoals Medische fysica en Biofysica waren al populair, en het zou heel goed kunnen zijn dat in de toekomst de combinatiestudies de traditionele hoofdvak-studies gaan overschaduwen. Deze hervormingen worden door de wetenschappelijke staf niet unaniem als wenselijk ervaren, maar het lijkt onontkoombaar, onder meer omdat dezelfde ontwikkelingen ook elders in Europa en de verenigde Staten spelen.

Natuurkunde in de bèta-profielen

vakontwikkelgroep

Welke parallellen liggen hier nu met het VWO. Naar mijn mening is de les die de universiteiten geleerd hebben de volgende: de inhoud van het vak is belangrijker dan de vorm. Betrokken op het VWO en HAVO, een discussie over de "didactiek in het studiehuis" kan pas gevoerd

worden als de inhoud van het vak natuurkunde op HAVO en VWO aanzienlijk gemoderniseerd is. Anders zal het de positie van natuurkunde op de middelbare school net zo afkalven als die aan de universiteiten. En die modernisering moet verder gaan dan de eindtermen zoals die nu voor het nieuwe examen zijn geformuleerd door de vakontwikkelgroep natuurkunde.

Door het overhaaste schema waarin de nieuwe examenprogramma's tot stand moesten komen is er te weinig tijd geweest voor een grondige inhoudelijke discussie. Het overgrote deel van de tijd stond het studiehuis op de agenda; hoe onderwijs je vaardigheden, hoeveel lesuur per studielastuur, hoe past de WEN-lijst in de eindtermen. Vooral de voortdurende ijking van alle voorstellen aan het oude examenprogramma, was zeer tijdrovend en maakte op een relatieve buitenstaander, zoals ik mijzelf zie als lid van de vakontwikkelgroep, de indruk dat er naar gestreefd moest worden om zo weinig mogelijk te veranderen. Anders zou het "veld" niet willen meewerken aan de tot stand koming van het studiehuis.

Natuurleer

Een van de gemiste kansen is de geringe samenspraak met Scheikunde en Biologie. Daarop is al eerder gewezen door Peter Voogt, lid van de vakontwikkelgroep Biologie, en door Herman Hooyamers in zijn voordracht op deze conferentie. Weliswaar vergaderden de vakontwikkelgroepen Biologie, Natuurkunde, en Scheikunde steeds gezamenlijk, maar onder de tijdsdruk is er van overleg over de inhoud niet veel gekomen. Wel is uiteindelijk de lijst met vaardigheden voor de drie natuurwetenschappelijke vakken grotendeels gelijklopend geformuleerd.

Maar het hoeft hier niet bij te blijven. Met Scheikunde en Biologie zou er een curriculum-ontwikkeling kunnen plaatsvinden in de richting van wat in het engels de sciences heet, en waarvoor wij geen goed woord hebben. In het tijdschrift *Onze Taal* van september j.l. wordt "Natuurleer" voorgesteld als de minst slechte benaming. De opzet zou moeten zijn om te streven naar een zekere integratie van deze vakken, of althans de samenhang meer te benadrukken. Immers de belangrijke principes van de natuurkunde, zoals energiebehoud, zijn ook principes van de natuurleer. In het natuurkundige deel van de natuurleer zou de nadruk moeten vallen op datgene wat de natuurkunde uniek maakt, namelijk het universele, het zoeken naar algemeen geldende principes en het kwantitatieve, natuurwetten en wiskundige modellen. Juist in de context van de natuurwetenschap kan de natuurkunde heel goed tot haar recht komen als een "enabling science".

misvattingen

Dit heeft gevolgen voor het natuurkundecurriculum. Persoonlijk heb ik twijfels over de grote nadruk op mechanica in het middelbare school-pakket; m.i. is dit niet noodzakelijk, noch voor een goed begrip van de natuurkunde, noch voor de aansluiting met het WO. Ik zou zelfs

willen spreken van een misvatting. Maar die is waarschijnlijk het gevolg van een andere misvatting namelijk dat de natuurkunde op de middelbare school moet voorbereiden op de universitaire natuurkunde studie, dus voor 2% van de leerlingen. Het zou beter zijn om de eindtermen van de natuurkunde te richten op de 98% van de leerlingen waarvoor het profielvak natuurkunde eindonderwijs is. Dit hoeft geen verlaging van het niveau te betekenen maar wel een andere ordening van de leerstof.

Daarbij zou met vrucht gebruik gemaakt kunnen worden van de vele mogelijkheden die de computer biedt voor visualisatie, animatie, simulatie en symbolische manipulatie. Dan kan ook een andere misvatting uit de weg worden geruimd, namelijk dat natuurkunde saai en vervelend is. Wat mij betreft wordt het hoofddoel van de toekomstige curriculum ontwikkeling, het kweken van interesse voor de natuurkunde. Op dat altaar offer ik gaarne de derde wet van Newton, mechanische hefboomen, de horizontale worp en al die andere mechanica-onderwerpen die je altijd nog op een (technische) universiteit kan leren als je dat echt wil weten.

Moderne fysica

De gewonnen tijd zou ik willen besteden aan moderne natuurkunde. Daarbij denkt men al gauw aan relativiteitstheorie of quantummechanica. Nog afgezien van het feit dat ontwikkelingen van het begin van deze eeuw nauwelijks meer modern te noemen zijn, zou ik moderne fysica niet zo nauw willen definiëren. Waar het om gaat is dat er een te groot verschil is tussen de manier waarop de moderne fysica wordt beoefend en wat verteld wordt op de middelbare school. Volkomen onderbelicht blijft dat natuurkunde door de moderne ontwikkelingen een wetenschap is geworden waarin kans en onzekerheid een belangrijke rol spelen. In de schoolnatuurkunde overheerst nog steeds het determinisme van de 19e eeuw, met het Bohr-atoom, de bastaard geboren uit de onwettige verbintenis van de klassieke- en quantummechanische natuurkunde als eindpunt.

Wat natuurkunde modern maakt is meer aandacht voor de principes, want een principe als energiebehoud blijft geldig klassiek, relativistisch of quantummechanisch; meer aandacht ook voor statistiek en onzekerheid. In plaats van te schrappen zou het veldbegrip behandeld moeten worden en het begrip symmetrie. Het experiment moet waar mogelijk gebruikt worden om te laten zien waar de nieuwe ideeën vandaan komen. De moderne sterrenkunde en astrofysica zijn hiervoor een laboratorium bij uitstek. Bovendien, de sterrenkunde is vanouds een uitstekend vehikel om de belangstelling te wekken voor natuurwetenschap in het algemeen, en natuurkunde in het bijzonder.

Een laatste opmerking; het voorgaande moet niet de indruk wekken dat gepleit wordt voor een instantane ommekeer in het natuurkundecurriculum. Waar ik wel voor pleit is dat de huidige aandacht voor de didactiek

van het studiehuis, de reflectie op de inhoud van het vak niet in de weg gaat staan. Een vak als natuurkunde moet bij de leerling het gevoel oproepen dat je niet zonder kan. Anders is natuurkunde op de lange duur hetzelfde lot beschoren als Latijn, een dode taal die je alleen op elitaire scholen kan leren als uitdaging aan het pure intellect, maar maatschappelijk van weinig betekenis.

Referenties

W.H.F.W. Wijnen (voorzitter), *Te doen of niet te doen?* november 1992.

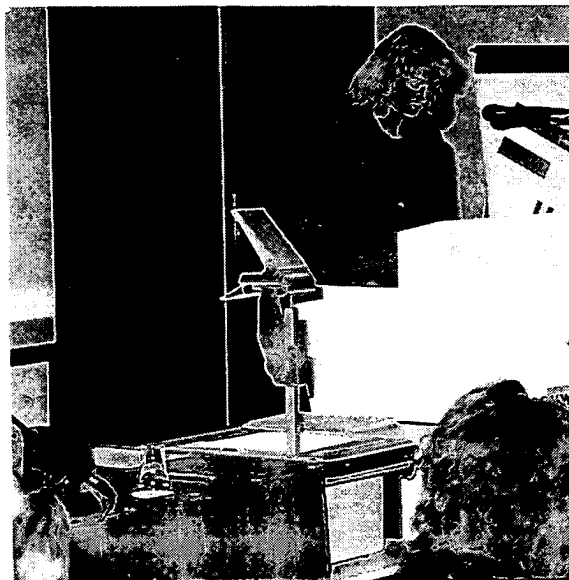
E. Mazur, *Understanding or memorization, are we teaching the right thing?* bijdrage aan deze Woudschotenconferentie.

Peter Voogt, in: *Over didactiek, Curriculumontwikkeling en Lerarenopleiding*, red Piet Lijnse en Theo Wubbels, IVLOS, 1996.



Het examendossier in ontwikkeling

M.E.M. van der Krogt



Wat is het examendossier?

Het examendossier vervangt in de vernieuwde tweede fase het huidige schoolonderzoek.

Het examendossier bestaat enerzijds uit lijst met eisen waaraan de leerling moet voldoen en anderzijds uit een klapper waarin alle toetsen en documenten met de daarbij behorende beoordelingen zijn opgenomen, waarmee de leerling heeft gedemonstreerd aan de lijst met eisen te voldoen.

Waarom een examendossier?

De vervanging van het schoolonderzoek door het examendossier maakt het (beter) mogelijk recht te doen aan de karakteristieken van de vernieuwde tweede fase waarin de leerling en het leerproces centraal staan:

- actief en zelfstandig leren;
- mogelijkheden onderscheid te maken en rekening te houden met verschillen tussen leerlingen;
- de docent meer als studie-begeleider dan als kennis-overdrager;
- flexibilisering van het onderwijsproces en toetsing.

De inhoud van het examendossier

Het examendossier bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 toetsen met gesloten en open vragen
- 2 praktische opdrachten
- 3 profielwerkstuk
- 4 handelingsdeel

ad1 Kennis en inzicht zullen grotendeels worden getoetst in de klassieke vorm van toetsen met een beperkte tijdsduur bestaande uit de bekende open en/of gesloten vragen. Deze toetsvorm kan met een correctiesleutel of met een correctievoorschrift beoordeeld worden.

ad2 Praktische opdrachten zijn primair bedoeld om algemene vaardigheden te toetsen. Vaardigheden zoals onderzoeksvaardigheden, ontwerpvaardigheden, informatieverwerkingsvaardigheden en communicatieve vaardigheden.

De omvang van deze opdrachten is qua studielast niet

onbeperkt. Naast korte opdrachten van een of enkele lesuren, zoals practica, zullen ook bij de exacte vakken meer omvangrijke opdrachten verspreid over enkele dagen of weken uitgevoerd moeten worden met een studiebelasting van 10 tot 20 uur per praktische opdracht.

Ook het aantal praktische opdrachten per vak kent z'n grenzen: gemiddeld twee tot drie praktische opdrachten verdeeld over twee jaar (havo) of drie jaar (vwo).

Bij de praktische opdracht wordt onderscheid gemaakt tussen de opdracht (bijvoorbeeld het literatuuronderzoek, het technisch ontwerp etc.) en de presentatie (bijvoorbeeld een geschreven verslag, een mondelinge presentatie, een videopresentatie etc.)

Voor de praktische opdrachten geldt dat zowel het proces als het geleverde product in de beoordeling betrokken moeten worden. De leerling zal daarvoor zijn activiteiten moeten documenteren. Dit kan gebeuren bijvoorbeeld aan de hand van een logboek dat de leerling zelf bijhoudt. Praktische opdrachten worden beoordeeld aan de hand van beoordelingscriteria die vooraf aan de leerling bekend zijn.

Het ontwerpen van deze beoordelingscriteria is van groot belang, omdat de opdrachten vaak niet even objectief beoordeeld kunnen worden als een gesloten of open-vragen toets. Bij de ontwikkeling van voorbeeldmateriaal van praktische opdrachten door het Cito wordt hier veel aandacht aan besteed.

Daarnaast is het niet wenselijk dat bij alle vakken binnen een profiel alle vormen van praktische opdrachten getoetst worden en dat alle presentatiewijzen bij elk vak aan de orde komen. Dat zou leiden tot een ongewenste herhaling.

ad3 Het profielwerkstuk is een omvangrijke opdracht met een studielast van 40 tot 80 studielasturen voor havo en 80 studielasturen voor vwo. Het werkstuk moet minimaal twee vakken uit het gekozen profiel bevatten. Naast toetsing van vaardigheden in combinatie met kennis en inzicht vindt hier ook integratie plaats van de leerstof uit minimaal twee vakgebieden.

Ook voor het profielwerkstuk geldt dat zowel het proces als het geleverde product in de beoordeling moeten wor-

den meegenomen aan de hand van vooraf voor de leerling bekende beoordelingscriteria.

ad4 Het handelingsdeel bestaat uit een of meer activiteiten die de leerling moet uitvoeren, maar waarvoor het moeilijk of ongewenst is een cijfer toe te kennen. Deze handelingsopdrachten worden dus niet becijferd, maar dient de leerling zogezegd 'naar behoren' uit te voeren. Onder het handelingsdeel vallen voor de exacte vakken bijvoorbeeld oriëntatie op studie en beroep en het deelnemen aan een excursie. Het is de bedoeling dat elke leerling minstens één opdracht uitvoert die hiermee te maken heeft. Voor het handelingsdeel worden, net als bij de praktische opdrachten, opdrachten gegeven.

De weging van de vier onderdelen voor het examendossier is als volgt:

- 40% van het schoolcijfer wordt bepaald door toetsen met open vragen en gesloten vragen;
- 60% van het schoolcijfer wordt bepaald door praktische opdrachten;
- het handelingsdeel levert geen cijfer op, maar dient naar behoren te worden afgerond voor het examendossier;
- het profielwerkstuk levert geen cijfer op, maar moet met een voldoende worden gewaardeerd (of met een waardering goed) om het examendossier te kunnen afsluiten.

De leerling zal gedurende zijn gehele verblijf in de tweede fase toetsen en praktische opdrachten maken en onderdelen van het handelingsdeel uitvoeren, die onderdeel zijn van zijn of haar examendossier.

Project Netwerk Examendossier

Onder auspiciën van het Procesmanagement Voortgezet Onderwijs is het CITO samen met een netwerk van zes scholen een project gestart om ervaring op te doen met een schoolexamen in de vorm van een examendossier. Het project 'netwerk examendossier' is op 1 augustus 1996 gestart en heeft een looptijd van 2 jaar.

De doelstellingen van het project netwerk examendossier zijn:

- Ontwikkelen van een op het examendossier toegespitst instrumentarium en ervaring opdoen met de organisatie ten behoeve van de ondersteuning van scholen bij de landelijke invoering (beoogd in 1998).
- Opleveren van knelpunten (en oplossingen) en aanbevelingen met betrekking tot uitvoeringsaspecten van het examendossier.
- Opleveren van mogelijke varianten van het examendossier.

Doelen voor de deelnemende scholen zelf:

- Ervaring opdoen met het examendossier zodat bij de integrale invoering in 1998 richtlijnen, aanbevelingen en hulpmiddelen beschikbaar zijn voor de gehele school.

- Experimenteren met de mogelijkheden van de verschillende varianten binnen het examendossier in het kader van de eigen school.

De concrete opdracht waar de netwerkscholen aan werken is de huidige schoolonderzoeken voor de betrokken vakken om te vormen tot een examendossier. Op deze manier kan worden onderzocht wat precies de problemen zijn waar scholen tegenaan kunnen lopen en wat mogelijke oplossingen zijn. Op basis van de opgedane ervaringen kan dan hulp aan scholen worden geboden bij de invoering van de vernieuwde tweede fase.

Een complicerende factor is dat het project moet worden uitgevoerd binnen de eisen van de huidige examenprogramma's. De leerlingen mogen dan ook geen enkel nadelig gevolg ondervinden van hun deelname aan dit project voor hun deelname aan het centraal examen.

De scholen die aan het project deelnemen, gebruiken het examenprogramma als een studieprogramma voor de leerlingen, waarbij de school de meest gewenste begeleiding biedt die kan variëren van klassikale instructie en kennisoverdracht tot begeleiding op afroep en zelfstudie.

Het profielwerkstuk is buiten dit project gelaten. Hier is een apart project voor opgezet. Tijdens de conferentie is dit onderwerp in een workshop aan de orde geweest.

Organisatie van het project Netwerk Examendossier

De 6 deelnemende scholen zijn verdeeld in koppels van 2 over de volgende 3 clusters:

- . talen
- . exacte vakken
- . mens- & maatschappijvakken.

school	1	2	3	4	5	6
	Ne	Ne	Bi	Bi	Ak	Ak
	En	En	Na	Na	Gs	Gs
	MVT 1	MVT1	Sk	Sk	M1	M1
	MVT 2	MVT2	Wi	Wi	Ec	Ec

De scholen voeren het examendossier in voor zowel havo als vwo. In het schooljaar 1996/1997 voor 4 havo en 5 vwo; in het schooljaar 1997/1998 voor 5 havo en 6 vwo. De docenten staan voor de volgende vragen om die op te lossen:

- 1 Welk instrumentarium hebben de scholen nodig om binnen de vastgestelde wettelijke regelingen valide en betrouwbaar te toetsen?
- 2 Over welke toetsvaardigheden dient een docent te beschikken teneinde een valide en betrouwbare toetsing en beoordeling te kunnen garanderen?
- 3 Op welke wijze kan worden georganiseerd dat er naast het programma van toetsing en afsluiting ook wordt gewerkt aan de eindtermen die in het centraal examen worden getoetst?
Oftewel: welke plaats moeten zelfevaluatie-instrumenten of een systeem van voortgangstoetsing hebben?

Stand van zaken december 1996

Als eerste zijn de scholen begonnen om hun huidige schoolonderzoekprogramma's te vertalen in voorschriften voor een examendossier, het zogenaamde Programma van Toetsing en Afsluiting. De scholen hebben hierbij de huidige examenprogramma's als uitgangspunt genomen, aangezien niet van de bestaande examenprogramma's kon worden afgeweken. Elke school heeft een eigen variant ontwikkeld die zij dit schooljaar en het volgend schooljaar zal gebruiken.

Op basis van het Programma van Toetsing en Afsluiting ontwikkelen de docenten het zogenaamde leerlingboekje, dat een 'vertaling' is voor de leerling van het Programma van Toetsing en Afsluiting. In dit leerlingboekje staat ondermeer precies beschreven wat de leerling dit schooljaar en komend schooljaar aan toetsen, praktische opdrachten en onderdelen van het handelingsdeel moet maken, wanneer deze onderdelen van het examendossier afgerond moeten zijn, hoe zij beoordeeld worden en wat de herkansingsmogelijkheden zijn.

De scholen zijn nu bezig om de praktische opdrachten per vak zodanig te ontwikkelen, dat de toegepaste vaardigheden in de verschillende praktische opdrachten zoveel mogelijk op elkaar worden afgestemd.

Uitgangspunten binnen het project

Het uitgangspunt bij het ontwikkelen van het leerlingboekje is dat in de uitwerking van een leerlingboekje de volgende aspecten duidelijk terug te vinden zijn:

- zelfstandigheid van de leerling t.a.v. planning en toetsing;
- onderlinge afstemming tussen de vakken;
- overzicht van toetsmomenten (wel of geen flexibel toetsstelsel);
- gedifferentieerde praktische opdrachten;
- manier van toetsen en wijze van beoordelen t.a.v. vaardigheden.

Ontwerp leerlingboekje

Het examendossier is in de eerste plaats bedoeld voor de leerling. Dit betekent dat het examendossier zodanig moet worden ontworpen dat het voor de leerling geen onduidelijkheden bevat. De leerling moet precies weten wat er de komende twee jaar van hem of haar verwacht wordt.

De scholen in dit project hebben de onderstaande punten geheel of gedeeltelijk en met verschillende uitwerkingen in het leerlingboekje opgenomen:

- 1 Een lijst van eisen waaraan de leerling moet voldoen:
 - lijst van eindtermen, gebaseerd op het eindexamenprogramma;
 - lijst van vakoverstijgende vaardigheden, gebaseerd op het eindexamenprogramma;
 - overgangsregeling van 4 naar 5 havo, met eventueel een vakantie-opdracht;
 - programma van toetsen, praktische opdrachten en handelingsdeel;
 - de beoordelingscriteria en de weging van de verschillende onderdelen.

2 De uitwerkingen van de leerling.

3 De resultaten c.q. beoordelingen.

Kopie

Binnen het project hebben sommige scholen ervoor gekozen om te werken met een 'kopie' van het examendossier, oftewel een schaduw-dossier, dat in het bezit is van de leerling. Deze kopie zal op elk desgewenst moment gelijk moeten zijn aan het 'origineel' dat de mentor van de leerling in zijn bezit heeft. Bij een geautomatiseerd systeem is dit makkelijker te realiseren zijn dan bij een handmatig systeem.

Met de leerling maakt de school duidelijke afspraken over welke onderdelen van het examendossier in het schaduw-dossier komen, en over de wijze waarop en het tijdstip van bijwerking van het schaduw-dossier (per vak, per onderdeel, wekelijks, tweewekelijks, etc.).

Voorbeeld van een uitwerking van een leerlingboekje

1 Eindtermen

eventueel een 'vertaling' van het huidige examenprogramma naar leerlingniveau

2 Vaardigheden

(selectie uit de) lijst van vakoverstijgende vaardigheden uit het examenprogramma. Voor de leerling moet duidelijk zijn welke vaardigheden verwerkt zijn in de verschillende toetsvormen.

3 Overgangsregeling

In het Programma van Toetsing en Afsluiting hebben de scholen verschillende overgangsregelingen van havo 4 naar havo 5 opgenomen. Eén van deze regelingen is de volgende. Per vak wordt de overgangsregeling vermeld in het examendossier. Dit is vertaald naar het aantal toetsen, praktische opdrachten en gedeelte van het handelingsdeel die de leerling aan het eind van 4 havo (voldoende) moet hebben afgesloten.

In de overgangsregeling kan zijn opgenomen dat de leerling in de zomervakantie een taak krijgt, indien een aantal vakken aan het eind van havo 4 niet voldoende zijn.

Wanneer de leerling zo'n opdracht krijgt, dan zal deze opdracht ook zo duidelijk mogelijk voor de leerling moeten worden beschreven inclusief de bijbehorende beoordelingscriteria.

Na de zomervakantie wordt op basis van de resultaten van de taak beslist of de leerling door kan naar havo 5.

Wanneer de leerling niet door kan naar havo 5, dan zal hij havo 4 'over' moeten doen. De leerling gaat verder met zijn examendossier, waar al een gedeelte van gevuld kan zijn.

4 Toetsvormen met beoordelingscriteria

Theorietoetsen met open vragen

Voorbeeld van een school: De stof is verdeeld in 5 modules. Elke module wordt getoetst. Alle (niet-diagnostische) toetsen tellen mee voor het schoolexamen met een van tevoren vastgesteld gewicht. In totaal zijn er dus vijf toetsen in twee jaar.

Elke leerling krijgt voor elke toets één herkansing. Herkansers krijgen een 'remedial teaching' programma.

Praktische opdrachten

Volgens het examenprogramma natuurkunde havo:

- 1 één of meer kortdurende practica, waar technisch-instrumentele vaardigheden en onderzoeksvaardigheden worden getoetst. Over het practicum worden vragen beantwoord of een verslag gemaakt.
- 2 één of meer opdrachten met een studielast van 10 tot 20 uur:
 - . het doen van een natuurwetenschappelijk onderzoek;
 - . het maken van een technisch ontwerp;
 - . het verrichten van een literatuurstudie
 - . het omgaan met informatie ten behoeve van meningsvorming.

Aan praktische opdrachten natuurkunde havo voor het profiel natuur en techniek moet in totaal 40 uur besteed worden.

Tenminste één van de praktische opdrachten binnen het profiel dient te worden uitgevoerd als groepsopdracht in een groep van minimaal 3 deelnemers.

Voorbeeld van een school uit het project:

- . 2 practicumtoetsen, elk jaar één, die in groepjes van twee worden uitgevoerd en worden afgesloten met een schriftelijk verslag. Dit gebeurt in de keuze-uren. Er bestaat geen herkansingsmogelijkheid.
- . Eén open onderzoek, dat wordt afgesloten met een verslag of een mondelinge presentatie. Door drietallen bijgehouden logboek (onderwerpskeuze, vraagstelling, verrichte werkzaamheden, geraadpleegde hulpbronnen, etc.). Na het opstellen van de onderzoeksvraag en een onderzoeksplan wordt er door de docent en de leerlingen tussentijds geëvalueerd. Daarna wordt het onderzoek in groepjes van drie buiten de lestijd uitgevoerd. De studielast is 10 tot 20 uur. Er is geen herkansing mogelijk.
- . Twee niet-klassikale praktische opdrachten bestaande uit een technisch ontwerp, het verrichten van een literatuurstudie en/of een nieuwsanalyse t.b.v. meningsvorming. Door leerling(en) wordt indien vereist een logboek bijgehouden. De presentatievormen worden afgestemd op de andere opdrachten en op de andere vakken.

In het project is afgesproken dat in elke praktische opdracht voor de leerling minimaal de volgende elementen zijn opgenomen:

- . het doel van de opdracht: wat wordt er getoetst, welke vaardigheden
- . het aantal studielasturen
- . de opdracht
- . de normering
- . de vereiste voorkennis en vaardigheden van de leerling

Handelingsdeel

Voorbeeld van een school uit het project:

- . Oriëntatie op het beroep door de kaders over 'beroepen met natuurkunde' in het leerboek te lezen en daar gerichte vragen over te beantwoorden.

- . Een excursie met een natuurkundig karakter naar een bedrijf, school of museum. Hierover moet een rapport worden geschreven.
- . Een meting met het computerprogramma IPCOACH.

Essentieel bij het ontwikkelen van het leerlingboekje

Docenten stemmen met hun collega's uit het profiel natuur en techniek het leerlingboekje onderling af op de volgende punten:

- . inhoudelijk
- . presentatievorm
- . beoordelingscriteria
- . herkansingsmogelijkheden
- . tijdspad

Samenvattend: De belangrijkste vernieuwingen binnen het netwerk examendossier die de betrokken scholen ieder op eigen wijze vorm zullen gaan geven:

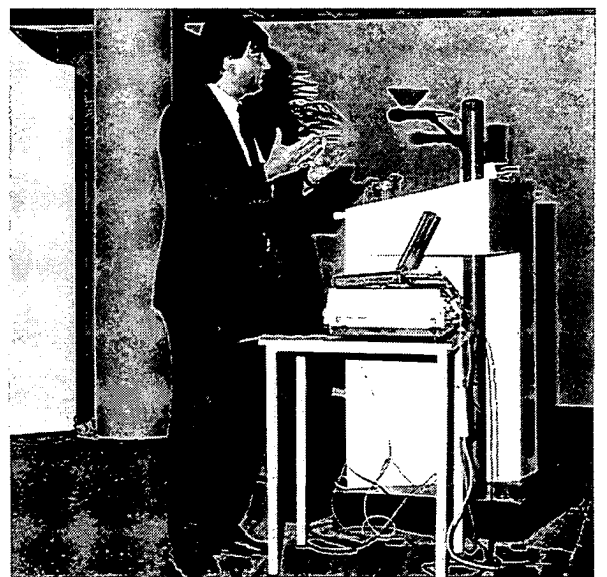
- . (meer) ruimte voor planning door de leerling t.a.v. studie en toetsing;
- . verdeling studielasturen in verplichte en facultatieve lessen (contact-uren) en uren voor zelfstudie;
- . het schoolexamen verdeeld over twee jaar i.p.v. een jaar;
- . onderlinge afstemming tussen de vakken wat betreft vakoverstijgende vaardigheden en presentatievormen van de praktische opdrachten;
- . meer flexibele afsluiting;
- . de praktische opdrachten van 10 tot 20 studielasturen;
- . het handelingsdeel;
- . groepswerk;
- . de vakantie-opdracht.



Memorization or understanding: are we teaching the right thing?

E. Mazur

In zijn lezing beschreef Mazur hoe zijn denken over de kwaliteit van het natuurkundeonderwijs de laatste jaren veranderd is onder invloed van het werk van David Hestenes en collega's (zie bijv. *The Physics Teacher* 30(3) (1992) 141-151, 159-166; 33(8) (1995) 502, 504-506). De resultaten van zijn studenten op Hestenes' 'Force concept inventory' overtuigden hem ervan dat zelfs zijn studenten veel minder inzicht hadden in elementaire fysische begrippen dan verwacht. Mazur ontwikkelde de methode 'peer instruction' waarmee hij zelfs in grote collegezalen studenten onderling aan het praten krijgt over meerkeuzevragen waarmee elementair fysisch inzicht wordt getest. Via deze methode leren de studenten veel van elkaar, meer dan via traditionele hoorcolleges. Naast een verandering in de manier van college geven bepleit Mazur ook een andere vorm van examineren, namelijk het veelvuldig gebruik van open begripsvragen. Het boek van Mazur (*Peer Instruction*, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 1997) bevat een verantwoording van zijn werkwijze (40 pp) en zeer veel opgaven waarmee studenten begripsmatig aan het werk worden gezet tijdens colleges of worden getoetst op tentamens (200 pp).



Kamer in het studiehuis

Onderzoekend leren bij de natuurwetenschappelijke vakken met gebruik van informatie- en communicatietechnologie

W. Bustraan

In september 1995 zijn zes scholen gestart met een Print tweede fase project met bovenstaande titel. In een netwerk bereiden wij ons via dit project voor op de tweede fase waar zelfstandig leren een van de topics is.

In de voordracht wordt een overzicht gegeven van de activiteiten in het project aan de hand van de uitgangspunten en het kader waarin wij werken. Voor anderen biedt dit de mogelijkheid tot ondersteuning van hun eigen weg richting tweede fase.

Vooraf

Het wezen van de natuurwetenschappen ligt in het doen van uitspraken. Uitspraken die gebaseerd zijn op waarnemingen van verschijnselen en/of experimenten en die gedaan worden na analyseren en interpreteren van op deze waarnemingen terug te voeren resultaten. De vorm van de uitspraken maakt gebruik van modellen en vaktaal. Dit is in een notedop de beschrijving van natuurwetenschappelijk onderzoek.

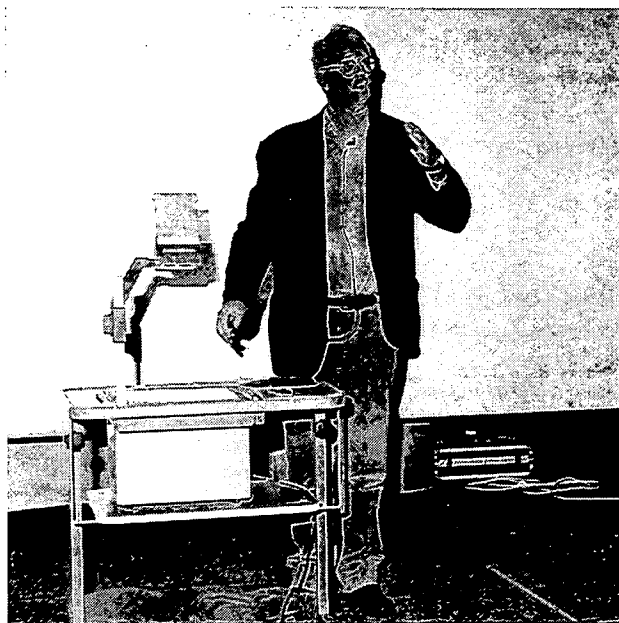
In het begrip studiehuis van de nieuwe tweede fase ligt verankerd de zelfstandig lerende leerling. De leerling die aan de hand van betekenisvolle leertaken kennis en vaardigheden verwerft. De leerling die leerfuncties hanteert : de leerweg plant, onderzoekend te werk gaat, leervragen heeft en die veel verschillende activiteiten op de leerstof loslaat.

De koppeling van de twee hierboven staande alinea's komt goed tot uitdrukking in onderstaand citaat dat toegeschreven wordt aan Richard Feynman :

" When I really understand something, it is as if I had discovered it myself"

De onderzoekende leerling, de leerling als natuurwetenschappelijk onderzoeker, past wonderwel in de gedachte van het studiehuis. Het project " Kamer in het studiehuis" wil vorm geven aan deze gedachte.

In dit project wordt de leerling als onderzoeker in oplei-



ding beschouwd. Al onderzoekend verwerft de leerling kennis en vaardigheden. Eerst worden vaardigheden in kleine onderzoekssituaties ontwikkeld en later in grotere en meer open onderzoeken toegepast. [1]

De computer, beter de informatie- en communicatietechnologie, maakt het mogelijk daadwerkelijk de leerlingen als onderzoeker te benaderen. De docent hoeft niet langer informatiebron en overdrager van kennis te zijn, maar kan via begeleiding van actief lerende en onderzoekende leerlingen de leerlingen zelf kennis en vaardigheden laten verwerven.

In september 1995 zijn zes scholen in een landelijk netwerk gestart met het Kamerproject. Een project waarin we via activiteiten met leerlingen en docenten op praktische wijze ervaringen willen opdoen en die ervaringen willen doorgeven aan collega's die er mogelijk in hun eigen situatie mee aan de slag kunnen gaan.

Leerfuncties en vaardigheden

Laten we eerst eens kijken naar de leerling als zelfstandig lerende en een vergelijking maken met iemand die onderzoek verricht.

DE ONDERZOEKER
is/kan

creatief
analyseren
waarnemen
systematisch
communicatief
vaardig
presenteren
methodisch
modellen hanteren
vakbegrippen
gebruiken
onderzoekend
optimistisch
kritisch
planmatig
nieuwsgierig
tegenslag verwerken



Figuur 1: De onderzoeker in beeld

Een zelfstandig lerende leerling beschikt over de vaardigheid **leerfuncties** toe te kunnen passen, de leerling kan op verschillende manieren met de leerstof omgaan : **vergelijken, classificeren, induceren, deduceren, fouten analyseren, onderbouwen, abstraheren, analyseren.**[2] De docent dient de leerstof zo aan te bieden dat de leerling deze leerfuncties moet toepassen! Duidelijk is dat de natuurwetenschappen een perfect middel hebben deze situaties te scheppen : het onderzoek!

Bovendien kan een leerling in een onderzoekssituatie zijn leerproces plannen, evalueren en bijsturen. Een voorwaarde voor zelfstandig leren!

Eigenlijk zijn hier de kwaliteiten opgesomd die wij toe-kennen aan een onderzoeker, die bovendien ook nog creatief en systematisch moet kunnen werken, met anderen kan samenwerken, kan presenteren, tegenslag kan verwerken. En natuurlijk over gereedschappen, begrippen en modellen beschikt vanuit de vakdiscipline.

Laten we nog een aspect van de tweede fase noemen. Het schoolexamen met het **examendossier** en daarin de praktijkonderzoeken en het **profielwerkstuk**. Leerlingen zullen via dit examendossier blij geven van hun kennis en vaardigheid met betrekking tot (experimenteel) onderzoek, probleemoplossen, uitvinden.

Willen we dat leerlingen een examendossier op niveau kunnen samenstellen dan zullen we ze al in een veel eerder stadium als onderzoekers in opleiding moeten benaderen.

Leerlingen als natuurwetenschappelijke onderzoekers laten leren past uitstekend in het studiehuis van de tweede fase en is zeker een vervolg op de ontwikkelingen in de basisvorming, waar de eerste stappen via deelvaardigheden gezet worden.

Om de leerling in de rol van onderzoeker te plaatsen is in de eerste plaats nodig dat leersituaties worden ontworpen die dat onderzoekend leren mogelijk maken: leerstof moet zo aangeboden worden dat de leerling er als onderzoeker mee omgaat.

Onderzoek en ICT

Onderzoek is op te delen in een aantal fasen: **ontwerpen, uitvoeren, verwerken, verslag, evaluatie.**

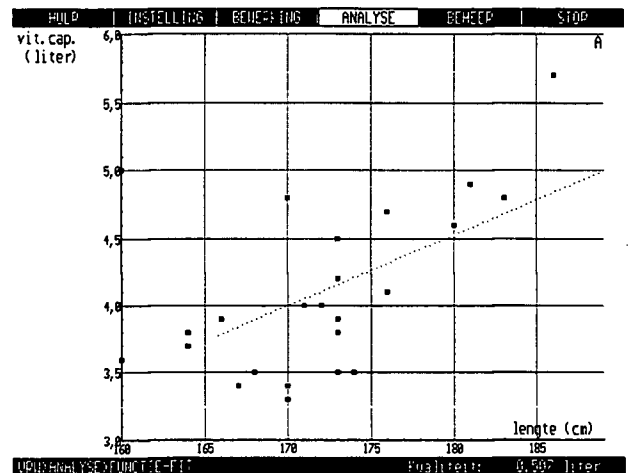
De vaardigheden die bij de hiergenoemde fasen een rol spelen worden in het examenprogramma van de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde vermeld in domein A en zijn voor deze drie vakken nagenoeg gelijk in formulering.[3]

De Informatie- en Communicatietechnologie, kortweg ICT, maakt het mogelijk in de praktijk van de school leerlingen daadwerkelijk onderzoekend te laten leren. De docent hoeft niet langer de informatiebron voor de leerlingen te zijn, maar kan CD ROM en Internet inzetten. Voor **meten** en **verwerken** zijn hardware en software beschikbaar zodat de leerling zich kan richten op datgene wat werkelijk belangrijk is bij onderzoek: variabelen, ijken,

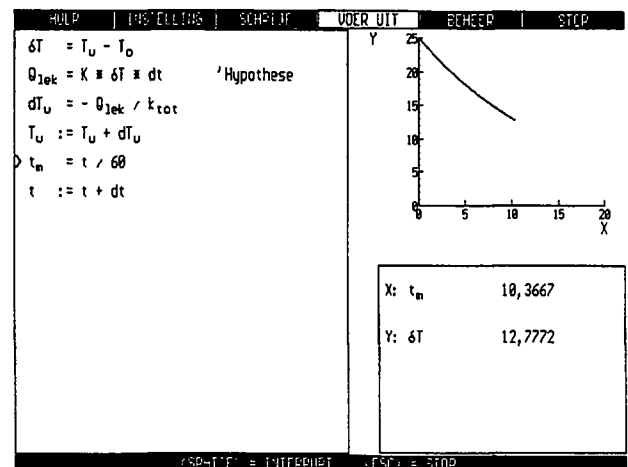
meten, tabellen, grafieken. Ook voor **analyseren van resultaten** is de computer erg geschikt: spreadsheet, grafieken, curvefitting.

En vergeten we niet het wezen van de natuurwetenschappen: **het werken met modellen** die de werkelijkheid zo goed mogelijk in kaart brengen en een relatie zijn tussen theorie en werkelijkheid.

Tot slot biedt ICT de mogelijkheid verantwoorde **presentaties** te verzorgen en met anderen via **e-mail** in contact te treden.



Figuur 2: Curvefit/Funktiefit



Figuur 3: Model voor Afkoeling

In de ontwerpfase kan de computer ingezet worden bij het maken van modellen en het voorspellen via simulaties. Bij het uitvoeren van experimenten kan de aandacht gericht worden op het meten en kunnen snel resultaten verkregen worden.

Bij het verwerken kunnen tabellen en grafieken gekoppeld worden en kan experiment met model worden vergeleken. Curvefitting is een niet te onderschatten mogelijkheid van computergebruik.

Bij de evaluatie van een onderzoek kan modelaanpassing en statistiek gebruikt worden.

Een presentatie van een onderzoek met behulp van de computer biedt veel mogelijkheden en doet recht aan de uitspraak : "degene die iets begrepen heeft kan daar anderen iets over vertellen".

ICT zal het onderwijs kunnen verrijken. Leerlingen kunnen zelfstandiger en actiever omgaan met de leerstof. Daartoe zal het onderwijs veranderen. De computer is geen vervanger van onderdelen van het programma, maar zal een geheel andere wijze van actief leren mogelijk maken. Hoe precies?

Misschien dat ons project een bijdrage kan leveren.

Project, scholen, profiel

De zes scholen, drie docenten per school van de vakken biologie natuurkunde en scheikunde richten zich met hun leerlingen op:

+ De ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden van de leerlingen

Hierbij wordt (bestaand) lesmateriaal ingezet en wordt het gebruik van de computer gestimuleerd. Voortgebouwd wordt op de vaardigheden die in de onderbouw (verondersteld worden) aangebracht (te) zijn:[4]

sensoren aansluiten

ijken

meetinstelling wijzigen

metingen uitvoeren

grafieken maken

diagrammen instellen

tabel naar grafiek

grafieken analyseren:

aflezen, uitvergroten, hellingen

functiefit bij lineaire grafiek

bij eenvoudig model parameters instellen

+ Het ontwikkelen van een vaardighedenlijst

We willen in kaart brengen hoe in de tijd verschillende vaardigheden bij leerlingen ontwikkeld kunnen worden.

Dit moet leiden tot een overzicht, de ontwikkellijst waar aan concrete lessituaties gekoppeld kunnen worden.

Op dit moment is een eerste versie binnen het netwerk in omloop.

+ Het samenwerken in een team natuurwetenschappelijke vakken

Het gaat hierbij om de afstemming tussen vakken waarbij leerlingen bezig zijn als onderzoekers. De docenten moeten afspraken maken over het aanbod dat zij voor de leerlingen ontwikkelen. De grens tussen de secties moet doorbroken worden.

Het is niet langer een ontwikkeling per vak. Ook elkaars deskundigheid moet worden gebruikt. Overleg vindt plaats in cluster.

+ De inrichting van de kamer

Op dit moment vinden de activiteiten plaats in de practicumruimtes van de vakken en vaak in het kabinet. Deze ruimtes zijn vaak niet optimaal ingericht ten behoeve van alle aspecten van onderzoek doen. Op basis van de ervaringen zullen we adviezen geven voor de inrichting van de kamer in het studiehuis.

In een ontwikkelingsnetwerk is het van belang duidelijkheid over elkaars positie te verkrijgen en een prioriteit te kunnen vaststellen voor te ondernemen acties op de scholen en elkaar daarbij te kunnen ondersteunen. We gebruiken intern een vragenlijst, het schoolprofiel dat een beeld geeft van de schoolsituatie op een aantal punten.[5]

Om de vakken een kader te bieden voor de ontwikkelingen en het werk met de leerlingen is afgesproken volgens een bepaalde opzet met de leerlingen te werken.

We gaan ervan uit dat in de vierde en vijfde klas nu de tweede fase nog niet is ingevoerd twee periodes van ongeveer 10 uren aan dit project worden besteed via de volgende opbouw:

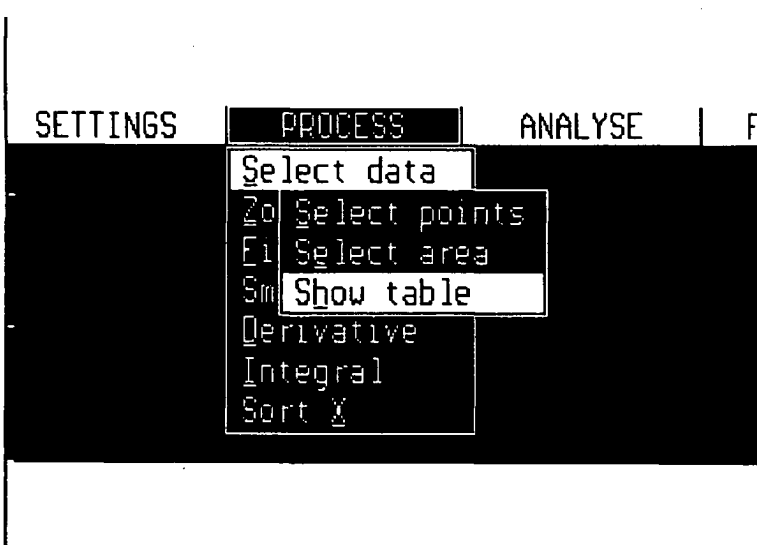
Kader voor uitvoering

klas 4

Als vervolg op de onderbouw wordt in de eerste periode verder gegaan met meetopstellingen gekoppeld aan de computer en het verwerken met behulp van spreadsheet en grafieken. Nieuw is het gebruik van formules bij spreadsheet, functiefit.

In de tweede periode moet een eerste aanzet worden gegeven in het gebruik van modellen en de koppeling van metingen aan de modellen.

Het lesmateriaal is nog vrij gesloten van opzet. We richten ons op de systematische ontwikkeling van vaardigheden.[4]

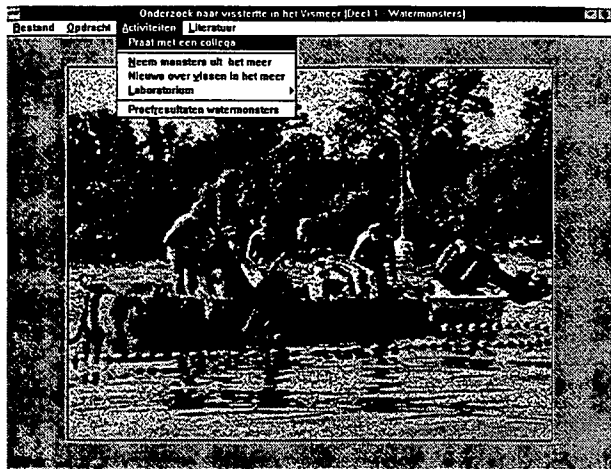


Figuur 4: Meten, verwerken, analyseren

Klas 5

In het eerste deel van het jaar krijgen de leerlingen een opener opdracht waarbij ze vaardigheden geïntegreerder dienen in te zetten. Het onderzoek zal voor een deel ook zelf ontworpen en opgezet moeten worden door de leerlingen.

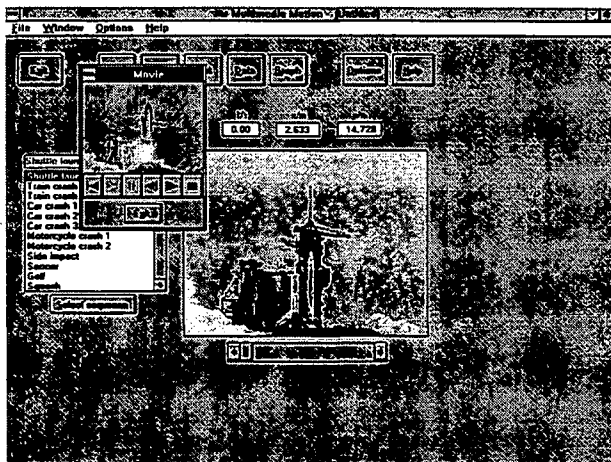
We zoeken naar programma's die de leerlingen kunnen ondersteunen bij hun pad door onderzoeksland. Een aardig voorbeeld is het programma vijver dat een onderzoek simuleert en daarbij alle fasen de revue laat passeren. Een leerling krijgt zo een model van een onderzoek gepresenteerd waar hij voordeel mee kan halen.



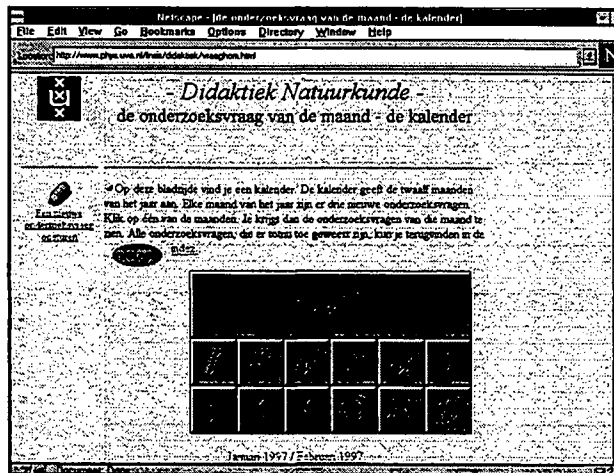
Figuur 5: Model voor onderzoek

In het tweede deel van het jaar richten we ons op het gebruik van CD ROM en Internet. De opdracht is zelf onderzoeksopdrachten te ontwikkelen en uit te proberen met leerlingen.

Het bovenstaande raamwerk biedt ons enigszins de garantie van afstemming en een geleidelijke ontwikkeling. De scholen zijn vanzelfsprekend vrij de concrete invulling en uitvoering op hun eigen wijze te doen.



Figuur 6: CD-Rom



Figuur 7: Internet

Ontwikkelingen in kaart

Gebaseerd op de schoolspecifieke situatie en de mogelijkheden van de scholen zijn er drie manieren van ontwikkeling te onderscheiden.

De vakkenlijn

De uitvoering in de lessen vindt plaats in de uren van de verschillende vakken. Daarbij is het van het grootste belang afstemming tussen de vakken te hebben. Het rooster moet goed op elkaar afgestemd zijn, de vaardigheden worden opgebouwd via een lijn die door de vakken heen loopt.

De vakken bieden een experimentenserie aan met een opklimmend niveau in moeilijkheidsgraad.

De samenwerking tussen de docenten bestaat uit het, op basis van domein A in volgorde plaatsen van de vaardigheden. Vervolgens worden vakinhouden gekozen bij die vaardigheden. Tenslotte wordt het geheel in een tijdpad gezet voor uitvoering met de leerlingen.

De onderzoeksmiddag

In een blok van bijvoorbeeld 7 weken reserveren de vakken biologie, natuurkunde en scheikunde elk een lesuur voor de onderzoeksmiddag. De leerlingen ontvangen voor die middagen onderzoekstaken in opklimmende moeilijkheidsgraad. In een carouselpracticum worden vaardigheden ontwikkeld aan de hand van vrij gerichte opdrachten. In willekeurige volgorde kan een leerling door opdrachten van de verschillende vakken heen. De basisopdrachten zijn gelijk van niveau, de verwerkingsopdrachten hebben een opbouw zodat een leerling in de zeven weken steeds meer vaardigheden dient in te zetten. Van de leerlingen wordt een presentatie verwacht over het laatste onderzoek!

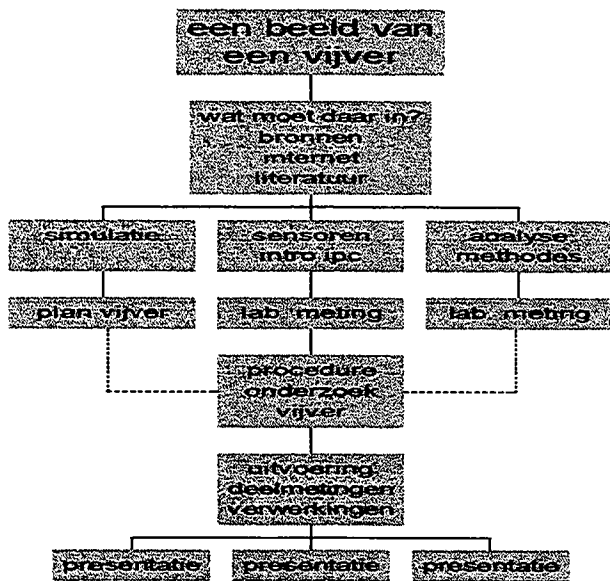
Het streven is de opdrachten steeds meer vakonafhankelijk te maken.

Het project

De lessen van elk vak staan een periode in het teken van een project. Het is mogelijk dat de vakken na elkaar uren reserveren, opdat de ontwikkeling van de vaardigheden een langere tijd in beslag kunnen nemen. Afstemming tussen de vakken is van het grootste belang. Het project zal eerst in kaart gebracht moeten worden; wie doet wat in welke periode? wat moeten de leerlingen kennen en kunnen en op welk moment?

Hieronder een projectschema: de vijver.

De vakken verdelen de blokken uit het schema en plaatsen die in een tijdspad.



Figuur 8: Project in schema

Tot slot

De beschrijving onder de vier kopjes: leerfuncties en vaardigheden, onderzoek en ICT, project-scholen-profiel, ontwikkelingen, geven een beeld van het proces dat zes scholen op dit ogenblik doorlopen.

Voor scholen op weg naar de nieuwe tweede fase kan de inhoud van bovenstaande een leidraad zijn voor de eigen specifieke ontwikkelingen.

U kunt ons project volgen en met ons communiceren via de **KIS-pagina op internet**. [6]

Tijdens conferenties en studiedagen vertellen wij over onze ervaringen met het lopende project.

In juni 1997 sluiten wij ons project af.

Produkten en publikaties zullen verschijnen zodat ook anderen gebruik kunnen maken van onze ervaringen.

En vergeet niet: *"It is in the doing that the learning takes place"*

Bronnen:

- [1] Investigative work in the science curriculum, Gott and Duggan, Open University Press 1995, ISBN 0-335-19143-6

- [2] De hier genoemde leeractiviteiten hebben als achtergrond het werk van R. Marzano.

Zie hiervoor: Dimensions of learning, een planningsmodel voor procesgericht onderwijs, in VELON tijdschrift voor lerarenopleiders, nr. 16/2, 23-29, 1994 Uhlenbeck A.M.

- [3] Het examenprogramma Biologie, Natuurkunde, Scheikunde van de Vakontwikkelgroep Natuurwetenschappen is uitgegeven door de SLO en is op de scholen aanwezig
[4] Lesmateriaal

Naast door de scholen zelf ontwikkelde lesbrieven maken we gebruik van lesmateriaal uit PRINT/PIT projecten biologie en natuur-/scheikunde, bundels verkrijgbaar via Universiteit van Amsterdam afdeling Natuurkunde Didaktiek. Print/VO cursusboek DFI, fysische informatica, adres zie hierboven.

Uitgaven van Thieme rond fysische informatica en modelomgeving (1996).

Een rijke bron van informatie is:

The IT in secondary science book, R. Frost, Association for Science Education, 1994. ISBN 0 9520257 2 8

- [5] Schoolprofiel

Te verkrijgen voor intern gebruik op school via de KIS-pagina op internet.

- [6] Adressen op internet:

- [http:// print.cps](http://print.cps)

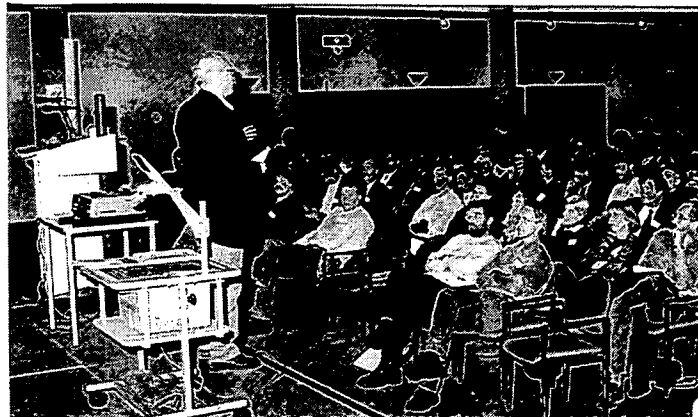
Hier vindt u de informatie over de tweede fase projecten.

- <http://www.phys.uva.nl/fnsis/didaktiek/home.html>

Hier vindt u naast de KIS-home page met informatie over en uit het Kamerproject ook de onderzoeksvraag van de maand en allerlei informatie over sites die geschikt zijn voor BINASK.

- <http://www.aps.nl>

De vakgroep natuurwetenschappen en techniek geeft hier informatie over projecten, cursussen en materiaal dat gekocht kan worden.



Doorlopende leerwegen voor Natuurkunde HAVO

R. van Asselt



In deze inleiding wordt nagegaan hoe de nieuwe natuurkunde-eindtermen de aansluiting beïnvloeden tussen het havo-vakgebied natuurkunde en de hbo-opleidingen. Een aansluiting tussen twee systemen in beweging: het havo en het hbo.

De analyse loopt langs het volgende top-down-pad:

1. De verwachtingen die het beroepenveld heeft van het hbo
2. Ontwikkelingen van het hbo-onderwijs op de hogescholen en de hbo-instroomwensen
3. De vernieuwing van de tweede fase VO.

Tenslotte zal worden aangegeven welke praktische mogelijkheden er zijn om de doorloop van de vakinhouden en vakvaardigheden van het vo naar het hbo te stimuleren. In het bijzonder wordt ingegaan op de doorloop van het nieuwe vak natuurkunde uit het havo-profiel Natuur en Techniek naar het Hoger Technisch Onderwijs.

Verwachtingen die het beroepenveld heeft van het hbo

Doorlopende leerwegen havo-hbo komen uit in het beroepenveld waar de hbo-opleiding op voorbereidt. De eisen die daar aan hbo-afgestudeerden worden gesteld tellen mee in het bepalen van de hbo-leerstof. Deze eisen voor wat betreft de *vakinhoud* zijn óf beroeps- "context" gebonden (mechanica voor werktuigbouwkundigen) óf slechts impliciet aanwezig als ondersteuning voor andere toepassingsgebieden (algemene gaswetten in de thermodynamica). Het beroepenveld verwacht in elk geval de beheersing van algemene fysische noties. Daarnaast worden de verwachtingen van het beroepenveld ook bepaald door het *soort werkzaamheden* dat wordt verlangd. In het Midden- en Kleinbedrijf (MKB) gaat het in het begin van de beroeps carrière vaak om snel inzetbare specialisten, terwijl de grotere concerns vaak uitzien naar generalisten en/of ontwikkelaars van complexe systemen.

Tenslotte zijn er een aantal *vaardigheden* en persoonskenmerken bekend die een beginnende hbo-afgestudeerde kansrijk maken op het verwerven van een betrekking in zowel het MKB als de grotere bedrijven. Deze vaardigheden zijn:

- het systematisch en creatief kunnen aanpakken van problemen,
- het beheersen van sociaal communicatieve vaardigheden,
- het kunnen werken in teamverband,
- een brede kijk hebben op technologie en haar toepassingen,
- het uitoefenen van neven-activiteiten c.q. hobby's.

Kortom, een beeld dat zeker niet past bij een eenzijdige technout of een contactgestoorde freak. Een beeld dat overigens nooit echt heeft gepast bij de werkelijkheid, maar af en toe eens opduikt bij het geforceerd contrasten van alpha-, bèta- en gamma-opleidingen.

Wel is er in het hto de laatste jaren belangstelling voor het meer expliciet ontwikkelen van deze beroepseigenschappen. De complexiteit en de snelle veranderingen van de werkzaamheden in het bedrijfsleven vragen om een meer gestuurde ontwikkeling van deze persoonskenmerken.

Wat doet het hbo daaraan? En wat heeft het vak natuurkunde daarmee van doen?

Ontwikkelingen van het hto-onderwijs op de hogescholen

Het imago van het hto

Wat zijn zo de gangbare beelden die men over het hto doorgaans verneemt? Een greep uit de vooroordelen: Het hbo is divers en chaotisch in haar vormgeving van onderwijs en niet solide waar het om haar onderwijskundig leiderschap gaat. Men is doorgaans slecht geïnformeerd over het voortgezet, toeleverend, onderwijs en veelal te academisch en havo-onvriendelijk. Kortom rigide en saai. Aan uw borreltafel en verjaardagsfeestjes gaat er vast nog wel meer over tafel. Dit was maar een greep. En bovendien: natuurkunde komt als zelfstandig vak nauwelijks voor in het hto.

Gelukkig maar: deze opinies zijn niet verdedigbaar, en niet gebaseerd op feiten. In werkelijkheid ontwikkelt zich een situatie, die recht doet aan de eisen van het beroepenveld en die inspeelt op de ontwikkelingen in het havo/vwo en het mbo.

Wat objectief waarneembaar is, is het volgende:

- het zelfstandig leren werken, wellicht zelfs het zelfverantwoordelijk leren, is evenals in het voortgezet onderwijs de grote onderwijskundige uitdaging van de jaren negentig van het hbo en zeker ook het hto. Studiewijzers, projectonderwijs, probleemgestuurd onderwijs, duaal leren zijn instrumenten waarmee het hbo-onderwijs langzaam, maar zeer zeker, wordt verrijkt,
- het flexibiliseren van het onderwijsaanbod, gericht op een studieduurdifferentiatie voor respectievelijk mbo'ers, havo'ers en (steeds meer) vwo'ers, is thans op bijna ieder hogeschool in gang gezet,
- aangejaagd door OC&W-subsidies zoekt het hbo naar verbetering van de studeerbaarheid en aantrekkelijkheid van onderwijs,
- binnen netwerken havo-hbo ontmoeten havo/vwo- en hbo-docenten elkaar steeds meer om programma's op elkaar af te stemmen; met name de hbo-regio's Alkmaar, Groningen, Eindhoven en Enschede zijn daar voorbeelden van, zij het uiteraard in verschillende fases van ontwikkeling, vorm en doelstellingen,
- werkrelaties havo-hbo leiden steeds meer tot oriëntatiemodulen tussen het havo en het hbo, gericht op studien en beroepskeuze. De eerder genoemde regio's, maar ook de regio Haarlem, Tilburg en Rotterdam zijn voorbeelden van good-practise waar het gaat om oriëntatiemodulen.
- en tenslotte: het vak natuurkunde is in het hto als zelfstandig vak weliswaar niet dominant aanwezig, maar het is niet overdreven dat driekwart van het hto-curriculum van fysische aard is: de basisconcepten, de vakvaardigheden en de toepassingen van de natuurkunde zijn in vele hto-leerplannen aanwezig.
Wie aan het nut van het vak natuurkunde zou twifelen, moet maar eens naar de instroomrechten hbo kijken voor de sector HTO: meer dan de helft van de opleidingen eist het profiel natuur en techniek of (onder meer) het vak natuurkunde. ¹⁾

Met dit laatste punt is ook de 'lotsverbondenheid' tussen het vak natuurkunde in het havo en de hto-opleidingen aangegeven: aantrekkelijkheid van het hto kan de keuze voor het profiel Natuur en Techniek en dus voor het vak natuurkunde sterk beïnvloeden. Omgekeerd kan de aantrekkelijkheid van natuurkunde op het havo een opmaat zijn voor de keuze voor een technische hbo-opleiding.

HBO-instroom wensen voor het vak natuurkunde

In 1994 is onder auspiciën van de HBO Raad een onderzoek onder HBO-opleidingen uitgevoerd gericht op de hbo-wensen m.b.t. de onderwerpen en de vaardigheden in het (huidige) havo-vak natuurkunde²⁾. De gedachten in het Hoger Technisch Onderwijs daarover werden aldus vastgelegd:

" Bij natuurkunde valt op dat alle traditionele onderwerpen van groot belang worden geacht:

- mechanica, dynamica, en kinematica;
- geluid en licht;

- elektriciteit en magnetisme;
- vloeistoffen, gassen en warmte.

Voor de onderwerpen fysische informatica, atoomfysica en kernfysica is minder belangstelling.

Als gewenste aanvullingen worden genoemd: trillingen en golven, dimensie-analyse en het correct werken met eenheden en grootheden. Een enkele maal wordt geadviseerd om de formeel wiskundige benaderingen niet uit de weg te gaan en om het verschil tussen model van de werkelijkheid en de complexere werkelijkheid zelf niet uit het oog te verliezen."

Tot zo ver de hbo-wensen voor de onderwerpen natuurkunde havo, zoals verwoord in de Instroomprofielen HBO (1994). Voor wat betreft de vak-vaardigheden scoren het systematisch probleem-oplossen en de rekenvaardigheid hoog. In het eindverslag "Instroomwensen" is voor meerdere vakken, maar ook voor natuurkunde, aangegeven door het hbo dat men liever ziet dat havo-afgestudeerden een beperkt aantal onderwerpen goed beheerst dan een groot aantal oppervlakkig. Ook is zorg geuit over het begrip van basisconcepten zoals 'kracht', 'warmte', 'vermogen' etc.

Hoe reageerde het havo daarop?

Reacties vanuit het havo

In de Instroomprofielen HBO zijn ook de reflecties van het havo daarop beschreven. We volstaan weer met een te citeren tekst:

" Het vak *natuurkunde* is niet meer in zijn 'vertrouwde' vorm aanwezig in de basisvorming. Dit feit, gekoppeld aan de vrij traditionele hbo-wensen, kan een probleem voor het hbo opleveren. Deze traditionele keuze staat haaks op de recente innovaties die in het natuurkunde-programma zijn doorgevoerd. Om die reden wordt deze hbo-keuze betreurd, hoewel er ook wel begrip voor is. Het hbo zou zich overigens nog eens, in overleg met het havo, dienen te beraden op de positie van het vak natuurkunde *in het hbo*. Mogelijk dat deel-onderwerpen als geluid, gassen, vloeistoffen in zijn geheel naar het hbo kunnen doorschuiven en dat trillingen en golven (met goniometrie uit de wiskunde) weer in het havo kunnen terugkeren. Wellicht kunnen de "moderne" onderwerpen dan een plaats krijgen in het gemeenschappelijk, algemeen verplicht deel, afhankelijk van wat de basisvorming weet te realiseren. Tenslotte wordt de suggestie gedaan om in het nieuwe havo keuze-onderwerpen aan te bieden. Overigens wordt er vanuit het havo voor gewaarschuwd dat de wat modernere onderwerpen uit het huidige natuurkunde-programma van de basisvorming en van de bovenbouw VO minder voorspellende waarde hebben voor studiesucces in het *huidige* hto."

Tot zover enkele overwegingen uit het havo.

Een blik op het nieuwe havo-programma met in het achterhoofd de instroomwensen en de doorloop naar het hto is nu op zijn plaats. Tevens kunnen we zien of de geschetste verwachtingen in het hbo en in het beroepenveld 'achter het profiel Natuur en Techniek' in het havo worden voorbereid.

Reflecties op het nieuwe HAVO programma natuurkunde

We baseren ons op de publikatie van de Stuurgroep Profiel Tweede fase "Advies Examenprogramma's Biologie/Natuurkunde/Scheikunde" zoals die in december 1995 zijn gepubliceerd.

Allereerst wat betreft de onderwerpen:³⁾

Ten opzichte van de huidige programma's is er leerstof geschrappt om ruimte te krijgen voor het aanleren van vaardigheden zoals genoemd onder domein A (Vaardigheden) van de nieuwe examenprogramma's. De volgende leerstof is komen te vervallen:

- elektrisch veld;
- condensator;
- spiegels (vlak, hol en bol);
- berekeningen van de wetten van Boyle, Gay Lussac en de algemene gaswet;
- kernbom, kernexplosie.

Opmerkelijk is het weglaten van het begrip elektrisch veld, waardoor begrippen als: elektrische veldsterkte, potentiaal(-verschil), elektron en eV op een andere wijze zullen moeten worden verwerkt; in ieder geval in het hbo, maar waarschijnlijk ook in het havo. Wellicht dat met analogieën het begrip wordt aangebracht. In ieder geval moet het hbo weten welke basisconcepten de leerlingen daarover in de toekomst meenemen naar het hbo.

Aan het begrip condensator en het rekenen er aan konden veel andere kenniselementen en toepassingen gekoppeld worden; jammer dat dat verloren gaat. In die hbo-opleidingen waarin de gastheorie van belang is zal dat onderwerp vermoedelijk geheel opnieuw in de steigers gezet moeten worden, conform de voorspelling vanuit het havo in 1994.

Wat betreft de vaardigheden het volgende, kort en bondig: de eindtermen zijn ideaal en ambitieus.

Ideaal vanwege de fit met de beroeps- en hbo-wensen. Afgezien van de expliciete vermelding van het systematisch probleemoplossen, komen in de beschrijvingen van de vak-vaardigheden veel vaardigheden naar voren die in het hbo kunnen (moeten) doorlopen. Gedacht wordt hierbij aan wat vermeld wordt onder de kernbegrippen:

- natuurwetenschappelijk onderzoek (A6);
- techniek (A5);
- omgaan met materiaal (A4);
- omgaan met informatie (A3)
- rekenen en wiskunde (A2) en
- taalgebruik (A1)

Een aspect dat wat achterdocht opwekt is het feit dat de vaardigheden voor havo en vwo zich niet sterk van elkaar onderscheiden. De overeenkomst tussen de vaardigheden uit biologie, scheikunde en natuurkunde is een sterke, maar vraagt (zo leert de ervaring in het hbo) afstemming tussen de onderscheiden vaksecties. Het is overigens wel een voorwaarde dat de vaksecties de zelfde taal spreken om voor leerlingen overtuigend te zijn en om vaardigheden op dit niveau te ontwikkelen.

Een paar kritische kanttekeningen.

Het realiseren van de vaardigheid '*Natuurwetenschappelijk onderzoek*' stelt eisen aan het beheersen van de leerstof, de integratie van de vakken, aan de schoolouillage en aan de begeleidingstijd. De vraag is of op het havo voldoende aandacht aan deze facetten kan worden besteed. Daarnaast is het ontwikkelen van onderzoeksvaardigheden bij leerlingen een kwestie van lange adem; het kan niet tot een incident beperkt blijven. Daarom is het overigens zeer toe te juichen dat er al in het havo mee wordt begonnen. Ook in de beroepspraktijk zijn onderzoeksvaardigheden zoals: het ontwerpen van een onderzoeksopzet, het opstellen van een projectplan, het verzorgen van rapportages en presentaties, en het anticiperen op groepsbeoordelingen van groot belang.

Bij de vaardigheden rond '*Techniek*' is het van belang om bij het traject: van ontwerpdracht tot bouwen en evalueren van het ontwerp, onderscheid te maken tussen constructieve, chemische of elektrotechnische processen. Hier liggen verder vele mogelijkheden tot samenwerking met het regionale hbo.

De complexiteit (en dus de realiseerbaarheid) is afhankelijk van de mate waarin de werkelijkheid wordt vereenvoudigd tot een model.

Indien bij '*Omgaan met materiaal*' ook bedoeld is het omgaan met de genoemde apparatuur in practicum-opstellingen (inclusief inschatting van meetfouten en foutendiscussies) is een verbetering van de aansluiting op het hto verzekerd; nu worden er in vele hbo-opleidingen aanluitcursussen practicumvaardigheden gegeven, die dan niet meer nodig zijn; leerlingen hebben dan vooraf ook een betere indruk van de hto-studie.

Bij '*Omgaan met informatie*' zal waar mogelijk aangesloten kunnen (moeten) worden bij de basiskennis uit Wiskunde B (Kansrekening en Veranderingen).

Bij '*Rekenen en wiskunde*' wordt niet gekozen voor een fundamentele wiskundige benadering van bijvoorbeeld de snelheid als afgeleide van de verplaatsing. Dat is jammer, gelet op de hbo-wensen. Als een hto-studie zou worden gekozen omdat het vak natuurkunde zo leuk en praktisch gevonden wordt, dan is dat niet conform de aard van de hto-studie waarin ook fundamenteel wiskundige benaderingen moeten worden begrepen. Zie ook hetgeen het havo zelf opmerkt over de voorspellende waarde van natuurkunde in de tweede fase VO m.b.t. studiesuccessen in het hto. Hetgeen verder onder deze vaardigheid wordt opgemerkt over 'Berekeningen' is voldoende als daaronder zowel cijfer- als letteralgebra wordt verstaan.

'*Taalgebruik*' slaat naadloos aan op hetgeen het hbo en het beroepenveld graag ziet (en hoort).

Zoals gezegd een kernvaardigheid die in aansluittrajecten havo-hbo nogal eens aan de orde komt: het systematisch probleemoplossen wordt niet expliciet vermeld. Misschien omdat de vaardigheid meer van doen heeft met de didactiek van het (natuurkunde) onderwijs, en dat past niet in examenprogramma's. Op deze conferentie wordt een workshop van de Hogeschool Enschede gehouden over de ervaringen met het sythematisch aanpakken van (natuur-

kundige) problemen in aansluiting-modulen in het havo. Wat ook zeer aanspreekt is de bij de vak-vaardigheden genoemde doelen die betrekking hebben op het feit dat leerlingen zich vanuit de vakinhoud en beeld hebben gevormd van de betekenis van het vak(onderdeel) voor vervolgstudie en beroep. Het is van belang te weten hoe deze doelstelling wordt gerealiseerd in de leerboeken, of in de profielwerkstukken en het examendossier. Het programma oogt wat overladen, waardoor mogelijk een zekere verdieping van de stof en de vaardigheden niet wordt bereikt. Een conclusie of een aanbeveling over de nu bekende examenprogramma's is moeilijk te maken op basis van de huidige informatie. Het beheersniveau wordt pas zichtbaar in de lesmethoden, de eindexamenopdrachten en de inhoud van de examendossiers. Er zijn echter vele positieve aspecten te noemen die nu verder tot leven moeten worden gebracht. Een van de beste manieren om dat te doen is een goede samenwerking tussen het vo en het hbo op regionaal instellingsniveau. Enkele suggesties worden hieronder gegeven.

Suggesties voor het gezamenlijk werken aan doorlopende leerwegen

Enkele algemene doelen die regionale netwerken en werkrelaties vo-hbo voor natuurkundigen of gebruikers van het vak natuurkunde kan hebben zijn:

- het elkaar goed informeren over veranderingen in de (natuurkunde)programma's;
- het verbeteren van de aantrekkelijkheid van het profiel N&T en van de HTO-studie; zie ook de aangegeven lotsverbondenheid;
- het verhogen van het studiesucces in het hbo;
- het verbeteren van de oriëntatie op opleidingen, studie en beroep.

De wijze waarop dat kan wordt hierna aangegeven. Het zijn stuk voor stuk geen theoretische mogelijkheden, maar reeds in diverse regio's (met vallen en opstaan) beproefde methodes die lijken te bestendigen bij ondersteuning (facilitering en draagvlak) door het management.

We noemen:

- *Inbreng vanuit het hbo bij de profielkeuze (vakkenpakket-keuze) in havo3;*
Voorlichting over vakken en studies in het hbo door eerste- of tweede jaars hbo-leerlingen, hbo-docenten en/of korte hbo-bezoeken.
- *Oriëntaties op elkaars situatie;*
 - Docent-uitwisseling of wederzijds lesbezoek, en het opstellen van conclusies en aanbevelingen;
 - Terugkoppeling en analyse van studieresultaten van oud-leerlingen;
 - Documentanalyses (leerboeken, examens, tentamens) en aangeven van knelpunten in de doorloop van vak- en vaardigheden;
 - Gezamenlijke scholing en voorlichting over vak-nieuwelingen en doorloop van de het studiehuisconcept; het gezamenlijk doordenken hoe de natuurkunde-vaardigheden A1..A6 ontwikkeld kunnen worden

en dienen door te lopen in het hbo;

- Ontwikkelen van programma's geënt op de deficiëntie-regelingen uit de nieuwe Wet VO.

Leerling oriëntaties op het HBO (op opleiding, studie en beroep);

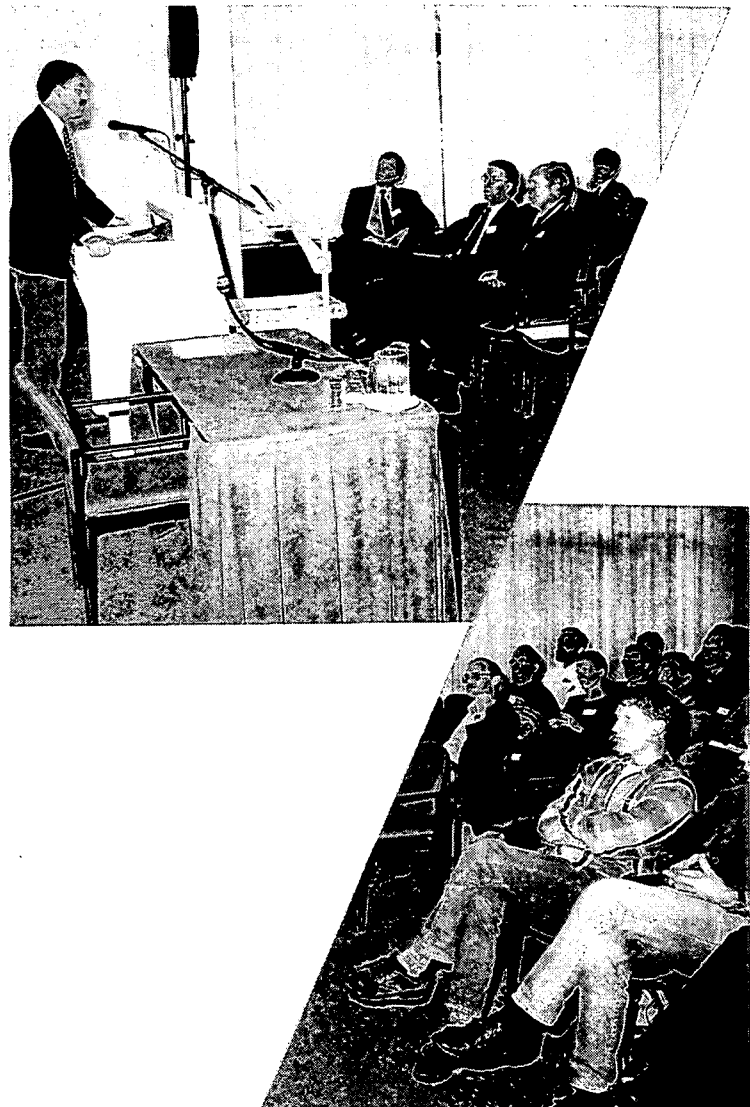
- Delen van praktische schoolonderzoeken (SE's) of practica op een hbo-instelling uitvoeren;
- Gezamenlijk ontwikkelen van aansluitmodulen in de vrije keuze-ruimte, gericht op de doorloop van de vakken en vaardigheden in het hbo;
- Oriëntatie-cursussen in havo5, bijvoorbeeld gericht op systematisch probleemaanpak of rekenvaardigheid binnen hbo-contexten.

Bij het LICA kunnen voorbeelden van deze werkrelaties en netwerken worden opgevraagd.

Verder wacht het hbo met spanning de concretisering van de eindtermen in leerplannen en exameneisen af.

Noten

1. Instroomrechten HBO, HBO Raad, september 1996.
2. Eindrapportage Instroomprofielen HBO, september 1994, LICA, Enschede.
3. Almanak voor de Tweede Fase VO,



Nieuwe Wiskunde in de Natuurprofielen vwo

M. Kindt

Geschiedenis

In 1954 (!) bracht de Nederlandse subcommissie van de Internationale Commissie voor het Wiskunde-onderwijs een rapport uit onder de titel "The function of mathematics in modern society and its consequence for the teaching of mathematics". Hierin wijst prof. dr. D. van Dantzig op de sterke groei van het gebied waar wiskunde toegepast wordt en de daarmee gepaard gaande grote vraag naar wiskundigen en naar mensen die in staat zijn bepaalde soorten wiskunde toe te passen in vakken buiten de wiskunde. Als belemmering bij het voldoen aan deze vraag noemde hij het niet aangepast zijn van het leerplan aan deze ontwikkeling. Als belemmering bij het wegnemen van dit defect noemde hij de neiging tot perfectionisme bij veel leraren en de onjuiste opvatting van wat men onder zuivere wiskunde verstaat. Deze laatste komt voort uit het feit dat grote stukken van wat we nu zuivere wiskunde noemen, vroeger toegepaste wiskunde was.

1954 was toevallig ook het jaar waarin ik eindexamen deed en braaf mijn sommen maakte over meetkundige reeksen, kubussen en bollen, (soms wat exotische) stelsels vergelijkingen, enz., waarin dus niets te merken was van de ideeën stellen dat zijn manmoedige poging om het wiskundeonderwijs een meer toegepast karakter te geven, geen enkele invloed gehad heeft in die tijd. In 1958 vond een wijziging van het curriculum plaats, maar die was in vergelijking met latere veranderingen, bescheiden van aard. De programma's van gymnasium en HBS werden gelijk gesteld en dat betekende bijvoorbeeld het verplicht worden van differentiaal- en integraalrekening op de HBS, al ging dat toen niet zo ver als vandaag de dag: e-machten en natuurlijke logaritmen bleven buiten beeld. De echte aardverschuiving kwam pas in '68, maar dat was een heel andere dan Van Dantzig had bedoeld en gewild. Zij viel samen met de invoering van de Mammoetwet. Het was de tijd van de 'New Math', in goed Nederlands de 'Moderne Wiskunde', een naam die nog steeds door een gangbare wiskundemethode gedragen wordt. In natuurkundekringen was men niet zo verrukt met die ontwikkeling. In 1967 werd door professor Freudenthal een internationaal congres in Utrecht georganiseerd



seerd met als motto 'How to teach mathematics as to be useful'. Verschillende natuurkundigen en beoefenaren van toegepaste wiskunde trokken daar (soms nogal ruw) van leer tegen verzamelingenleer en aanverwante abstracte zaken. Maar het tij was niet te keren. In Nederland zijn we nog heel gematigd gebleven in vergelijking tot landen als België en Frankrijk waar 12-jarige leerlingen ingewikkelde opgaven moesten maken over de lege verzameling en de axioma's van een groep uit het hoofd moesten leren.

Maar ook bij ons sneuvelden een paar belangrijke pijlers van de klassieke wiskunde:

- de euclidische meetkunde met haar bewijscultuur;
- de cartesische meetkunde waarin meetkundige plaatsen en in het bijzonder de kegelsneden een hoofdrol speelden.

Daar stond tegenover dat de differentiaal- en integraalrekening ('calculus') behoorlijk werd uitgebreid (tot en met differentiaalvergelijkingen!) en dat de kansrekening het onderwijs binnendrong. Deze laatste twee ontwikkelingen gaven weer wat krediet bij de natuurkundeleraren en andere afnemers van wiskunde.

Dit betrof de bovenbouw van het vwo. Het onderbouwprogramma uit 1968 zou je bijna natuurkunde- vijandig kunnen noemen met zijn verzamelingentaal en het onderscheid tussen functies en relaties. Het is wel gek om te constateren dat, nu wij in de schoolwiskunde daarvan verlost zijn, er in een natuurkundemethode als Scoop overblijfselen daarvan te vinden zijn:

Uit Scoop:

$$\varphi(t) = \frac{t}{T} = ft$$

↓

$$\varphi^* = \varphi - n \quad n \in \mathbb{N} \quad \text{zodat} \quad 0 \leq \varphi^* < 1$$

Nu volgt een lijst van 'aardverschuivingen' in het wiskundeonderwijs (vanaf 1968) met karakteristieken:

'68 New Math (12- 18)

- structuur gericht
- verzamelingentaal
- hoge graad van abstractie

'85 Hewet: wiskunde A op het vwo (16 - 18)

- toepassingsgericht
- conceptvorming via context.

'90 Hawex : wiskunde A & B op het havo (15 - 17)

- wiskunde A : gericht op gezond verstand, realistisch
- wiskunde B: (techniek-)praktijkgericht

'93 W 12-16 (Realistische Wiskunde)

- leerling ontwikkelt inzicht aan de hand van probleemsituaties
- die situaties zijn vaak afkomstig uit de werkelijkheid
- de aangeboden wiskunde is voor elke leerling zinvol.

De drie operaties Hewet, Hawex en W 12-16 hebben sterk bijgedragen aan de humanisering van het wiskundeonderwijs. De ivoren toren zoals Van Dantzig die schets-te, werd geheel verlaten. Als laatste bolwerk van de voorstanders van 'zuivere' wiskunde bleef wiskunde B op het vwo.

Naar een nieuw programma wiskunde B

Op het programma wiskunde B kwam de laatste jaren steeds meer kritiek, ook uit de hoek van de harde wiskunde.

Het programma zou volgens velen

- te *receptmatig* zijn (denk aan het stereotiepe functieonderzoek);
- te *éénzijdig* zijn (75% 'calculus');
- te weinig *inspirerend* zijn (weinig aansprekende problemen);
- te weinig aandacht besteden aan *redeneren en bewijzen*;
- te weinig aandacht besteden aan *toepassingen*;
- niet inspelen op de nieuwe *technologie* (grafische rekenmachine, computeralgebra, ...).

In '94 werd er een rapport uitgebracht door een studiecommissie wiskunde B vwo waarin werd gesteld dat bij wiskunde B te veel nadruk wordt gelegd op algoritmisch handelen en te weinig op redeneren en bewijzen. Ik citeer:

(...)Helder redeneren vereist dat de leerling zich er voortdurend rekenschap van geeft dat de dingen die hij zegt of opschrijft een betekenis hebben en zich lenen voor begrip en niet slechts voor toepassingen van een aangeleerd recept(...)

Verder wordt er in dit rapport gepleit aandacht te besteden aan historische aspecten. Ten aanzien van toepassingen van de wiskunde, van 'modelleren', spreekt het rapport een duidelijke beduchtheid uit: (...) *De Commissie is van oordeel dat echt modelleren in de wiskundeles op*

het vwo te hoog gegrepen is (...). Daartegenover stelt de commissie wel dat toepassingen motiverend voor de leerlingen kunnen zijn en dat aan de hand van toepassingen de maatschappelijke relevantie van de wiskunde kan worden duidelijk gemaakt.

De vakontwikkelgroep wiskunde die de opdracht kreeg voor het ontwerpen van wiskundeprogramma's voor de profielen, stelt dat er in het wiskundeonderwijs dat is gericht op een exacte vervolgstudie, uitdrukkelijk aandacht zal moeten zijn voor de volgende aspecten:

a. *Modelleren*

De leerling dient inzicht te krijgen in de samenhang tussen een wiskundig model en de werkelijkheid die daaraan ten grondslag ligt.

b. *Abstraheren*

De leerling moet leren een wiskundig model te zien als een theorie of methode, los van de werkelijkheid waarvoor het gemaakt was.

c. *Redeneren*

De leerling moet leren op grond van gegeven uitgangspunten en een heldere probleemstelling met behulp van logisch redeneren tot een oplossing te komen.

In het voorstel voor de nieuw programma's wiskunde van de vakontwikkelgroep, springen een paar zaken in het oog:

- voor alle profielen: een consequent gebruik van technologische hulpmiddelen: de grafische rekenmachine (GR), computerprogramma's (VU-Grafiek, Cabri, enz.).
- voor alle vwo-profielen: een keuze-blok ('zebra') met de mogelijkheid voor de leerling om één of meer profielverwante wiskundethema's te bestuderen.
- voor beide N-profielen vwo: expliciete vermelding van de toepassingsgebieden *continue dynamische modellen en wachttijdtheorie*.
- voor het profiel N & T vwo: terugkeer van *vlakke meetkunde* (bewijzen, maar ook toepassingen!).
- voor het profiel N & T vwo: aandacht voor het 'oneindige': *iteratie, convergentie, reeksontwikkeling*.

Vanwege de sterke inhoudelijke vernieuwing die door de vakontwikkelgroep is voorgesteld, heeft het ministerie het Freudenthal Instituut de opdracht gegeven te onderzoeken in hoeverre het voorgestelde programma haalbaar is en welk eindniveau kan worden nagestreefd. In dit project, Profi genaamd, wordt thans geëxperimenteerd met nieuw lesmateriaal op twee scholen. Op beide scholen wordt in 1997 een experimenteel eindexamen afgenomen, waarbij de leerling de beschikking zal hebben over de grafische rekenmachine en een formulekaart.

Aandachtspunten bij het ontwikkelen van dit lesmateriaal zijn:

- Relatie met andere profielvakken.
- Dwarsverbanden tussen de wiskunde-domeinen.
- Redeneren en bewijzen.
- Geschiedenis van de wiskunde ('wiskunde is mensenwerk').
- Van concreet naar abstract.
- Esthetische aspecten van de wiskunde.

- Overkoepelende aspecten van de wiskunde.
- Zelf-ontdekkend leren (reconstructie-didactiek).
- Gebruik van informatietechnologie.

Hoek van inval is hoek van terugkaatsing

Ik wil in het vervolg van deze voordracht iets laten zien van de invalshoek waaronder het Profi-team zijn lessen ontwerpt.

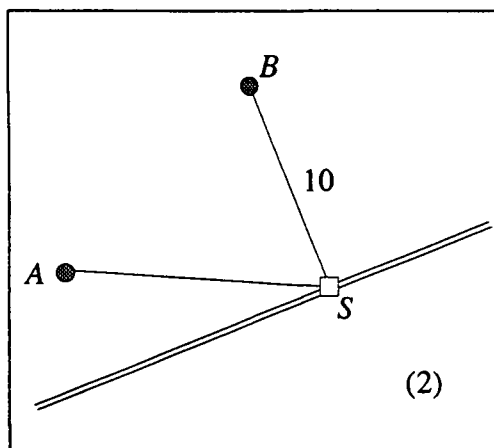
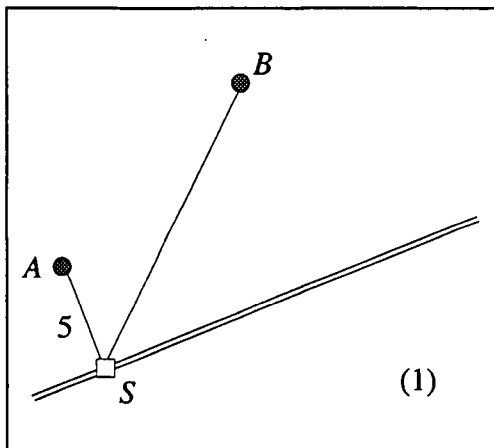
Uit het pakketje 'Optimaliseren' stamt het volgende probleem:

De gemeenten A en B liggen aan dezelfde kant van een spoorlijn resp. op afstand 5 km en 10 km van die lijn. De afstand van A tot B is (hemelsbreed) 13 km.

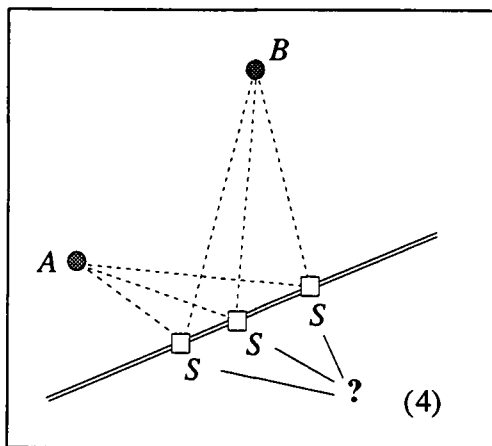
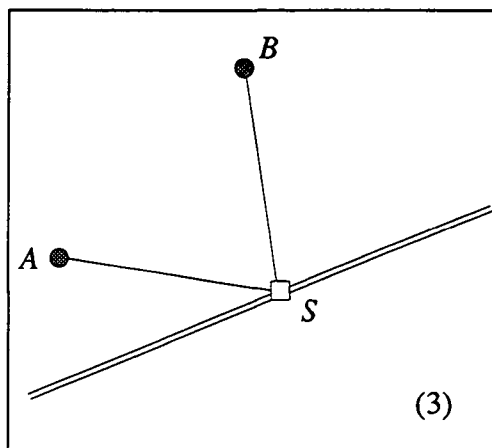
De spoorwegmaatschappij wil een station aan genoemde spoorlijn bouwen en overlegt met diverse instanties waar de beste plaats voor het station (S) is. Het terrein aan de kant van de spoorlijn waar A en B liggen is nog braak en munt niet uit door natuurschoon, zodat men voor de aanleg van de wegen AS en BS alle vrijheid heeft.

Gemeente A wil natuurlijk dat S zo dicht mogelijk bij A ligt (1).

Gemeente B wil S zo dicht mogelijk bij B hebben (2)



Het provinciebestuur zou het liefst zien dat S op hemelsbreed gelijke afstanden van A en B komt te liggen (3). Tenslotte wil de provinciale busmaatschappij dat de totale afstand AS + SB zo klein mogelijk is (4).



Over deze situaties worden wat vragen gesteld, maar uiteindelijk is het begonnen om situatie (4). De eerste aanpak die de leerling volgt is de grafische methode. Daarbij stelt hij een formule op, voert die in de GR in en onderzoekt welke situatie optimaal is. Laat x de afstand zijn van S tot het voetpunt van de loodlijn uit B op de spoorlijn. De afstanden BS en AS kunnen nu respectievelijk worden uitgedrukt in x, met als resultaat:

$$BS = \sqrt{100 + x^2} \quad \text{en} \quad AS = \sqrt{25 + (12 - x)^2}$$

In het functiebestand van de GR kan nu worden ingevoerd:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \sqrt{100 + X^2} \\ Y_2 &= \sqrt{25 + (12 - X)^2} \\ Y_3 &= Y_1 + Y_2 \\ Y_4 &= \blacksquare \\ Y_5 &= \end{aligned}$$

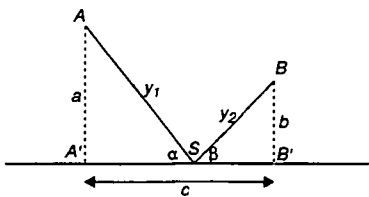
Uit de grafieken kan dan worden afgelezen dat de optimale plaats van S correspondeert met $x \approx 8$. Ongeveer 8 of precies 8? Je kunt natuurlijk inzoomen en die 8 steeds beter benaderen. Bij nader inzien, lijkt het

trouwens zó te zijn dat de verhouding van de afstanden van *A* en *B* tot de spoorlijn (hier 1 : 2) precies gelijk is aan de verhouding van de afstanden waarin *S* het stuk tussen de beide loodrechte projecties op de spoorlijn (hier 4 en 8) verdeelt.

Een interessante hypothese. Variatie van de gegeven afstanden (daar manifesteert zich de kracht van de GR: een kleine ingreep in *n* van de formules en een nieuw geval wordt doorgerekend), geeft vertrouwen, maar geen wiskundige zekerheid.

Gelukkig weten we sinds Newton en Leibniz dat de differentiaalrekening een goed instrument levert om optimaliseringsproblemen aan te pakken.

Dat kun je doen op de 'automatische piloot': differentiëren, afgeleide nul stellen. Leibniz pakte bovenstaand probleem hoogstpersoonlijk aan, maar verloor daarbij de meetkundige context niet uit het oog.



methode Leibniz

$$y = y_1 + y_2$$

$$\sqrt{x^2 + a^2} + \sqrt{(c-x)^2 + b^2}$$

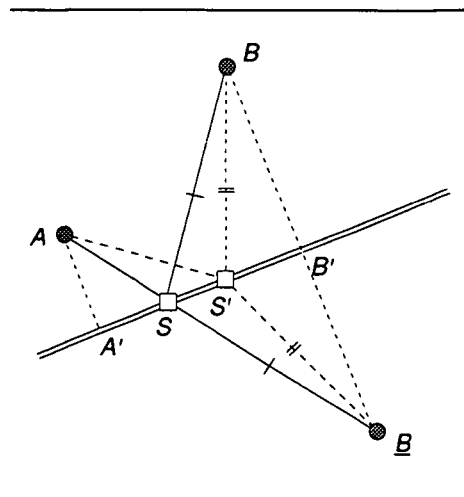
differentiëren

$$\frac{dy_1}{dx} = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \frac{A'S}{AS}$$

$$\frac{dy_2}{dx} = \frac{c-x}{\sqrt{(c-x)^2 + b^2}} = \frac{B'S}{BS}$$

$$\frac{dy}{dx} = 0 \Rightarrow \frac{A'S}{AS} = \frac{B'S}{BS}$$

Dit geeft zekerheid en leert dat in de optimale situatie de hoeken α en β gelijk zijn. Zeker is ook dat de aanpak met differentiaalrekening hier niet de eenvoudigste oplossing geeft; er bestaat ook een fraaie meetkundige manier!



\underline{B} is het spiegelbeeld van *B* ten opzichte van de spoorlijn. De route *ASB* is nu even lang als *ASB*.

In driehoek *ABS'* geldt de *driehoeksongelijkheid*, dat wil zeggen: route *ASB* < route *AS'B*. Maar die laatste route is weer even lang als de route *AS'B*. Daarmee is aangetoond dat elke positie *S'* van het station buiten het snijpunt van \underline{AB} met de spoorlijn een langere route geeft. Dit bewijs was in de Oudheid bekend en wordt wel toegeschreven aan Heron van Alexandrië. Die zou dat hebben behandeld in een boek over *Optica*. De spoorlijn was een spiegellend oppervlak, het punt *B* een voorwerp en het punt *A* het oog. En Heron was er van overtuigd dat de Natuur (hier het licht) kortste wegen bewandelt. Zo werd de wet 'hoek van inval = hoek van terugkaatsing' bewezen. Leibniz' oplossing had trouwens ook betrekking op de gang van een lichtstraal.

Onze Christiaan Huygens geeft in zijn werk 'Traité de la Lumière' (in een prachtige vertaling uitgegeven in de Epsilonreeks) een ander bewijs van de terugkaatsingswet. Hij baseert zijn bewijs niet op het principe van de minimale weglengte, maar op zijn eigen theorie over de voortplanting van het licht ('golffronten').

'We gaan uit van een vlak gepolijst oppervlak, van een of andere substantie (metaal, glas, ...), AB, waarvan ik in eerste instantie aanneem dat het volkomen glad is. Een lijn AC hellend ten opzichte van AB, stelt een deel voor van een lichtgolf, waarvan het middelpunt zo ver weg ligt, dat dit deel AC als een rechte lijn kan worden beschouwd. Ik beschouw dit namelijk allemaal als in één vlak, mij indenkend dat het vlak waar deze figuur in ligt de bol van de golf in zijn middelpunt doorsnijdt en vlak AB onder rechte hoeken. Het is genoeg daar eens en voor altijd op te wijzen.'

Huygens bewijs komt dan verder hier op neer dat hij betoogt dat in de tijd die punt *C* nodig heeft om de spiegel te bereiken, het punt *A* zijn beweging voortzet boven het vlak over een afstand gelijk aan *CB*. De golf die door *A* wordt veroorzaakt, wordt in de figuur voorgesteld door de cirkel met centrum *A* en straal *AN* (= *CB*). Op dezelfde wijze brengen de punten *H* na verloop van tijd golven voort die worden voorgesteld door een cirkel (*K*, *KM*). Deze cirkels hebben de lijn *BN* als gemeenschappelijke raaklijn (bij uitbreiding van de cirkels onder *AB* raken ze immers aan *BG*). Daarom is het lijnstuk *BN* de voortzetting van de golf *AC* na weerkaatsing. Gemakkelijk volgt nu dat de driehoeken *ABN* en *BAC* congruent zijn, met als gevolg $\angle NAB = \angle CBA$, oftewel: hoek van inval is hoek van terugkaatsing.

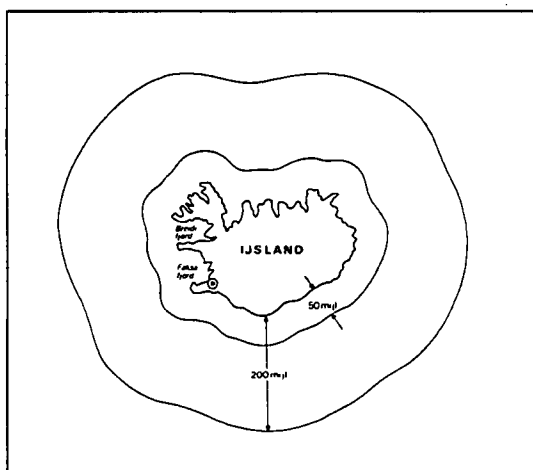
Een bijna zuiver meetkundig bewijs van een natuurkundige stelling. Is dat niet aardig voor de profielgedachte? Overigens reageerden de leerlingen een tikkeltje verbolgen op het eerder genoemde bewijs van Heron. Zo van: "waarom heb je ons dat niet meteen verteld, dat is toch veel duidelijker?" Het antwoord daarop was een nieuw probleem: stad *A* heeft twee keer zoveel inwoners als stad *B* en daarom wordt er naar gestreefd de 'gewogen afstand': $2 AS + BS$ te minimaliseren. De grafische methode en de methode van Leibniz werken nu even gemakkelijk, maar Heron laat het afweten. In de context van de lichtstraal en met *A* en *B* aan weerszijden van de lijn, is dit het vraagstuk van de lichtbreking. Het meetkundig bewijs van de brekingswet is inderdaad aanzienlijk minder eenvoudig. Huygens geeft er twee: één vanuit zijn theorie van de golffronten en één waarbij hij aantoonde dat de volgens de 'sinuswet' gebroken lichtstraal inderdaad de kortste weg van voorwerp naar oog is. Wat

is nu de moraal van deze voorbeelden? Meetkunde en differentiaalrekening vullen elkaar soms mooi aan: de aanschouwelijkheid van de eerste is een sterke troef, maar de tweede is vaak doelmatiger (al zijn er ook problemen, waarbij de meetkundige methode veel efficiënter is, bijvoorbeeld bij een combinatie van spiegels).

Iso-afstandlijnen en Huygenscirkels

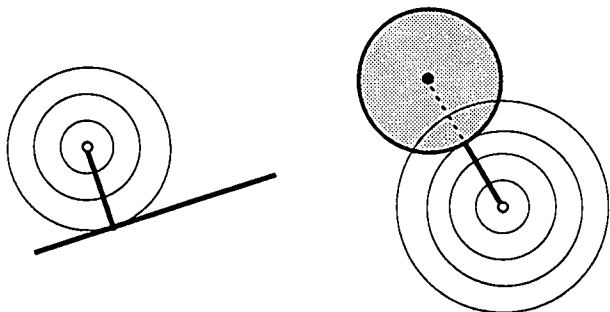
In een oud nummer van het tijdschrift Pythagoras stond een aardig plaatje van IJsland, getooid met een 50- en een 200-mijlszone. Hoe komt men aan zo'n zone en waarom is de grens zo gladjes in vergelijking tot de grillige kust van het eiland? Trouwens, hoe meet je de afstand van een punt in zee tot het eiland? Om met dit laatste te beginnen: de afstand van een punt P tot een gebied E is per definitie het minimum van de afstanden van P naar alle mogelijke punten van E .

Wat beknopter uitgedrukt: $d(P, E) = \text{Min}_{X \text{ op } E} d(P, X)$

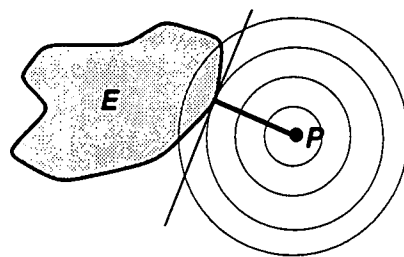


Volgens het minimumbeginsel is de afstand van een punt tot een rechte lijn gelijk aan de afstand van dat punt tot het voetpunt van de loodlijn op die kust. De afstand van een punt P tot een cirkelvormig eiland vind je door dat punt met het middelpunt te verbinden; het snijpunt van die verbindingslijn met de cirkelrand is dan het punt van het eiland dat het meest nabij P ligt. Dat laatste bewijs je gemakkelijk met de 'driehoeksongelijkheid', een van de grondregels van de klassieke meetkunde.

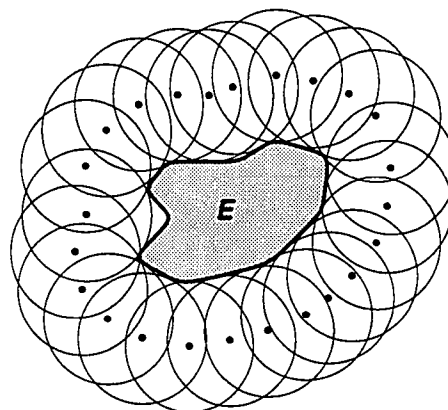
Er is nog een andere manier om naar de afstand van een punt tot een lijn of cirkel te kijken: P is zojuist in het water geploft en genereert een golf front van concentrische cirkels. De eerste de beste die het gebied treft, levert de afstand tot dat gebied:



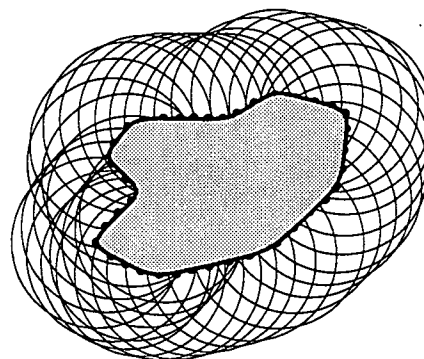
In combinatie met wat eerder is opgemerkt over de afstand van punt tot lijn en cirkel, geeft dit criteria voor het raken van cirkel aan lijn en cirkel. Het grappige van de tweede zienswijze is dat zij toegepast kan worden op een minder regelmatig gebied:



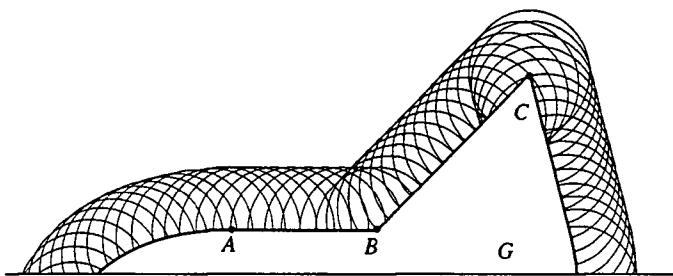
Dit laatste plaatje geeft meteen een idee hoe je een zoveel-mijls-zone om een eiland kunt maken, namelijk door een cirkel te laten rollen langs de kust en te kijken naar de baan van het middelpunt.



Deze cirkels noemen we *stootcirkels* van het eiland. Er is nog een tweede manier, waarbij we letten op het golf front van de punten op de rand van het eiland. De cirkels met middelpunt op de rand ('*Huygenscirkels*') omhullen een zogenaamde iso-afstandslijn.



Interessant is het gedrag van de Huygenscirkels bij 'inhammen' en 'kappen'.

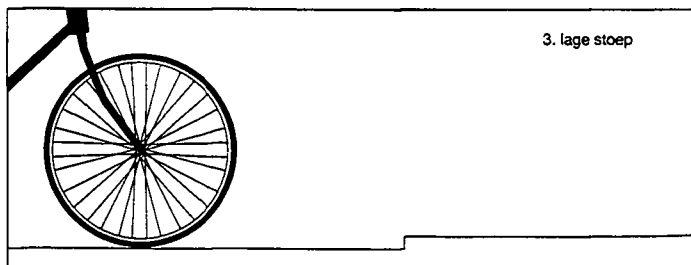
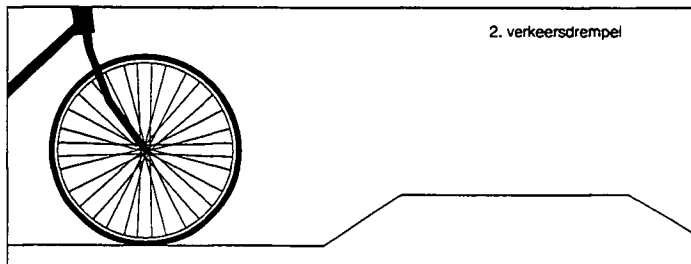
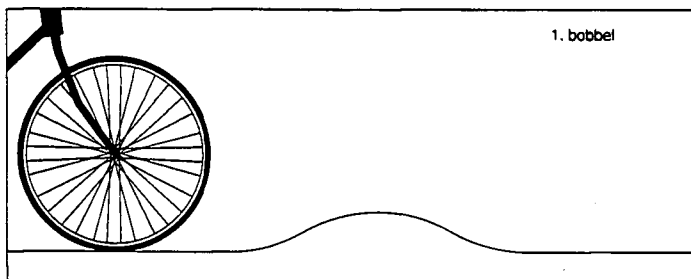


De Huygencirkel met centrum B levert geen bijdrage aan de frontlijn, zoals bij uitvergroting goed zien is. Een leuke vraag is dan natuurlijk: van welke andere punten op de kust levert de Huygens- cirkel geen punt op de iso-afstandlijn? Volgende vraag: zijn er Huygencirkels die meer dan één punt leveren? Nadere studie leert dat inhammen geknikte (niet-differentieerbare) fronten geven terwijl rond kapen alles gladjes (differentieerbaar) verloopt. Alweer een brug tussen meetkunde en differentiaalrekening.

Tenslotte een complete opgave uit het Profi-pakket 'Afstanden, grenzen en gebiedsindelingen', waarbij het al of niet differentieerbaar zijn in het middenrif voelbaar wordt.

Beschouw een rollend fietswiel als een bewegende stootcirkel.

In de volgende drie figuren zie je verschillende obstakels. a. Teken voor elk geval de baan die het midden van het wiel beschrijft. Gebruik daarbij zowel Huygens-cirkels als stootcirkels.

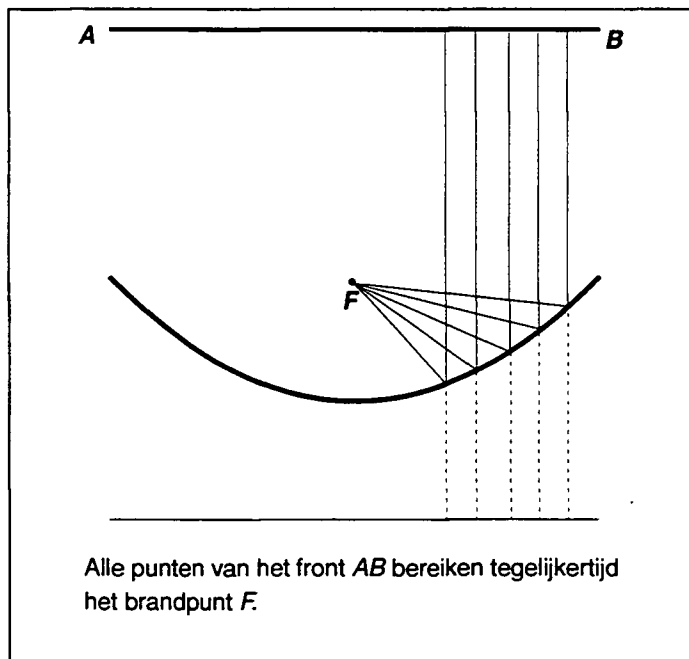


Als de baan van het midden van het wiel een knik maakt voelt de fietser een klap. De klap is groter naarmate de hoek groter is tussen de richting voor en na de knik.

b. Hoeveel klappen voelt de fietser bij de verkeersdrempel?

c. In welke geval voelt de fietser de hardste klap: bij de verkeersdrempel of bij de lage stoep?

Er valt natuurlijk nog veel meer te vertellen over nieuwe ideeën rond het wiskunde B programma. Over *conflictlijnen* bijvoorbeeld, die de zeegrenzen vormen tussen de landen die aan het water liggen. Bij een rechte kust en een puntvormig eiland blijkt de conflictlijn een bekende kromme te zijn: de parabool. Ook ellips en hyperbool kunnen als conflictlijn optreden. Met het computerprogramma 'Cabri' kunnen leerlingen dit soort zaken zelf ontdekken, en ze doen dat met veel enthousiasme. De genoemde krommen verschijnen als omhullenden van series middelloodlijnen en dit hangt ten nauwste samen met de spiegeleigenschappen van parabool, ellips en hyperbool; alweer 'hoek van inval is hoek van terugkaatsing'. De bekende schotelantenne bijvoorbeeld, leent zich nu voor een meetkundige analyse.



Met deze voorbeelden heb ik geprobeerd een indruk te geven van de geest waarin de nieuwe wiskunde B zich afspeelt. Klassieke 'calculus' en klassieke meetkunde, onderling verweven, en vermengd met moderne toepassingen, zij bepalen het gezicht. Daarbij wordt frequent gebruik gemaakt van technologische hulpmiddelen, vooral in de zogenaamde exploratiefase. In zijn meest ideale vorm zou je kunnen zeggen: empirisch wiskundig onderzoek, gevolgd door kritische analyse, redeneren en bewijzen. Dat vraagt tamelijk veel van de leerlingen. Zij moeten methoden vergelijken, het overzicht bewaren en kunnen overspringen van de ene wiskundige discipline naar

de andere. Kortom zij moeten zeer flexibel zijn. Bovendien zullen ze moeten leren kritisch te zijn ten aanzien van redenering en bewijsvoering. Als we er in slagen de gemiddelde N & T-leerling dit soort vaardigheden op een prettige en stimulerende manier bij te brengen, kan dit wellicht bijdragen aan een noodzakelijke groei van het aantal β -wetenschappers in Nederland.



Techniek in de Tweede Fase van VO-Natuurkunde

A. Pilot



Inleiding

In deze bijdrage zal ik eerst kort ingaan op de argumenten om 'Techniek' in de bovenbouw havo/vwo op te nemen. Daarna bespreek ik de groeiende belangstelling voor Techniek in het huidige VO. Tenslotte ga ik in op de doelen en uitgangspunten voor Techniek in de tweede fase VO, op techniekdoelstellingen versus toepassingscontexten en op het ontwikkelproject dat de stuurgroep T15+ binnenkort hoopt te starten.

Voor deze tekst is vooral gebruik gemaakt van voorstellen en documenten van de Stuurgroep Techniek 15+ uit 1994-1996, bestaande uit Prof. dr. J.H. Raat, Dr. A.L. Ellermeijer, Ir. C. de Beurs, Drs. B. Ploegmakers, Dr. A. Pilot, Dr. M.D. Stafleu en Ir. A. Leusink.

Waarom 'Techniek' in de bovenbouw havo/vwo?

Uitgangspunt in de redenering is dat techniek in onze samenleving een belangrijke plaats inneemt, met name omdat de invloed van de techniek in ons werk, in onze woonomgeving en in onze vrije tijd groot is. Techniek biedt daarbij enerzijds oplossingen voor bestaande maatschappelijke problemen, maar wordt anderszins ook vaak als bedreigend ervaren.

De indruk bestaat dat de acceptatie van technologie in Nederland laag is in vergelijking met omliggende landen, terwijl tegelijk een goed technologisch klimaat van vitaal belang voor de economie is.

Relatief weinig studenten in ons land kiezen voor technische studies; dat geldt zeer zeker voor vrouwen. Maar ook dreigt de kloof groter te worden tussen mensen met wel resp. geen technische achtergrond: een nieuwe vorm van 'analfabetisme' dreigt, nu wat betreft kennis en vaardigheden voor het toepassen van techniek in de directe leefomgeving.

Leerlingen dienen daarom hun capaciteiten voor het oplossen van technische problemen te ontwikkelen. Daarbij geldt dat het techniek-onderwijs voor 15-18 jarigen een logische voortzetting moet zijn van de 'aandacht voor techniek' in het basisonderwijs en 'techniek' in basisvor-

ming: kortom, het gaat om een doorlopende leerweg in de techniek.

Een groeiende belangstelling voor Techniek in het huidige VO

Dat er een groeiende belangstelling voor Techniek is, blijkt wel uit de volgende drie recente ontwikkelingen in de curricula van het VO.

a. Techniek in de basisvorming

In de adviestabel staat dat alle leerlingen van 12-15 in totaal 4,5 jaaruur krijgen. De kerndoelen zijn daarbij: kennismaken met die aspecten van techniek die van belang zijn voor een goed cultuurbegrip, voor het maatschappelijk functioneren en voor verdere technische ontwikkeling. Daarbij worden drie domeinen onderscheiden:

- * Techniek en samenleving;
 - * Omgaan met producten van techniek;
 - * Maken van functionele werkstukken.
- en noemt het leerplan Techniek met name:
- * kennis maken met *stysteembenadering*.
 - * kennis maken met *probleemoplossend leren*.

Technisch handelen oefenen de leerlingen door te werken aan concrete problemen via strategieën voor probleemoplossend handelen. De huidige invulling vindt vooral plaats via kant en klare werktekeningen, waarbij weinig ruimte is voor eigen fantasie. Daarbij wordt vaak een pleidooi gehouden voor meer uitdaging, meer aandacht voor het dynamische karakter van technische probleemoplossingen en voor 'ontwerpen' als kern-activiteit in plaats van het huidige accent op maken en gebruiken.

b. Natuurkunde en informatietechnologie

Een tweede ontwikkeling betreft het nieuwe leerstofgebied 'Fysische Informatica' in het huidige examenprogramma natuurkunde. Daarin is o.a. het thema 'Technische Automatisering' in 4 Havo/ 4 vwo opgenomen, dat gaat over de opbouw en werking van technische gegevens-verwerkende systemen. Leerlingen ontwerpen, bouwen en testen

in dat thema automatische systemen m.b.v. een 'systeem-bord' met sensoren, actuatoren en signaalverwerkers. Ook gebruiken vwo-ers bijvoorbeeld de computer bij onderzoekproblemen voor het vergaren en analyseren van meetgegevens en doorrekenen van modellen.

Het doel is vooral: vaardigheden en attitudes ontwikkelen voor het functioneren in een door technologische ontwikkelingen veranderde samenleving. Problemen worden niet meer opgelost door dingen uit het hoofd te leren en het volgen van betreden paden, maar door creatief gebruik te maken van beschikbare informatie en technische hulpmiddelen.

De les-ervaringen bij dit onderdeel zijn meestal positief: leerlingen zijn snel gemotiveerd voor dit probleemoplossend onderwijs; zij vinden de lessen leerzaam en boeiender dan andere natuurkundelessen; en dat geldt zowel voor jongens als voor meisjes.

c. Industriële chemie

De derde ontwikkeling om de recente historie kort te schetsen: het onderdeel Industriële chemie is een aantal jaren geleden toegevoegd aan het scheikunde-curriculum. Daarbij gaat het om begrippen en relaties zoals 'groot-schaligheid', de verwevenheid van de chemische industrie, de invloed van de kostprijs op de keuze van processen e.d.

De drie voorbeelden laten zien dat verschillende elementen van Techniek in toenemende mate worden opgenomen in de curricula van het VO.

Doelen en uitgangspunten voor Techniek in de Tweede Fase

Uiteraard moet het onderwijs in de Tweede Fase voortbouwen op de kennis en vaardigheden uit de basisvorming. Dit onderwijs is niet bedoeld als beroepsopleiding, maar vooral als oriëntatie op de techniek (technological literacy) en op een betere aansluiting tussen VO en technische vervolgoopleidingen. Bovendien is al enkele jaren geleden door de Stuurgroep Tweede Fase besloten geen apart vak Techniek te maken, maar Techniek op te nemen in de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde. Een essentieel element in de ontwikkeling van dit onderwijs is het inzicht dat de integratie van de techniek in de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde meer is dan toepassing van vakkennis: probleemoplossen in het technische domein is anders dan probleemoplossen in het natuurwetenschappelijke domein. Bij het laatste gaat het vaak om onderzoek dat gericht is op het beschrijven van feiten, verbanden, kwalitatieve en kwantitatieve relaties, en op verklaringen voor verschijnselen. Bij probleemoplossen in het technische domein staat met name 'ontwerpen' als activiteit centraal. Functionaliteit, vormgeving, materiaal, productietechnieken, kosten, behoeften van gebruikers en economische, sociale en ecologische randvoorwaarden zijn centrale begrippen in de activiteiten die het oplossen van dit type problemen kenmerkt. Een vergelijking van de lijst van Onderzoeks- of practicumvaardigheden met onderstaande omschrijving van ontwerpvaar-

digheden maakt duidelijk dat het gaat om verschillende soorten problemen met verschillende werkwijzen. Een overzicht van de ontwerpvaardigheden (zoals die zijn uitgewerkt door de Stuurgroep Techniek 15+ voor de lijst algemene vaardigheden van de Stuurgroep Tweede Fase) is hieronder opgenomen.

Overzicht ontwerpvaardigheden:

- a. probleem identificeren en specificeren
 - verzamelen van informatie over het probleemgebied
 - vaststellen van behoeften en randvoorwaarden
 - een verdere uitwerking van de probleemstelling naar een ontwerp-opdracht
- b. formuleren van mogelijke oplossingen
 - verzamelen van specifieke informatie, gerelateerd aan de ontwerp-opdracht
 - bedenken van alternatieve oplossingen
 - selectie uit mogelijke alternatieven
- c. uitwerking van het ontwerp
 - werkplanning opstellen, opsplitsing van het probleem in deelproblemen
 - bouwen en testen van deeloplossingen
 - gebruik maken van wiskundige-, natuurwetenschappelijke- en technologische kennis bij de oplossing
 - bouwen van een prototype voor de gekozen oplossing
- d. evaluatie van de oplossing
 - evalueren van de oplossing door toetsing aan de in de ontwerp-opdracht gespecificeerde behoeften en randvoorwaarden
 - verbeteren van de (deel)oplossing
 - reflectie op het ontwerpproces
 - reflecteren op andere alternatieven
 - presentatie van de oplossing aan anderen

De ontwikkeling van techniekmodulen

De Stuurgroep Techniek 15+ heeft voorgesteld voorbeeldmodulen te ontwikkelen voor de vakken ANW, Natuurkunde, Scheikunde, Biologie en Wiskunde in de profielen N&T en N&G.

plaats

1. De techniekmodulen binnen Algemene Natuurwetenschappen en de β -vakken zullen gericht zijn op ontwikkeling van algemene kennis en inzicht in techniek en op ontwikkeling van ontwerpvaardigheden. Daarom worden voor elk vak 2 modulen ontwikkeld:
 - (1) een basismodule waarin aandacht is voor de selectie en het gebruik van techniek, in brede context,
 - (2) een kopmodule met nadruk op het ontwikkelen van ontwerpvaardigheden.
2. Binnen Natuurkunde, Wiskunde en Scheikunde voor de beide bèta-profielen worden gemeenschappelijke modulen ontwikkeld (met daarna binnen Natuur en Techniek specifieke modulen).

In de havo is minder ruimte voor techniek dan in het vwo; maar om de structuur gelijk te houden is ervoor gekozen om dezelfde opzet te gebruiken maar een andere inhoud te kiezen. In de havo hebben de basis-

module en de kopmodule daarom hetzelfde onderwerp (dus een verdieping met specifiek aandacht voor ontwerpvaardigheden in de kopmodule).

karakter

De argumentatie voor het karakter van de modulen Techniek is gebaseerd op het volgende.

Drie aspecten vormen de basiselementen van techniek:

- Materie
- Energie
- Informatie

Die vormen de grondslag voor de (thema)keuzes samen met:

de interactie samenleving - techniek-ontwikkeling, en de (industriële) processen.

Daarnaast zijn er enkele algemene condities voor de modulen; ze moeten:

- kenmerkend zijn voor techniek en met technisch ontwerpen;
- aantrekkelijk zijn voor meisjes en jongens; en
- vele aspecten van techniek moeten aan de orde komen;
- betere voorbereiding geven op studiekeuze;
- aansluiten bij inhoud van vakken waarin ze geïntegreerd worden, en grote onderlinge samenhang vertonen.

Gezien de beschikbare ruimte is het onmogelijk hier gedetailleerder in te gaan op de inhoud van de voorgestelde modulen. Ik verwijs daarvoor naar de voorstellen van de Stuurgroep Techniek 15+ (zie het overzicht van de literatuur).

omvang

De voorgestelde omvang is:

Havo: 20 SU's voor ANW en 30 SU's voor β -vakken

Vwo: 25 SU's voor ANW en 40 SU's voor β -vakken

Techniek versus toepassingscontexten

Bij de discussie in en om de vakontwikkelgroepen over de aandacht voor Techniek in de Tweede Fase is regelmatig bezorgdheid geuit over de vorm van integratie van de techniek-aspecten in de natuurwetenschappelijke vakken en de wiskunde. Het gaat daarbij om het gebruik van de toepassingscontexten versus de andersoortige doelstellingen die Techniek met zich brengt.

We maken daarom enkele kanttekeningen vanuit de techniekdoelstellingen.

Een essentieel doel van Techniek is het inzicht geven in de basiskennissen van het oplossen van technische problemen. Hierboven is al aangegeven dat ontwerpvaardigheden anders zijn dan onderzoeksvaardigheden; dit heeft ook een deels andere organisatie van vakkennis tot gevolg.

Een wezenlijk onderdeel daarvan is ook de multidisciplinaire benadering: voor een technisch probleem is vaak kennis uit verschillende disciplines noodzakelijk (terwijl in de genoemde vakken bij voorkeur monodisciplinaire toepassingen de voorkeur hebben). Bij ontwerpproblemen

is dus veelal kennis uit verschillende disciplines nodig, moet men rekening houden met randvoorwaarden, zijn er meer oplossingen e.d.

Als Techniek vooral ingevuld wordt door 'het gebruik van toepassingscontexten', dan is het gevaar groot dat Techniek beperkt blijft tot monodisciplinaire aspecten en de genoemde doelstellingen niet bereikt worden. Dat risico is niet irreëel, want vakdocenten zijn 'van nature' geneigd tot oefenen van vakkennis in toepassingscontexten en veelal niet geschoold in Techniek en ontwerpvaardigheden.

Ook de toetsing van ontwerpvaardigheden en onderzoeksvaardigheden via een profielwerkstuk kent deze problematiek. Onderzoeksvaardigheden hebben immers vaak een directe verbinding met relevante vakinhouden, waardoor toetsing gemakkelijker te koppelen is aan correcte toepassing van vakinhoudelijke kennis. Bij ontwerpvaardigheden is toetsing gecompliceerder door het open en multidisciplinaire karakter van de probleemstellingen; daarnaast is het risico aanwezig (zie boven) dat niet-vakinhoudelijke ontwerpaspecten onvoldoende aan bod komen en toepassingscontexten gaan overheersen. Het is daarom belangrijk een ontwikkelproject te starten waarin aandacht besteed wordt aan het beoordelen van leerresultaten ook op multidisciplinaire aspecten en ontwerpvaardigheden.

Voorbeeldmodulen techniek

Gezien het bovenstaande streeft de Stuurgroep Techniek 15+ ernaar om herkenbare voorbeeldmodulen Techniek te ontwikkelen als basis voor auteurs van schoolboeken, en/of als reader voor leerlingen bij de uitwerking van een profielwerkstuk.

Het Projectplan Techniek Tweede Fase omvat:

- * daadwerkelijke ontwikkeling voorbeeldmodulen (bijv. waterzuivering, bierproductie, automatisering, communicatietechniek);
- * het testen in klassenverband van lesmateriaal;
- * inhoudelijke onderbouwing van de professionalisering van docenten;
- * ondersteuning van uitgevers;
- * evenwicht tussen vakdoelstellingen en techniekdoelstellingen.

Het projectplan bestrijkt een periode van drie jaar, waarbij verschillende organisaties en proefscholen betrokken zijn. Het project zal naar verwachting starten in het voorjaar van 1997. Meer details zijn beschikbaar via de Projectgroep Techniek 15+.

Literatuur

Projectgroep Techniek 15+. Discussienota Techniek 15+, een voorstel rond voorbeeldmodulen Techniek in de Tweede Fase HAVO/VWO. Amsterdam. 1994

Projectgroep Techniek 15+. Projectplan, Techniek in de Tweede Fase van het Voortgezet Onderwijs. Amsterdam. 1996.

Techniek in basisschool en basisvorming, Themanummer van Vernieuwing, Tijdschrift voor onderwijs en opvoeding. dec. 1996.

Techniek in de bovenbouw VO, een kans voor vernieuwing. Techniek Koerier. Stichting voor Leerplanontwikkeling, Enschede. 1994.

De projectgroep Techniek 15+ is bereikbaar via Ir. C. de Beurs, projectleider, Didactiek Natuurkunde Universiteit van Amsterdam, Nieuwe Achtergracht 170, 1018 WV, Amsterdam.



"Dat zoeken we op!" Vaardigheden en examen- dossier in de vernieuwde Tweede Fase

M. Cornelisse &
C. Drukker



De toehoorders kregen bij deze lezing een opdracht van het programma "Per seconde wijzer". Welke chemische formules horen bij de volgende schoonmaakmiddelen? Scholieren zouden hiermee niet veel moeite hebben en de formules onmiddellijk herkennen. Deze opdracht bleek duidelijk niet opgelost te kunnen worden met de parate kennis van de toehoorders. Ze misten BINAS en zouden i.p.v. dit probleem met parate kennis op te lossen hun vaardigheid laten zien in het opzoeken van de formules met bijbehorende namen.

In het dagelijks leven wordt tegenwoordig vaker een beroep gedaan op vaardigheden dan op parate kennis. In de scharniernota werd gesteld dat de bovenbouw HA-VO/VWO een scharnier moet zijn tussen basisvorming en HBO/Universiteit. Dat kan alleen als aan de voorwaarde wordt voldaan, dat leerlingen vaardigheden aanleren om kennis en inzicht te gebruiken.

De vakontwikkelgroepen voor de Tweede Fase kregen dan ook opdracht om naast het ontwikkelen van specifieke eindtermen voor het vak ook aandacht te besteden aan vaardigheden.

In de vakontwikkelgroep voor de NABISK-vakken was er een unieke situatie. De drie natuurwetenschappelijke vakken waren verenigd in één vakontwikkelgroep. Dat voelde vreemd. Het zijn toch drie volwaardige vakken? Het bood ook de unieke mogelijkheid om in de vakontwikkelgroep de vaardigheden van de vakken op elkaar af te stemmen. Binnen de vakontwikkelgroep is een subgroep bezig geweest met het formuleren van de vaardigheden die in het NABISK-onderwijs in het studiehuis aandacht moeten krijgen. Voor de vakken zijn dus vaardigheden geformuleerd die slechts op enkele specifieke vaardigheden voor een vak verschillen. In het programma wordt aandacht besteed aan zowel vak-, studie- als algemene vaardigheden.

Het onderwijzen van vaardigheden in de tweede fase is geen doel maar een middel en zal alleen succesvol zijn als vakkenbreed wordt gewerkt en als basisschool, basisvorming en tweede fase op elkaar aansluiten wat betreft het ontwikkelen van vaardigheden.

Hoewel er tegenwoordig veel wordt gesproken over vaardigheden is dit niet nieuw.

De deelnemers aan de lezing kregen een lijst met de taalvaardigheden uit het toekomstige examenprogramma en kregen daarbij de volgende opdracht:

- * Lees de lijst met taalvaardigheden en onderstreep die vaardigheden die in uw onderwijs aan de bovenbouw *niet* aan de orde komen.
- * Komen er voor u in het nieuwe examenprogramma wat betreft taalvaardigheden meer vaardigheden voor waaraan u in de les al aandacht besteedt of meer vaardigheden waaraan u tot nu toe nog geen aandacht hebt besteed?

Bij peiling in de zaal bleek dat voor de meeste docenten gold dat er meer oude dan nieuwe taalvaardigheden in het examenprogramma zijn opgenomen. Nieuw is wel dat de vaardigheden getoetst moeten worden.

In het voorstel examenprogramma van de vakontwikkelgroep zijn een aantal aanbevelingen gedaan voor het examen. Het CITO heeft van het Projectmanagement VO opdracht gekregen om een voorstel voor het examen te schrijven voor het studiehuis. Hoewel het voorstel op enkele punten nog wel gewijzigd zal worden is al duidelijk hoe centraal- en schoolexamen geregeld zullen worden.

Naast een Centraal Schriftelijk Examen dat vooral vakkennis en een beperkt aantal vaardigheden zal toetsen, zal er een schoolexamen zijn waarin naast vakkennis ook de vaardigheden getoetst worden.

Bij het schoolexamen zal het examendossier een instru-

ment zijn dat leerlingen helpt bij het uitzetten van een leerweg, het maken van keuzes en het plannen. De docent begeleidt de leerlingen daarbij door het geven van instructie en feedback, het aanzetten tot reflectie en het helpen bij het maken van keuzes. De individuele vrijheid van de docenten wordt zo groter, zodat zij recht kunnen doen aan verschillen tussen leerlingen. Het examendossier geeft docenten en leerlingen een ontwikkeltraject voor vakinhouden, vaardigheden en interesses.

Het schoolexamen omvat voor natuurkunde de volgende elementen:

- schriftelijke toetsen van 1 tot 3 uur, die voor 40% het cijfer van het schoolexamen bepalen.
- praktische opdrachten die met een cijfer worden beoordeeld en voor 60% het cijfer voor het schoolexamen bepalen. Praktische opdrachten zijn vooral bedoeld voor het toetsen van vaardigheden zoals onderzoeksvaardigheden, practicumvaardigheden, verslaggeving van het proces en presentatie van de resultaten. Het EXO kan een praktische opdracht zijn maar ook een onderdeel van het profielwerkstuk. Minimaal één praktische opdracht moet een grote opdracht zijn van 10-20 uur en minimaal een opdracht moet in samenwerking met andere leerlingen gemaakt worden. In totaal wordt 20-50 uur door de leerlingen aan praktische opdrachten besteed.

Voor de beoordeling van een praktische opdracht moeten er concrete beoordelingscriteria zijn, die vooraf aan de leerlingen bekend gemaakt zijn.

- **handelingsgedeelte** met opdrachten waarin de vaardigheden m.b.t. oriëntatie op maatschappij, opleiding en beroep een plaats krijgen. Hierbij kan gedacht worden aan museumbezoek, het lezen van artikelen in een andere taal dan het Nederlands, het houden van een presentatie en een dag meelopen met een beroepsbeoefenaar.

De opdrachten uit het handelingsgedeelte moeten naar behoren uitgevoerd zijn voor de leerling deel kan nemen aan het centraal schriftelijk. Indien de opdracht niet naar behoren is voldaan kan de leerling een vervangende (deel)opdracht krijgen.

Daarnaast moeten de leerlingen een **profielwerkstuk** maken. Het profielwerkstuk heeft een studiebelasting van 40 of 80 uur (HAVO) en 80 uur (VWO). In het profielwerkstuk worden minimaal twee profielvakken geïntegreerd en de betrokken vakdocenten beoordelen samen het werkstuk. Omdat bij het profielwerkstuk zowel proces als produkt belangrijk zijn worden beide beoordeeld.

Het profielwerkstuk moet een meesterstuk worden, dat de leerling aan het eind van de schoolopleiding maakt. Het cijfer voor het werkstuk telt apart mee in de zak/slaagregeling.

In 1998 stappen de eerste leerlingen het studiehuis binnen. Dan moet al duidelijk zijn hoe de secties het schoolexamen in gaan richten. Hoe vaardigheden en vakkennis getoetst worden. Wat er in het dossier moet komen.

Welke soorten opdrachten leerlingen kunnen maken en waaruit leerlingen kunnen kiezen. Welke keuzes leerlingen moeten maken en wat in de vooreindexamenjaren kan gebeuren.

Secties moeten ontwikkelingslijnen uitzetten voor het aanleren van kennis en vaardigheden en dat heeft zijn invloed op de richting van het schoolexamen. Daarvoor zal ook met docenten van de andere natuurwetenschappelijke vakken overlegd moeten worden. Zo profiteren de docenten van de afstemming van de examenprogramma's door de VOG.

Om docenten een indruk te geven hoe een sectie het schoolexamen kan invullen kregen de toehoorders de eerste versie van de wel zeer alerte sectie van de (hoe kan het anders?) Prof. Dr.H. Hooymayers Scholengemeenschap.

De toehoorders werd gevraagd om het voorstel te lezen en aan te geven waar overleg en afstemming met de andere NABISK secties gewenst was.

Bij de inrichting van het schoolexamen zal o.a. overleg moeten zijn met andere secties over:

- * het aantal, tijdstip en herkansen van schriftelijke toetsen.
- * het handelingsgedeelte: samenhang (als voor een vak een museum is bezocht hoeft dat niet bij een ander vak), manier en beoordeling van presentatie, (criteria van beoordeling: wanneer is een presentatie of museumbezoek naar behoren vervuld?), aantal opdrachten, tijdstip van inleveren, wanneer opdracht verbeteren, wanneer een vervangende opdracht, beoordelen leerlingen mee, telt samenwerking mee bij de beoordeling?
- * het profielwerkstuk: wie begeleidt de leerlingen, hoe vaak vindt overleg met de docent plaats, welke hulp mogen leerlingen verwachten, aan welke criteria moet een werkstuk voldoen?, hoe wordt voorkomen dat de leerling een werkstuk van een andere school inlevert? enz.
- * de praktische opdrachten: aantal en soort praktische opdrachten, afstemming vaardigheden, tijdstip waarop opdrachten gemaakt moeten worden, beoordeling en verbeterversies van opdrachten.

Het blijkt dat samenwerking en afstemming van secties bij de inrichting van het schoolonderzoek noodzakelijk is. Al zou het alleen maar zijn om zowel voor leraren als leerlingen het schoolexamen beheersbaar te houden. Alle praktische opdrachten vlak voor het centraal schriftelijk nakijken is niet haalbaar voor docenten. Maar het is ook voor leerlingen een ramp als alle opdrachten voor het schoolexamen de laatste maand voor het centraal schriftelijk gemaakt moeten worden. Als bij biologie een leerling heeft laten zien dat zij of hij uitstekend een presentatie kan verzorgen, dan hoeft dat bij natuurkunde niet meer getoetst te worden.

Het examendossier

Het examendossier moet een neerslag zijn van de producten van het schoolexamen en de processen die tot de producten hebben geleid. De verslagen van praktische

opdrachten, de plannings, feedback van docent en leerling, procesverslagen e.d. kunnen in het examendossier opgenomen worden. Er zal niet centraal geregeld worden wat er in het examendossier moet zitten. In de examenregeling wordt gesteld dat de leerling verantwoordelijk is voor het dossier, maar duidelijk zal zijn, dat er voor de docent een taak ligt om de leerling hierbij te begeleiden. De bedoeling is dat de leerlingen vaardiger zijn als zij van school afkomen. Voor het leren van vaardigheden is ruimte gemaakt in het examenprogramma. Dat is ten koste gegaan van de vakinhoud.

Nu wordt van kandidaten aan een quiz verwacht dat ze het antwoord op de vragen uit het hoofd weten. Bij een quiz als "2 voor 12" moeten de kandidaten gestimuleerd worden om een antwoord op te zoeken. Tegen de tijd dat de kandidaten in "2 voor 12" de ex-leerlingen van het Studiehuis zijn, zullen de kandidaten heel vaardig zijn in het vinden van de antwoorden in de boeken of door gebruik te maken van IT. Misschien moeten deze kandidaten dan wel gestimuleerd worden om het antwoord uit het blote hoofd te geven!



Prof.dr. H.P. Hoymayers S.G.

Vakgroep Natuurkunde.

Sectievoorstel Examendossier HAVO/Natuurkunde

(1e versie, 14 december 1996)

Toetsen

Na elk hoofdstuk wordt een diagnostische toets en een hoofdstuktoets gegeven.

De hoofdstuktoets wordt klassikaal afgenomen.

Aan het eind van een periode wordt een klassikale periodetoets gegeven over alle stof van de periode.

In de vierde klas zijn de periodetoetsen facultatief, in de vijfde klas zijn de hoofdstuktoetsen facultatief.

Berekening eindcijfer:

$$\frac{\text{gemiddelde hoofdstuktoetsen} + \text{gemiddelde periode toetsen}}{2}$$

Minimaal een week voor de periodetoets geven leerlingen schriftelijk aan of zij deelnemen aan de periodetoets (vierde klas).

Minimaal een week voor de periodetoets geven leerlingen schriftelijk aan of zij willen dat de hoofdstuktoetsen meetellen voor het periodecijfer. (5e klas)

Per periode mag 1 hoofdstuktoets herkanst worden. De periodetoets mag alleen herkanst worden als het cijfer lager is als het gemiddelde van de hoofdstuktoetsen.

De diagnostische toetsen zijn voor alle leerlingen verplicht. De score van de diagnostische toets en de analyse van de sterke en zwakke punten van de leerling n.a.v. de diagnostische toets worden in het examendossier bewaard.

Na correctie verbeteren de leerlingen de fouten in de hoofdstuk- en periodetoetsen, waarna de hoofdstuk- en periodetoetsen in het examendossier bewaard worden.

Bij herkansingen worden de verbeterde toetsen uit het examendossier verwijderd.

Praktische opdrachten

Elke leerling maakt drie praktische opdrachten. Minimaal 1 maar maximaal 2 opdrachten worden in de vierde klas gemaakt. De praktische opdrachten moeten afgerond zijn vóór de leerling aan het profielwerkstuk begint.

Eén opdracht uit de vierde klas wordt gekozen uit de A onderwerpen (kleine opdrachten met beschrijving van practicumopstelling), één opdracht wordt gekozen uit de B onderwerpen (meer ingewikkelde opdrachten of ideeën voor kleinere eigen onderzoekjes). De laatste opdracht is een eigen onderzoek. Voor aanvang van de opdracht wordt de keuze van het onderwerp schriftelijk medegedeeld. Drie weken nadat de keuze is gemaakt moet het praktisch werk afgerond zijn en een week later moet de presentatie plaatsvinden. De leerling moet op de in de opdracht aangegeven momenten met de docent overleggen, voor de leerling verder mag met de opdracht.

Minimaal 1 en maximaal 2 opdrachten worden in tweetallen gemaakt.

Bij minimaal 1 opdracht moet de computer als meetinstrument gebruikt worden.

Bij minimaal één opdracht moet een technisch ontwerp gemaakt worden.

De opdrachten en de presentatie voldoen aan de eisen zoals geformuleerd in de studiewijzer: Praktische Opdrachten NABISK-vakken.

Het resultaat van de werkstukken mag op de volgende manier herkanst worden:

- Als het cijfer niet lager is dan een 5 mag de leerling een verbeter-

versie schrijven. De leerling moet aan de hand van het feedbackformulier van de oorspronkelijke presentatie aangeven op welke punten de opdracht is verbeterd. Het cijfer kan maximaal 2 punten verbeterd worden.

- een nieuwe opdracht schrijven. De leerling moet aan de hand van het feedbackformulier van de uit het examendossier te verwijderen opdracht aangeven hoe de feedback heeft geholpen om een beter resultaat te behalen.

Handelingsgedeelte

De leerling mag drie van de volgende vijf opdrachten kiezen:

- 1 Paper waarin twee door de docent goedgekeurde artikelen over een natuurkundig onderwerp worden besproken.
- 2 Artikel voor de schoolkrant over een (natuurwetenschappelijk of technisch) museum dat door de leerling bezocht is.
- 3 Paper over twee natuurkundig TV-programma's of video's.
- 4 Dag meelopen met een beroepsbeoefenaar en een artikel schrijven voor het profielboek: "Werken en studeren na het eind-examen natuurkunde".
- 5 Vrij te kiezen opdracht in overleg met de docent.

Bij de opdrachten uit het handelingsgedeelte moet een tekstverwerker gebruikt worden.

Bij opdracht 1, 2 en 3 moet een artikel, of een tv-programma, of het museum niet nederlandsstalig zijn.

Minstens een van de presentaties dient mondeling te gebeuren en minimaal een presentatie dient via een poster te gebeuren.

Voor de leerlingen aan een opdracht uit het handelingsgedeelte beginnen krijgen zij van de docent de criteria, waaraan de opdrachten moeten voldoen.

De opdracht wordt als het voldoende is beoordeeld door de docent afgetekend en bewaard in het examendossier.

Als een opdracht onvoldoende wordt beoordeeld, krijgt de docent één keer de kans om de opdracht te verbeteren. Is de opdracht dan nog onvoldoende dan moet een andere opdracht gekozen worden.

Profielwerkstuk

In overleg met nabisk vakken en wiskunde.

Natuurkunde-didactiek: een vergeten kamer in het studiehuus?

P.L. Lijnse

1. Inleiding

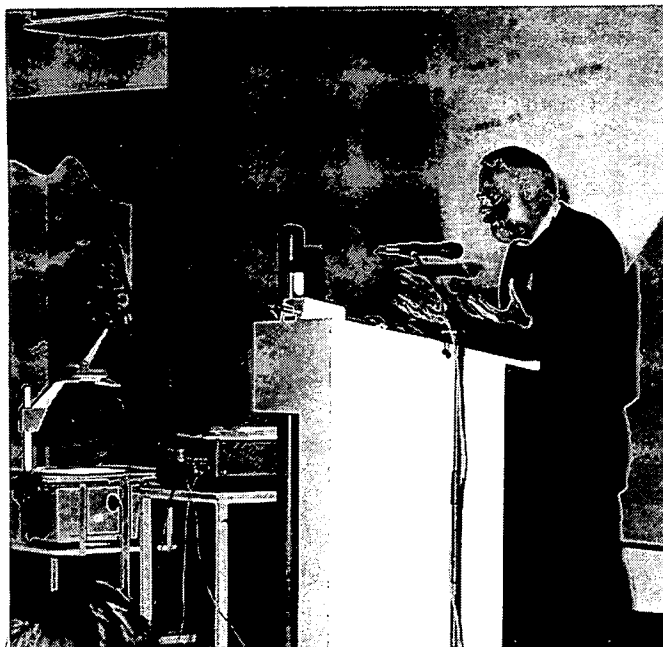
De vernieuwing van de Tweede Fase is een grootscheepse onderneming. Veel scholen zijn al bezig met zich voorbereiden op de invoering en nog vele zullen volgen. Als de (voormalige) Stuurgroep zijn zin krijgt dan zal er een golf van vernieuwende activiteit door het onderwijsland gaan en dat is natuurlijk een verdienste op zich.

Ongetwijfeld zullen er veel goede dingen bedacht worden. Wie kan er nu tegen zijn om leerlingen tot grotere zelfstandigheid te brengen? Of om hen een betere voorbereiding te bieden op hun vervolgopleiding? Of om hen 'vaardigheden' te leren die toch boven iedere verdenking staan, zoals 'leren uitvoeren', 'leren leren', 'leren reflecteren' en 'leren communiceren'.

Zoals bekend vindt met name deze aandacht voor vaardigheden zijn uitwerking in het 'studiehuus'. Daarnaast zijn er de nieuwe profielen, waardoor ook een meer inhoudelijke invulling wordt gegeven aan de wensen van de Stuurgroep. Ondanks al dit goede, blijf ik toch zitten met een probleem. Niet dat ik altijd maar wil zeuren, maar uiteindelijk heeft de conferentieleiding mij gevraagd om eens een wat meer kritisch geluid te laten horen.

Mijn probleem is kortweg: al die ideeën zijn prachtig, maar in hoeverre zullen ze ook leiden tot verbetering van het natuurkunde-onderwijs? Weliswaar zegt de Stuurgroep dat hun voorstellen mede zijn ingegeven door de wens om de uitkomsten van onderzoek nu eens echt van invloed te laten zijn op de onderwijspraktijk, maar op welk onderzoek richten zij zich dan? Hebben zij daarbij ook gedacht aan wat de laatste jaren naar voren is gekomen uit het vakdidactisch onderzoek?

Niet alleen liet zulk onderzoek steeds zien dat natuurkunde een moeilijk en maar matig leuk vak wordt gevonden, maar ook dat, onder de oppervlakte, veel leerlingen blijken te worstelen met allerlei onvermoede begripsproblemen, waarvoor het niet direct gemakkelijk is gebleken om oplossingen te vinden. Zou de Stuurgroep die oplossing dan nu wel gevonden hebben?



Laat ik mijn probleem eerst eens heel concreet maken, aan de hand van een simpel voorbeeld, genomen uit het onderzoek van Van Genderen (1989) naar de problemen met het leren van mechanica¹.

1. *Een auto trekt een caravan met constante snelheid. Is de trekkracht van de caravan groter dan de wrijvingskrachten op de caravan?*

Hierop antwoordt eind derde klas 85% positief en na het mechanica-onderwijs in de vierde nog 80%, met als overwegende motivering: 'anders zou hij niet rijden'.

2. *Ik probeer een zware kist over een horizontale vloer te schuiven, maar ik krijg er geen beweging in. Eind derde klas zegt 65% van de leerlingen dat dit komt doordat de wrijvingskracht groter is dan de kracht van mij. Na het mechanica-onderwijs in de vierde geeft nog 62% dit antwoord, met als overwegende motivering: 'de kist is te zwaar'.*

Deze voorbeeldjes zijn karakteristiek voor talloze andere. Op deze conferentie hebt u soortgelijke zaken horen vertellen door Mazur, maar dan niet over havo/vwo leerlingen maar over zijn elite-studenten aan Harvard. Op vele plaatsen is uit onderzoek naar voren gekomen dat de begripsontwikkeling zoals die plaats vindt in het natuurkunde-onderwijs onvermoed veel te wensen overlaat. Ik ga ervan uit dat we het er over eens zijn dat we hier te maken hebben met een probleem dat we niet langer kunnen negeren, omdat hier de kwaliteit van het natuurkunde-onderwijs in het geding is. Naar mijn overtuiging ligt hierin ook de harde kern van de vakspecifieke aansluitingsproblematiek tussen secundair en tertiair onderwijs. Om het simpel te zeggen: "Ze hebben het wel gehad, maar ze kunnen er niets mee", zoals ook de Stuurgroep concludeerde.

Daaruit blijkt dat de Stuurgroep natuurlijk dit probleem in zekere zin onderkent, bijvoorbeeld als hij juist wijst op deze gebrekkige aansluiting. Alleen is hun analyse daar-

van, naar mijn idee, op zijn minst onvolledig. Immers, wat de Stuurgroep omschrijft als gebrek aan algemene vaardigheden, zoals probleem oplossen, heeft naar mijn idee alles te maken met gebrek aan inzicht. Als het inzicht in de te hanteren kennis ontbreekt, dan kunnen we er ook onvoldoende vaardig mee handelen, bijvoorbeeld geen problemen mee oplossen. In de lezing van Mazur zie ik ondersteuning van mijn stelling als hij zegt dat toen hij er beter in slaagde zijn studenten 'tot begrip te brengen', zij er ook vanzelf beter in slaagden problemen tot een goede oplossing te brengen.

Als de Stuurgroep zegt dat het nieuwe onderwijs zich niet alleen moet richten op kennis en inzicht maar bovendien ook op vaardigheden, dan gaat hij er aan voorbij dat dat nagestreefde inzicht vaak niet gehaald wordt. En dan kunnen vaardigheden als 'onderzoeken, ontwerpen en probleem oplossen' ook niet uit de verf komen.

Wat ik nu eerst wil doen is me afvragen in hoeverre de door de Stuurgroep in gang gezette vernieuwingen ook een oplossing kunnen bieden voor deze natuurkunde-didactische problematiek. Of, om het populairder te formuleren, waar zijn we, vakdidactisch gezien, eigenlijk mee bezig? Laten we daarom nog eens preciezer kijken naar de belangrijkste voorgestelde veranderingen.

2. Herstructurering in Profielen

In hoeverre biedt de herstructurering in profielen soelaas voor de problematiek van het inzicht, kunnen we ons afvragen. In principe zijn hier mogelijkheden, maar het is de vraag of die er uit zullen komen. Een belangrijk element is het feit dat leerlingen nu moeten kiezen voor een profiel, zodat duidelijk is wat voor vakken ze precies gaan volgen. Dit biedt mogelijkheden om de coördinatie tussen deze vakken te optimaliseren, voor wat betreft de te onderwijzen vakinhouden, de daarin nagestreefde diepgang en de te volgen didactiek. Dit geldt met name natuurlijk ook t.a.v. het nieuwe vak Algemene Natuurwetenschappen.

Door reductie van het programma had er ook meer ruimte geschapen kunnen worden voor begripsvorming, waarbij het nagestreefde niveau op een of andere manier in de eindtermen had moeten worden beschreven. In feite is dat een gemiste kans om de geschetste begripsproblematiek aan te pakken.

We moeten helaas constateren dat de vakontwikkelgroepen dit niet hebben kunnen doen, en dat is op geen enkele manier als verwijt bedoeld. Hun opdracht en het tijdsbestek waarin die moest worden vervuld, liet een diepere vorm van uitvoeren gewoon niet toe. Dat zou immers een veel diepgaander studie hebben gevergd, waarin de te volgen didactiek mede onderwerp van discussie zou moeten zijn geweest. Merkwaardig genoeg lijkt dat in ons land niet te mogen. In andere landen schijnen ze daar wat minder voorzichtig in te zijn.

Alhoewel de vakontwikkelgroep haar best heeft gedaan om enige ruimte te scheppen, is het voorgestelde programma nog steeds zeer vol, o.a. vanwege een sterke

externe druk tot vernieuwing, waardoor met name de categorie 'vaardigheden' veel aandacht moest krijgen. Daarmee raken we het kernpunt van de vaardigheidsdidactiek. In hoeverre gaan die nu echt over iets EXTRA's, nieuwe zaken die toegevoegd worden aan de vakinhouden, en hoeveel extra tijd kost dat dan? Of betekenen ze alleen dat je leerlingen andere activiteiten laat uitvoeren, vanwege het 'actief leren', maar dat de daaraan bestede tijd ruimschoots wordt terugverdiend vanwege het daaruit resulterende toegenomen inzicht? Dat is op dit moment allemaal nog niet zo duidelijk, juist ook niet omdat ze in de eindtermen als aparte categorie zijn geformuleerd. Hoe dit ook zij, te vrezen valt dat de methodeschrijvers, opnieuw vanwege de grote tijdsdruk waaronder ze moeten werken, in deze niet tot radicale vernieuwing van de didactiek zullen komen, behalve dat de nieuwe eindtermen qua inhoud uiteraard wel in de boeken zullen worden opgenomen. Het kan bijna niet anders of het zal daarbij grotendeels blijven².

3. Vaardigheden en Studiehuis

De door de vakontwikkelgroep genoemde vaardigheden zijn te kenmerken als uitwerkingen van zaken als: leren communiceren, leren onderzoeken, leren ontwerpen, problemen leren oplossen, leren plannen, etc.. Kortom een meer of minder vakspecifieke uitwerking van de algemene vaardigheden van de Stuurgroep. Daarmee wordt o.a. uitdrukking gegeven aan hun wens tot actief leren. Gekoppeld aan de term metacognitie, komen we dan ook uit bij 'leren leren' en uiteindelijk bij zelfstandig en zelfverantwoordelijk leren, zoals vorm te geven in het studiehuis.

Als we nu kijken naar hoe dit studiehuis wordt ingevoerd, dan zien we dit, globaal gezien, plaats vinden op drie 'niveaus', die, t.a.v. hun bijdrage aan de oplossing van de door mij bedoelde 'problematiek van het inzicht', goed moeten worden onderscheiden.. Daarom wil ik daar nu achtereenvolgens aandacht aan besteden.

3.1. Organisatieniveau

Didactisch gezien het meest globale, maar daarmee niet het minst belangrijke, is dat van de schoolorganisatie. Zonder twijfel vergt het studiehuis ingrijpende organisatorische maatregelen, ook al zal niet elke school direct zover willen gaan om 50% van de lessen af te schaffen. De Stuurgroep wijst, in dit verband, vaak op de rol van voorlooscholen, zoals Montessori en/of Daltonscholen, waarin het studiehuis al tot op grote hoogte is ingevoerd. Zonder ook maar iets af te willen doen aan de waarde van deze schooltypen, zou ik toch de stelling willen poneren dat hiervoor geldt dat ze wellicht de leerling in sterkere mate tot een zekere zelfstandigheid brengen dan gewone scholen, maar niet dat op deze scholen noodzakelijkerwijs ook beter natuurkunde geleerd zou worden. In ieder geval is mij nooit gebleken dat deze scholen bijvoorbeeld significant betere eindexamenresultaten zouden halen. (Ware dit wel zo dan zou dat in deze tijd van toenemende concurrentie zeker als argument naar voren zijn gebracht).

Veel scholen zijn nu bezig met het 'verzelfstandigen van het leren', door klassikale lessen te verminderen en leerlingen aan de hand van studiewijzers te laten werken. Ook dat zou ik, in de eerste plaats, een maatregel op organisatieniveau willen noemen, ook al zijn er natuurlijk studiewijzers in allerlei soorten en maten. Ik hoor hier nogal wat enthousiaste verhalen over. Toch denk ik dat deze organisatievorm niet zal en kan leiden tot de oplossing van onze begripsproblematiek. Natuurlijk bieden studiewijzers een hanteerbare vorm waarin het mogelijk wordt dat leerlingen zelfstandiger aan het werk zijn. En daarmee bieden ze docenten een eerste belangrijk organisatiemiddel om het studiehuis in te voeren. Ik denk echter dat de kans groot is dat de kwaliteit van het inhoudelijke leerproces er niet echt door verbeterd wordt, tenzij we de studiewijzer veel meer laten zijn dan een organisatiemiddel. Maar hoe dan?.

3.2. Algemeen didactisch niveau

Nu zal de Stuurgroep ongetwijfeld tegenwerpen dat zij ook meer bedoelen dan alleen een verandering in de school- en lessenorganisatie, hoe belangrijk die in hun ogen ook moge zijn. Ook de didactiek zelf moet veranderen en wel schoolbreed, o.a. juist vanwege de nadruk op vaardigheden. Daarvoor is actief en zelfstandig bezig zijn niet voldoende. Leraren moeten daarom niet alleen leren hoe leerlingen te activeren en hen bij de les te betrekken, maar ook hoe leerlingen op hun leergedrag te laten reflecteren. En dat is niet eenvoudig omdat dit niet alleen vraagt om een verandering in docer- en leergedrag, maar ook om het veranderen van onderliggende opvattingen over leren en onderwijzen bij zowel leerlingen als docenten. In termen van de Stuurgroep betekent dit dat docenten moeten leren op gepaste wijze leerfuncties over te laten aan leerlingen, en dat leerlingen moeten leren om die dan ook adequaat uit te voeren. Maar, hoe doe je dat, wat voor hulpmiddelen en/of technieken zijn daarvoor beschikbaar? Het ligt dan ook voor de hand dat er op grote schaal nascholing op dit gebied verzorgd zal gaan worden. Een project als het APS-project 'Alle leerlingen bij de les' is een prima voorloper op dit gebied. Daarin worden docenten begeleid in het geleidelijk aan, en op gepaste wijze, toepassen van technieken waardoor meer sturing wordt overgelaten aan de leerling. Ebbens (1995) spreekt dan over zaken als: 'betekenisvolle leertaken', 'samenwerkend leren' en 'onderwijsleergesprek en rolwisselend onderwijzen' als vaardigheden die een docent helpen bij de ontwikkeling van het zelfstandig leervermogen van leerlingen.

In feite vraag je van de leerlingen een verandering van attitude t.a.v. hun eigen leergedrag, en de vraag is hoe je zo'n attitudeverandering kunt bewerkstelligen. Reflectie zal hier ongetwijfeld een belangrijk element in zijn, zoals bijvoorbeeld geprobeerd is in het Australische PEEL-project, waar speciaal voor dit doel checklists zijn ontwikkeld waarmee leerlingen hun 'bad and good learning behaviours' kunnen beoordelen. Feedback kan dan gericht worden gegeven en eventuele voortgang zichtbaar en

bespreekbaar gemaakt. Het kunnen hanteren van deze technieken lijkt me zeer belangrijk en zal veel aandacht vragen van de docenten, maar mogen we daar dan ook de oplossing voor onze vakdidactische problematiek van verwachten?

Alvorens daar verder op in te gaan lijkt het me nuttig om bijvoorbeeld eerst eens te kijken naar wat we in dit verband nog kunnen leren van het voormalige PLON-project. In dit project is, naast aandacht voor contexten, vooral vormgegeven aan participatiegericht leren, zoals het later genoemd werd. En zelfs is er, via 'pas-op-de-plaats' lessen expliciete aandacht geweest voor metacognitieve vaardigheden en 'leren leren', ook al heette dat toen nog niet zo. Er werd geprobeerd aan te sluiten bij de interesses van leerlingen en hen door een diversiteit aan activerende werkvormen actief bij de les te betrekken. Echter, voorzover er evaluatie van het PLON-project heeft plaatsgevonden kwam hieruit naar voren dat leerlingen over het algemeen dit actieve leerklimate wel waardeerden, maar niet dat ze daardoor ook tot betere prestaties kwamen. Ofwel, een actiever leerklimate leidt wellicht wel tot een wat zelfstandiger lerende leerling, maar niet noodzakelijk tot een beter begripen. Daarvoor is, vakdidactisch gezien, meer nodig. Ik ben bang dat deze conclusie ook best wat algemener geformuleerd kan worden, in het licht van de door de Stuurgroep voorgestane veranderingen. In feite past de eerder gemaakte opmerking over de zogenaamde 'voorloopscholen' hier ook bij.

Hetzelfde probleem doet zich voor, naar mijn overtuiging, t.a.v. de inzet van ICT. We kunnen er niet omheen, en we willen er ook niet omheen, om moderne informatie- en communicatietechnologie in ons onderwijs te gebruiken. Er zijn zelfs mensen die beweren dat de invoering van het studiehuis staat of valt met het gebruik van ICT. Dat lijkt me onzin, ook al is het zeker zo dat ICT natuurlijk interessante extra mogelijkheden biedt om leerlingen zelfstandiger aan het werk te laten gaan. Ook biedt ICT natuurlijk toegang tot tal van nieuwe informatiebronnen, voor zowel leerlingen als docenten, en het kan een belangrijke rol spelen in het onderlinge 'netwerken'. Of ICT echter ook een zinvolle bijdrage zal gaan leveren aan de verhoging van de vakdidactische kwaliteit van het natuurkunde-onderwijs valt nog te bezien. Tot nu toe laat de didactische kwaliteit van het gros van de ICT-toepassingen, ook die voor het natuurkunde-onderwijs, daarvoor te veel te wensen over. Het internet is natuurlijk prachtig en de moeite waard op zich, en je kunt daar leerlingen inderdaad heel zelfstandig mee laten werken, maar dat leidt absoluut niet noodzakelijkerwijs tot beter inzicht in de te leren natuurkunde. Zelfs niet al geef je elke leerling zijn eigen toegang. Helaas schijnt dat door veel ICT-adepten niet altijd voldoende te worden ingezien.

Ik wil daarom concluderen dat dit algemene niveau op zich zeer belangrijk is voor de invoering van het studie-

huis, maar dat het wel steeds gaat om 'inhoudsloze' werkwijzen, technieken en instrumenten. Op zijn best mogen we daar dus, door goede integratie in het vakonderwijs, slechts een impliciete bijdrage aan de oplossing van de vakdidactische problematiek van verwachten. Helaas wordt dit echter door spraakmakende onderwijskundigen en beleidsmakers volstrekt over het hoofd gezien.

3.3. Vakdidactisch niveau

Uit het voorgaande zal het u duidelijk zijn geworden dat de crux van de problematiek van de invoering van het studiehuis, naar mijn oordeel, ligt op het niveau van de vakdidactiek. Slagen we erin om een onderwijsleerproces te ontwerpen dat inderdaad bij leerlingen niet alleen de gewenste nieuwe zaken, maar ook de kwaliteit van de oude doelen beter binnen handbereik brengt? Want het een kan niet zonder het ander.

De laatste jaren hebben we, internationaal, meer inzicht gekregen in het waarom van de problemen met het leren van natuurkunde. Als belangrijke hoofdschuldige komt hieruit de onderwijsopvatting naar voren waarin kennisoverdracht centraal staat. Dat is ook van toepassing op de situatie in ons land, bijvoorbeeld doordat het natuurkunde-onderwijs inderdaad, en zeker in de bovenbouw, grotendeels klassikaal wordt gegeven. Sterk docentgestuurd dus, in termen van de Stuurgroep. Gecombineerd met de programmatische tijdsdruk leidt dit bij de meeste leerlingen onherroepelijk tot begripsforcering, en dus tot weinig of niet hanteerbare kennis. Begrippen worden 'van bovenaf' door de docent aan de leerling overgedragen, zonder voldoende aan te sluiten bij de voorkennis van leerlingen en zonder hen voldoende gelegenheid te bieden hun begrippen van daaruit te ontwikkelen. Daarin ligt de oorzaak van de uit de 'Van-Genderen-vraagjes' naar voren komende problematiek. De grote meerderheid van onze kennisdidactiek heeft deze geforceerde top-down structuur, ook al wordt die soms nog zo kind-vriendelijk vorm gegeven. De Stuurgroep voegt daar nu, als remedie, vaardigheden en zelfstandigheid aan toe, maar te vreezen valt dat deze zaken nu op dezelfde manier zullen worden toegevoegd aan wat al gebeurt³. Het gevaar is dan ook groot dat leerlingen in een soortgelijk forcerend leerproces nu ook problemen moeten gaan leren oplossen, gaan leren onderzoeken, etc., bijvoorbeeld met behulp van SPA-heuristieken en overeenkomstige onderzoeksheuristieken, zoals die opgenomen kunnen worden in studiewijzers.

Natuurlijk zal dit tot een ander leerproces en tot verbetering kunnen leiden. Maar deze verbetering zal noodzakelijkerwijs beperkt zijn.

Hoe kunnen we dit gevaar verminderen? Naar mijn idee op twee manieren, aansluitend bij de eerdere terminologie, met een verbeterde 'top-down' benadering of met een meer radicale 'bottom-up' benadering. Zwart wit gerekenend kenmerkt de eerste benadering zich doordat we starten bij de vakinhoud en ons afvragen hoe we deze zo

goed mogelijk naar de leerling kunnen brengen; de tweede doordat we starten bij de leerling en ons afvragen hoe we deze zo dicht mogelijk naar de vakinhoud kunnen brengen.

3.3.1. Verbeterde 'top-down' benadering

Laat ik nu eerst aandacht besteden aan een verbeterde top-down benadering. Op het productniveau, d.w.z. t.a.v. de te leren natuurkundige begrippen en relaties, zouden we veel meer aandacht moeten besteden aan het dichten van de kloof tussen het gewenste 'expertgedrag' en dat van de beginnende leerling. Wij laten vaak veel te veel zaken impliciet, omdat ze voor ons, als vakdeskundigen, vanzelfsprekend zijn geworden, maar nog niet voor de leerling. Het zou waarschijnlijk helpen als we begrippen en relaties, o.a. procedureel, beter zouden specificeren; als we meer aandacht zouden besteden aan toepassingscondities, aan typische mogelijke waarden, aan typische fouten en verwarringen, etc. En als we wegen zouden kunnen vinden om leerlingen, vooral kwalitatief, beter te laten nadenken over de te leren begrippen en de samenhang daarin, bijvoorbeeld d.m.v. conceptmaps, voorspel-neemwaar-verklaar activiteiten, of hun proefwerkopgaven laten ontwerpen i.p.v. op te lossen, om een paar creatieve ideeën te noemen uit het al eerder aangehaalde PEEL-project. En als we, bijvoorbeeld d.m.v. daarop gerichte toetsen, beter zouden nagaan welke voorkennis leerlingen al of niet hebben, om daar, bijvoorbeeld d.m.v. 'peer teaching' (om Mazur te citeren), op te kunnen aansluiten. Het zou denk ik ook helpen als we leerlingen niet alleen 'sommen zouden laten maken', maar als we met hen zouden kunnen komen tot een specificatie van typen probleemsituaties en probleemstellingen, met daarbij behorende inhoudelijke kenmerken van aanpak (of inhoudelijke heuristieken, zo u wilt). Dat betekent dat we hun niet langer alleen de kennis zouden onderwijzen, maar ook de structuur van die kennis.

Dit zou hen namelijk kunnen helpen bij de overgang naar het procesniveau, waarbij je weet wanneer, hoe en waarom met welke kennis te handelen. Ofwel het niveau van wat je (vakspecifieke) vaardigheden zou kunnen noemen. Daartoe moeten we niet alleen voortdurend zelf expliciet het goede voorbeeld geven, en dat ook bespreekbaar maken; we moeten ook oplos- en onderzoekswijzen (laten) bespreken en vergelijken; heuristieken ontwikkelen; daarop gerichte beoordelingscriteria ontwikkelen; en leerlingen, bijvoorbeeld aan de hand van checklists, daarop hun eigen oplos- en onderzoeks gedrag laten beschrijven. Steeds moeten we er daarbij voor zorgen dat de inhouds- en de vaardigheidsaspecten in een zinvolle relatie tot elkaar aan bod komen, d.w.z. op elkaar voortbouwend. Alleen dan kan men verwachten dat ze elkaar zullen versterken en dat er überhaupt van vaardigheidsontwikkeling kan worden gesproken.

Al deze zaken zouden, denk ik, een grote verbetering kunnen opleveren t.a.v. onze gebruikelijke didactiek, mits we zouden weten hoe we dit alles precies zouden moeten

vormgeven en uitvoeren. Dat groepsopdrachten ook echt ontworpen zijn als groepsopdrachten en niet om samen alleen te doen. En dat zelfstandige opdrachten ook zelfstandig kunnen worden uitgevoerd, etc.. Vormgegeven in een samenspel van studiewijzers, die dan veel meer worden dan alleen organisatiemiddel, en kennisinformatiebronnen, die daarop dan ook zijn geselecteerd of gemaakt. Daar zouden we onze handen al aan volhebben, denk ik. Het zou veel tijd kosten om zulk onderwijs te ontwerpen en te laten 'werken'. En toch zou het, voor onze vakdidactische problematiek, naar mijn overtuiging, niet genoeg blijken te zijn.

3.3.2. Een 'bottom-up' benadering

Ter verklaring van de problemen met geforceerde begripsvorming is men het er vrij algemeen over eens dat een opvatting waarbij we er van uitgaan dat lerenden begripsbetekenissen construeren, in plaats van d.m.v. overdracht kunnen overnemen, een productief uitgangspunt is, ook al volgt daar nog niet direct uit hoe je daar in het onderwijs dan rekening mee moet houden. In ieder geval betekent dit uitgangspunt wel dat er veel zorgvuldiger, en liefst in positieve zin, moet worden aangesloten bij de voorkennis van leerlingen. In plaats van een geforceerd top-down overdrachtsproces 'vanuit het vak', moet inzichtelijke begripsontwikkeling plaatsvinden als een geleidelijk constructief proces van onderop, van geleide ontdekking en ontwikkeling, op basis van ervaringen en van reflectie daarop. Daarbij is het belangrijk dat we bij leerlingen ook inhoudelijke motieven proberen op te roepen, bijvoorbeeld door het onderwijsproces zo vorm te geven dat bij leerlingen opgeroepen vragen ook productief gebruikt kunnen worden. Essentieel hiervoor is dat opvolgende onderwijsactiviteiten zorgvuldig voorbereiden op en voorbereid zijn door elkaar. Alleen dan mag je verwachten dat leerlingen enige greep gaan krijgen op hun eigen leerproces.

Een ander kernpunt uit de literatuur is steeds dat wordt gewezen op de noodzaak van goede interactie en communicatie. Leerlingen moeten de gelegenheid krijgen om zowel in onderlinge gesprekken, als in gesprek met de docent, hun begrippen geleidelijk te 'vormen' door erover te praten. Natuurkunde leren is ook de natuurkundige taal leren spreken. De docent heeft hierin een cruciale sturende en begeleidende taak, waarbij hij vooral zeer goed moet leren luisteren naar wat leerlingen zeggen. (Overigens zou de noodzaak van de zich ontwikkelende taalvorming wel eens op gespannen voet kunnen gaan staan met de gedachte van het zelfstandig werken in het studiehuis). Aandacht voor vaardigheden moet in dit proces geleidelijk worden ingebouwd, door uitbreiding van ervaring tot nieuwe situaties, en door reflectie en explicitering. Pas wanneer ik een behoorlijk inzicht in de basisbegrippen van een stukje natuurkunde heb verworven, kan het gebruik daarvan in complexere problemen zinvol geproblematiseerd worden en kan ik me reflectief gaan afvragen hoe ik dat doe, en of ik dat niet beter wat systematisch kan aanpakken. Dan wordt het ook zinvol om daarvoor

heuristieken te ontwikkelen, die in eerste instantie zo inhoudspecifiek mogelijk moeten zijn. Dan versterken ze tegelijkertijd het inhoudelijke inzicht en breiden dat ook uit. Door verdergaande problematisering van en reflectie op het aanpakgedrag kan vervolgens de stap gezet worden naar de formulering van algemenere heuristieken. Ook hierbij dient het uitgangspunt te zijn dat productief wordt voortgebouwd op wat leerlingen al kunnen. Of, anders gezegd, leerlingen kunnen al problemen oplossen, onderzoeken, ontwerpen en communiceren, maar nog niet met de nieuwe kennis en in de situaties die wij aan hen voorleggen. En ze zijn zich veelal nog niet bewust van de wijze waarop ze dat doen, zodat ze ook nog niet beschikken over een expliciet kader van waaruit ze hun gedrag zo nodig kunnen bijsturen.

Op zich klinkt dit misschien nogal pretentius en theoretisch en u kunt zich afvragen of dat allemaal wel zo prachtig werkt in de praktijk. Trouwens, hoe ziet die praktijk er dan wel uit? Bestaat die eigenlijk al ergens? Nee, niet echt, alhoewel er wel op vele plaatsen gewerkt wordt in deze richting en er gedachten en 'technieken' zijn ontwikkeld die hiervoor dienstig zijn. Daartoe is nog veel meer nodig dan de losse suggesties en technieken die ik eerder heb beschreven. In feite moeten we dan denken aan een lange termijn onderneming van daarop gericht ontwikkelingsonderzoek. In Utrecht hebben we daarmee, op bescheiden schaal, een begin gemaakt. Klaassen, bijvoorbeeld, heeft een 'probleemstellende' didactiek ontwikkeld voor het onderwerp 'radioactiviteit' op mavo-niveau. Dit onderzoek focusteerde zich op wat je, theoretisch-didactisch gezien, een overgang van leefwereldniveau naar beschrijvend niveau zou kunnen noemen voor wat betreft de te hanteren begrippen. Vollebregt is bezig om deze didactiek uit te breiden voor het leren van (de waarde van) een deeltjesmodel, d.w.z. dat het hierbij gaat om de overgang van een beschrijvend naar een theoretisch niveau. Kortland voegt hieraan een uitbreiding toe doordat hij zich concentreert op de onderlinge afstemming van kennis en vaardigheidsontwikkeling, te beschrijven in een op elkaar afgestemd proces van niveauverhoging.

4. Besluit

U kunt zich nu afvragen of dit alles eigenlijk niet precies is wat de Stuurgroep ook bedoelt. En terecht. Het probleem zit hem dan ook niet zozeer in de beschrijving van waar we naar zouden moeten streven, maar in de concretisering daarvan. Onze ervaring is dat het veel tijd en inspanning vergt om op deze manier concreet natuurkunde-onderwijs te ontwerpen dat 'beter werkt'. En waarin zich niet langer, of althans niet meer in dezelfde mate, de problemen voordoen als die naar voren komen uit 'de van-Genderen-vraagjes', zodat ook toegekomen kan worden aan het inzichtelijk vaardig zijn, etc.. Dat komt omdat we in deze vormgeving zowel aanlopen tegen de grenzen van onze eigen vakdidactische kennis en ervaring, als tegen de harde randvoorwaarden van de huidige praktijk.

Naar mijn oordeel onderschat de Stuurgroep deze problematiek in ernstige mate. In feite heeft deze geen oog gehad voor de noodzaak van vakdidactiekontwikkeling. Daardoor ligt het primaat van de Stuurgroep niet waar die hoort te liggen. Natuurlijk zijn zaken als 'leren leren', 'zelfstandigheid' en 'studiehuis' belangrijke richtinggevend- de uitgangspunten, maar ze worden nu teveel als onderwijskundige oplossingen van bovenaf gedropt. Of deze zaken al of niet aan de hun toegedachte kwaliteit zullen toekomen, staat of valt echter met de kwaliteit van hun invoering in het vakonderwijs, en daarom bij de ontwikkeling van een daarop gerichte vakdidactiek. Dat vergt zeer veel tijd van en ruimte voor docenten en methodeschrijvers, en daarvoor zijn ontwikkelingsonderzoek- en invoeringsprojecten nodig waar naar zo'n vakdidactiek kan worden gezocht⁴. Helaas heeft de Stuurgroep voor deze noodzaak geen oog gehad, net zo min als de rest van de onderwijskundige wereld dat heeft, naar ik vrees. Om uiteraard nog maar niet te spreken van de extreme kortzichtigheid van de verantwoordelijke politici in deze. Als vakdidactici en docenten zullen we daarom deze vergeten kamer in het studiehuis zelf moeten inrichten. Uiteindelijk zal het succes van het hele huis bepaald worden door de mate waarin we daarin zullen slagen.

Noten:

1. Het is overigens precies 15 jaar geleden dat ik, op de Woudschotenconferentie van 1981, de termen schoolbeeld-straatbeeld introduceerde om precies dezelfde soort begripsproblemen te beschrijven. Sindsdien is deze terminologie wel op een aantal plaatsen gebruikt, maar dat heeft niet geresulteerd in een bijbehorende zichtbare didactiekontwikkeling. Dit dwingt mij dus tot enige bescheidenheid in deze.
2. Ik wil nu niet verder ingaan op de door de vakontwikkelgroep gemaakte keuzen t.a.v. onderwerpen en contexten, alhoewel daar natuurlijk nog best iets over te zeggen zou zijn. Ook wil ik hier volstaan met de constatering dat de invoering van de 'vrije ruimte' interessante mogelijkheden biedt om iets aan de aansluiting secundair-tertiair te doen.
3. De eerste leerboeken waarmee leerlingen vaardigheden moeten gaan leren zijn inmiddels verschenen. Dit ondanks de ervaring dat vaardigheidsonderwijs dat niet organisch geïntegreerd is in het vakonderwijs weinig tot geen effect heeft.
4. Bij het Centrum voor Beta-didactiek van de Universiteit Utrecht is momenteel zo'n project in voorbereiding. Met financiële steun van het College van Bestuur willen we, in samenwerking met de vier beta-secties van enkele proefscholen, gaan werken aan de vakdidactische invulling van de tweede fase.



Taakgerichte (zelf)studie

De tweede fase VO voor het onderwijs in de natuurwetenschappen

P. Kirschner

Deze lezing is, wegens ziekte van de heer Kirschner, niet doorgegaan. De redactie heeft de reeds gemaakte sheets van de heer Kirschner toch op willen nemen.

Onderwerpen

- tweede fase vo
- zelfstudiemateriaal
- natuurwetenschappen en practica

Uitgangspunten 2e fase

- Onderwijsinnovatie
 - . medeverantwoordelijkheid leerlingen
 - . gestuurde zelfwerkzaamheid
- Curriculumvernieuwing
 - . samenhangende profielen
 - . interdisciplinariteit
 - . studiebelasting
- ICT-gebruik
- Veranderen van de school in een studiehuis

Onderwijsinnovatie

- Verandering in het primaire proces van het onderwijs
 - . t.a.v. de didactiek
 - . t.a.v. de rol van de docent
- Zelfstandig leren binnen een groepsproces
- Gebruik van nieuwe media en technologieën

Curriculumvernieuwing

- Integratie van vakken
- Thematische ordening i.p.v. disciplinaire ordening
- Just-in-time studie en leren

ICT-gebruik

- Participeren in een proces i.p.v. ontvangen van een resultaat/product
- De wereld wordt het klaslokaal
- Multimediale representaties i.p.v. simpele teksten
- Samenwerking i.p.v. alleen werken
- Begrijpen en toepassen i.p.v. onthouden en reproductie

Gevolgen voor leerlingen

- Informatie raadplegen en verwerken
- Taken zelfstandig (in groepen) bestuderen
 - . samenwerken
 - . eigen verantwoordelijkheid
- Verantwoordelijkheid voor eigen leerproces
 - . eigen studievoortgang controleren
 - . docent waar nodig inschakelen

Gevolgen voor docenten

- Begeleiding minder tijd- en plaatsgebonden
- Inrichting adequate leersituaties
- Facilitering leer- en studieproces
- Bewaking studievoortgang (op afstand)
- Ontwikkeling zelfstudiemateriaal
- Nauwe samenwerking met (vak)collega's

Taakgericht zelfstudiemateriaal

- Concrete doelen en taakomschrijvingen
- Duidelijk verlangde (studie)proces en eindproduct
- Realistische nominale studiebelasting
- Aanwezige studieaanwijzingen en -adviezen voor aanpak en uitvoering
- Toegang tot informatiebronnen
- Logische/didactische relatie met andere taken

Stappen

- Uitgaan van bestaande onderwijshouden
- Organisatorische randvoorwaarden nagaan
- Einddoelen (proces en product) bepalen
- Leer- c.q. studiestappen nagaan/definiëren
- Leerstappen omzetten in studietaken
- Begeleiding bepalen
- Uitvoeren

Aanpak binnen taken

- Bekrachtiging gewenst studeergedrag
- Correctieve terugkoppeling verzorgen
- Studieopdrachten binnen taken definiëren

- Studeeraanwijzingen geven
- Gelegenheid bieden voor verwerking en integratie
- Leerlingen uitdagen

NW in de 2e fase

- Doorbreken van monodisciplinair denken
- Richten op cognitieve vaardigheden
- Leren denken en werken als een wetenschapper
- Relevantie van NW verduidelijken

Elementen van zelfstudiemateriaal

- Introductie
 - . Kader/casus/probleem/taak
 - . Doelen
 - . Aanwijzingen voor aanpak
- Kern
 - . Materiaal (aanwezig of naar verwezen)
 - . Opgaven/opdrachten
 - . Procedures
 - . Aanwijzingen

Elementen van zelfstudiemateriaal

- Toetsing
 - . Proces
 - . Product
- Terugkoppeling
 - . Antwoorden
 - . Uitleg/aanwijzingen
 - . Verwijzingen

Practica

- Practicum als vervoermiddel voor:
 - . verwerven van specifieke cognitieve vaardigheden
 - . verwerven van een kritische, academische aanpak en attitude (houding)
 - . ervaren van NW verschijnselen om zodoende een gevoel daarvoor te krijgen

Soorten practica

- Simulatie
 - . Leren en oefenen van deelvaardigheden
- Experimenteel seminaar
 - . Demonstratie en discussie voor het leren en oefenen van kritische denkvaardigheden/attitudes
- Nat Laboratorium
 - . Hands om experience voor het verwerven van tacit knowledge





Werkgroepen

Doorloop van natuurkundige vaardigheden vanuit het havo/vwo naar het h.b.o.

Werkgroep 2

J.B.A. van der Stam

Inleiding

De Hogeschool Enschede heeft zich de afgelopen drie jaar geheroriënteerd op de vraag op welke wijze de kwaliteit van het onderwijsaanbod en de uitvoering verbeterd kan worden. Dit heeft geresulteerd in een nieuwe organisatiestructuur, waarin kleine zelfstandig operende instituten met een duidelijk herkenbare profilering invulling geven aan het optimaliseren van het onderwijsproces. Kernpunten hierin zijn studeerbaarheid van de programma's, het rendement van het onderwijs en de studentgerichtheid. Een beleidskader onderwijs voor de gehele hogeschool bleek een gewenst instrument te zijn om deze onderdelen verder uit te werken.

Centraal in dit beleidskader staan ijkpunten, die de richting bepalen van het onderwijs binnen onze hogeschool. Het onderwijsbeleid van de instituten en academies, onderdeel van elk businessplan, is nader ingevuld op basis van het hier genoemde beleidskader onderwijs. Prominent hierin vertegenwoordigd is het werken aan een effectief aansluitingsbeleid, een thema dat al een rijke historie kent binnen de Hogeschool Enschede. Een overzicht van de ijkpunten beleidskader onderwijs is te vinden in bijlage I. Aansluitend op de actieve rol die de student in zijn eigen studieproces hoort te gaan innemen zowel in het studiehuis als in de propedeuse wordt de aspirant-student die voor een hogere beroepsopleiding opteert, uitgenodigd mee te doen aan het HAVO5-project.

Het HAVO5-project

Dit project beoogt de aspirant-student voor te bereiden op zijn gekozen hbo-opleiding. Degenen die een technische opleiding voor ogen hebben, krijgen een programma aangeboden dat uit drie onderdelen is opgebouwd. In de



periode voor het eindexamen wordt in twee blokken van 11 weken wiskunde (doorgaans in de periode sept-nov) en natuurkunde (doorgaans in de periode dec-mrt) aangeboden. Na het eindexamen wordt de leerling uitgenodigd om gedurende 3 weken in de maand juni zich op de hogeschool intensief op zijn gekozen studierichting voor te bereiden. De inhoud van deze werkgroep gaat specifiek over de ervaringen met het blok natuurkunde.

Doelen van het Natuurkundeblok

Het hoofddoel is het verbeteren van oplossingsvaardigheden bij complexe vraagstukken. De ervaring leert immers dat leerlingen wel kennis hebben van de theorie van de natuurkunde, maar deze kennis slecht kunnen inzetten als afgeweken wordt van de gebruikelijke vraagstelling.

Vooral als het aantal denk- en rekenstappen toeneemt raakt met het overzicht kwijt en 'doet maar wat'.

Volgens een bepaalde strakke probleemaanpak, waarin niet vanuit de gegevens maar vanuit het gevraagde wordt gewerkt (de SPA-methode) wordt getracht de leerling een oplossingsstrategie bij te brengen. Uitgangspunt is wel dat de bijbehorende theoretische kennis aanwezig is.

Belangrijke nevendoelen zijn:

- De leerlingen worden in staat gesteld om de kennis van relevante onderwerpen uit de natuurkunde op te frissen. De onderwerpen zijn zo gekozen dat het merendeel van de technische opleidingen hiermee affiniteit hebben, nl. bewegingsleer, electriciteitsleer, warmteleer en trilslingsleer.
- De leerlingen worden getraind in zelfstandig (samen)werken. Zij voeren de opdrachten hierbij zelfstandig uit in een goede werkomgeving. De leerlingen worden

gestimuleerd tegen hun eigen grenzen aan te lopen en te trachten deze te doorbreken. Consumptief gedrag wordt niet gehonoreerd en de hulpvraag wordt steeds meer uitgesteld.

Werkwijze:

- De leerlingen krijgen bij aanvang van het blok natuurkunde een studiewijzer 'Schakelmodule Natuurkunde'. Nadat zij geïnformeerd zijn over nut en werkwijze van de SPA-methode gaan zij zelfstandig alleen of in tweetallen werken.
- De docent treedt op als begeleider van het studieproces en vakdeskundige. Hij legt in principe niets klassikaals uit en zal indien nodig alleen individueel bijsturen.
- Alle vraagstukken, uitgewerkt volgens de SPA-aanpak, zijn beschikbaar en kunnen als uitwerkingen meegenomen worden.
- De docent stimuleert de leerlingen volgens dezelfde methode de vraagstukken aan te pakken, maar laat ruimte over voor eigen oplossingsstrategieën.
- Na vijf weken wordt een tussentoets afgenomen, in de laatste week wordt het blok afgesloten met een eindtoets.

Organisatie van het project

Het project loopt reeds een aantal jaren en wordt momenteel uitgevoerd op 28 regionale VO-instellingen in de regio's Twente en de Achterhoek. De studiewijzer is samengesteld door een natuurkundige van de Hogeschool Enschede in nauw overleg met de natuurkundedocenten van de VO-scholen. Ieder jaar worden de ervaringen met zowel de leerlingen als de docenten geëvalueerd. De resultaten hiervan worden verwerkt in de nieuwe uitgave van de studiewijzer.

Evaluatie

Er lijkt een zeker optimum bereikt te zijn in de mogelijkheden om leerlingen een systematische wijze van het aanpakken van vraagstukken aan te leren.

De leerlingen pakken niet vanzelfsprekend de werkwijze op. Zij zien de meerwaarde van de extra hoeveelheid werk niet meteen in. Dit is ook alleen mogelijk als de aangeboden vraagstukken voldoende complex zijn. Maar dit geeft meteen een andere begrenzing aan, want het gevaar bestaat dat de leerstof van de HAVO hierbij overschreden wordt.

Toch blijkt bij een groot aantal leerlingen de manier en volgorde van denken aan te slaan. Ook blijkt uit interviews met studenten uit de propedeuse dat zij profijt hebben van een SPA-achtige werkmethode.

Bijlage

IJkpunten beleidskader onderwijs Hogeschool Enschede

Beroepskwalificerend karakter

1. Het studieprogramma is afgestemd op de beroepspraktijk.
2. Naast stages en afstudeeropdrachten beslaat de praktijk een deel van de te realiseren studielast.

Het studieproces

1. In elk instituut is er sprake van een studieproces waarin de student centraal staat en zijn/haar rol actief is.
2. Binnen het totale studieprogramma leert de student het studieproces te plannen en te sturen.
3. Het studieproces is zo vormgegeven dat er een variatie is aan werkvormen en methodieken.
4. Er is invulling gegeven aan verschillende rollen van de docent.
5. De opleiding heeft een systeem van studiebegeleiding.

Aansluiting

1. De opleiding draagt zorg voor een effectief aansluitingsbeleid.
2. De opleiding houdt rekening met individuele studentkenmerken.

Probleemoplossen in het studiehuis

Werkgroep 3

R. Taconis

Door ziekte van de werkgroepsleider kon deze workshop helaas niet doorgaan. Toch is het misschien aardig om op deze plaats iets meer op het onderwerp in te gaan.

Een onderwerp dat in het studiehuis ruime aandacht verdient is het oplossen van problemen. Daarbij kan het gaan om problemen uit de wereld van alledag, waarop wij onze natuurkundige kennis kunnen toepassen, maar ook om problemen binnen de vak-context. In alle gevallen zijn kennis en begrip van het vak onontbeerlijk om te kunnen slagen. Vandaar dat door de vakgroep Didactiek Natuurkunde van de TUE in samenwerking met het Instituut voor de Lerarenopleiding (ILO) van de Universiteit van Amsterdam, wordt gewerkt aan het zogenaamde UBP onderwijsprogramma (UBP= Uit Begrip Probleemoplossen). Via een serie van onconventionele groepsleeractiviteiten worden de leerlingen vertrouwd gemaakt met de "ins en outs" van het probleemoplossen. Dit omvat naast aandacht voor oplossingsstrategieën ook aandacht voor het begrip van de natuurkunde en reflectie tijdens het probleemoplossingsproces.

Inmiddels is in verschillende scholen ervaring met de UBP-taken opgedaan. Binnen het kader van het scharnierproject Oost Brabant heeft onlangs een nascholingscursus plaatsgevonden waarin docenten zelf hebben gewerkt aan het ontwerpen van nieuwe UBP-taken. Doel van de cursus was om gezamenlijk met collega-docenten te leren hoe bij het eigen onderwijs UBP-probleemoplossingstaken kunnen worden ontworpen.

Voor deze workshop stonden onderdelen uit deze cursus gepland. Als voorbeeld zou de taak kunnen gelden waarbij groepjes leerlingen, vier opgeloste problemen al discussiërend met elkaar vergelijken. Onderzoekresultaten duiden er op dat vooral zwakkere leerlingen hiervan profijt hebben.

Nadere inlichtingen over UBP-materialen en cursussen kunnen worden verkregen bij R. Taconis, IVLOS, Heidelberglaan 8 te Utrecht, tel.: 030-2531737 of email: R.Taconis@ivlos.ruu.nl.

De werkgroepsleider is momenteel verbonden aan het IVLOS, waar hij o.a. onderzoek uitvoert naar de aansluiting tussen VWO en de Universiteit.

Natuurkunde ANDERS

Werkgroep 5

H. van der Steen



In de werkgroep 'Natuurkunde Anders' heb ik de deelnemers een uurtje met het door mij ontworpen lesmateriaal laten stoeien. De sfeer, aandacht en resultaten komen overeen met wat ik in mijn onderwijs heb ondervonden en waarvan onderstaand artikel een beeld geeft. Op de leermiddelenmarkt was de belangstelling voor mijn eerste *Mechanica-opzet* (Hand-, Werk- en Docentenboek) hartverwarmend en heb ik circa 40 exemplaren tegen kostprijs aan de man/vrouw gebracht. Inmiddels ben ik als mede-auteur een verbintenis aangegaan met uitgeverij SMD in Leiden. Geïnteresseerden kunnen t.z.t. in de SMD-methode 'viaDELTA' van mijn inbreng kennis nemen!

Natuurkunde anders

Ik heb het lang een omgekeerde wereld gevonden. Leerlingen die mij kwamen roepen omdat ze met de les begonnen. Bij hun lessen was mijn aanwezigheid ook niet echt noodzakelijk, want ik zat toch maar ergens achteraf in een hoekje van de klas stilletjes te genieten van hun groei. 5 jaar lang - zo'n 2500 lessen - heb ik dit onderwijsfeest in de Natuurkunde aanschouwd. Elke dag fluitend naar school. Voorbereidingszorgen had ik niet. Mijn leerlingen deden alles zelf. Zij hadden, zonder morren, alle verantwoordelijkheid op zich genomen. De ernst waarmee zij hun taken oppakten en de wijze waarop zij die taak ten uitvoer brachten hebben me al die jaren uitermate verwonderd.

Net toen ik in 1989 de moed begon op te geven startte ik dit onderwijs-experiment met zijn verrassingen. Tot dan toe leek het erop, dat het me niet zou lukken om mijn leerlingen echt warm te laten lopen voor mijn vakkenpakket. Ik verzorgde al een paar jaar het onderwijs in de Natuurkunde aan een agrarisch georiënteerde Pedagogische Hogeschool. De 18-jarige HAVO-ers en MBO-ers, waarvan 70% meisjes, kon ik, tot mijn teleurstelling, toen niet motiveren voor Natuurkunde. Toen ben ik radicaal overstap gegaan. Ik schreef 'snel' enige hoofdstukken Natuurkunde ieder bestaand uit een dictaat met de Wetten, principes, begrippen, definities, enz.. en een dictaat met Problemen vanuit de dagelijkse levenspraktijk. De Proble-

men voorzag ik van opdrachten en vraagstellingen die mijn leerlingen dwongen om met het bijbehorende dictaat met die Wetten om te gaan. (Die 'Wets-dictaten' noemde ik de 'Eeuwige waarheden' omdat veel van die kennis reeds duizenden jaren hun nut hebben bewezen.) De keuze voor de juiste Probleemstellingen was arbitrair. Totaal had ik er zo'n 120 tot mijn beschikking om 3 parallelgroepen over 2 jaar te kunnen 'bezighouden'. Vervolgens maakte ik een jaarplanning waarop kwam te staan, dat leerling A met leerling B, op die en die datum, het zoveelste lesuur, Probleemstellingnummer dat en dat, aan de klas moesten presenteren. Het volle lesuur stond hen ter beschikking. Ze vonden het prima! Het mooiste effect was eigenlijk, dat ik automatisch de rol kreeg van vriend en adviseur die hen moest en kon helpen. Zij wilden goed voorbereid voor hun 'lastige' klasgenoten staan en ik was de aangewezen persoon die hen daarbij zeer goed kon assisteren. Als ik de school binnenkwam, dan hingen de leerlingen al om mijn nek met het verzoek of ik even tijd had om hun vragen te beantwoorden. Dat adviseren ging me goed af, want ik had zelf de opdrachten en vraagstellingen bedacht en geformuleerd! Ook gaf het me een goed gevoel om te merken, dat er met gretigheid geluisterd werd naar mijn kennis van zaken. Zij hadden echte belangstelling en er was niets te merken van enige vorm van gemakzucht.

Tijdens hun lessen zat ik dus, zoals gezegd, zover mogelijk van hen vandaan. Natuurlijk had ik wel eens, zeker in het begin, moeite om niet op te springen als ik meende dat er iets rechtgezet moest worden. Ik heb me leren beheersen en dat was goed. Ik had hen de volle verantwoording gegund en dan is het heel fout om, zeker ten overstaan van de hele klas, te wijzen op de tekortkomingen van de leerlingen die zich presenteren. Wel kon ik met hen afspreken, dat zij mij bijvoorbeeld 5 minuten inhurden om even van mijn specialiteit blijk te geven. De discussies tijdens de les waren interessant om aan te horen. Soms kneep ik mijn tenen bij elkaar, maar ik moet zeggen, dat ze er met zijn allen, zonder mijn tussenkomst, altijd weer uitkwamen. Urenlang discussieerden ze over

Natuurkunde. Ze wisten van geen opgeven. In de helft van de lessen werd de pauze er zonder problemen bijgenomen. Als er echt geen tijd genoeg was om alle opdrachten en vragen af te werken, dan maakten ze onderling afspraken voor een inhaalles of er werden garanties verstrekt om de rest op schrift te stellen en uit te rekenen. Nog nooit had ik in mijn onderwijsbestaan zulk een ernst en concentratie bij leerlingen, gedurende zo'n lange tijd achter elkaar, meegemaakt. Collega's klaagden wel eens, dat de leerlingen zo moe waren als ze uit 'mijn' lessen bij hen in de les aankwamen. De concentratie was zo hoog, dat ik rustig tijdens de lespresentaties andere leerlingen (van parallelklassen) kon adviseren. In feite had ik spreekuur tijdens die lespresentaties. De leerlingen gaven heel vaak blijk van hun enthousiasme voor Natuurkunde en dat ze het fijn vonden het gevoel te hebben om iets echt te leren en te begrijpen!

Eindelijk had ik het zo voor elkaar, dat ik zelf leerling had willen zijn om deel te nemen aan deze onderwijsopzet!

Lessen zijn er nooit uitgevallen, want als ik eens ziek was, dan gingen de lessen gewoon door en naderhand kreeg ik te horen, mede aan de hand van de 'commentaarbriefjes' van de klasgenoten, hoe de les was uitgepakt. Klasgenoten moesten commentaar op een briefje zetten met een cijfer voor de presentatie. Ik schreef ook een briefje met cijfer. Het gemiddelde van die cijfers telde voor de helft mee. Verder werd voor de beoordeling elk hoofdstuk afgerond met een meerkeuzetoets.

Als docent had ik dus weinig meer te doen dan het verstreken van didactische en natuurkundige adviezen. Eens in de paar maanden moest de planning worden bijgesteld en moest ik de administratie verzorgen. Verder moest ik natuurlijk zorgen voor adequate probleemstellingen en vond ik het leuk om demonstratiemateriaal en documentatie te verzamelen. De leerlingen stelde ik op de hoogte van de aanwezigheid van dit materiaal, maar ze moesten zelf bepalen of ze daar wat mee deden of niet. Heel Europa heb ik in de vakanties afgereisd om informatie te vergaren van technisch natuurkundige installaties. Ik maakte dia's, video-opnamen en nam folders en tekeningen mee. Bijna elke Probleemstelling kon worden verlichtigd met stukjes video en enthousiasmerend demonstratiemateriaal. Van elke Probleemstelling had ik een hangmap in het lokaal en daarin werd de documentatie verzameld. Ik realiseerde me, dat ik die lessen eigenlijk niet in mijn uppie had kunnen geven, want dan zou ik gek zijn geworden van het aanslepen en opruimen van al de benodigde leermiddelen. Leerlingen haalden nu zelf het materiaal uit de kasten, reserveerden de video-wagen, zetten alles zorgvuldig en zorgzaam klaar en, wat mij veel deugd deed, zij zorgden er ook voor, dat alles netjes weer werd opgeruimd en op de juiste plaats werd teruggezet. Omdat er ook parallelklassen waren waarin dezelfde Probleemstellingen speelden, kon ik vaak tegen een koppeltje leerlingen, die om advies kwamen, zeggen: "Praat eens met Chantal en Monique van klas H1C, want die weten er inmiddels alles van!" Als ik ze dan in de pauze

met elkaar bezig zag, dan deed dat mijn docentenhart goed. Ook kwam het regelmatig voor, dat leerlingen aan mij toestemming vroegen om een les bij te wonen van een parallelklas waar op dat moment dezelfde Probleemstelling aan de orde werd gesteld als de Probleemstelling die zij enige dagen later zelf moesten presenteren aan hun eigen klas. Meestal kon dat worden gehonoreerd. Leerlingen betrokken tijdens hun voorbereidingen ook vaak ouders, vrienden, hospita's, enz.. bij het oplossen van hun problemen. De school gonsde altijd van de voorbereidingsactiviteiten. In de kantine, 'rokershoek', gangen en lokalen waren leerlingen bezig om proefjes te doen of opdrachten uit te werken. Veel gebruik werd er gemaakt van de overheadprojector. Technische tekeningen werden op het White-board geprojecteerd en op het bord zelf kon dan het nodige worden bijgeschreven.

Er heerste kortom een echte 'Studiehuis-sfeer'!

De Vragen & Opdrachten van elke Probleemstelling hadden, zoals geopperd, primair het doel om de leerlingen te dwingen te leren omgaan met de 'hot items' van de Natuurkunde die ik had verzameld in het dictaat met de 'Eeuwige waarheden'. In feite kwamen de beste opdrachten erop neer, dat aan een stukje techniek zowel wordt gerekend als gemeten om te kunnen concluderen of de toegepaste theorie inderdaad zijn vruchten afwerpt. Bijvoorbeeld werd het gedrag van een gasveer gemeten en vervolgens moest de Wet van Boyle worden toegepast om te kijken of het gedrag op die manier ook te verklaren was. Als een stuk theorie niet kon worden getoetst aan de werkelijkheid, dan was het in feite geen goede opdracht! Ook waren er onderzoeksopdrachten, literatuuropdrachten, enz... Zodoende konden leerlingen zich ook in meer algemene vaardigheden bekwamen. Aangezien de keuze van de Probleemstellingen arbitrair is kon ik mijn hartje ophalen en Problemen kiezen, die bij mijn karakter pasten. Zo had ik een behoorlijk aantal historische Probleemstellingen omdat ik, kijkend in de keuken van de Natuurkunde, zelf zeer enthousiast ben over het werk en de inspanningen van onze fameuze voorouders in de Natuurkunde. De historie van de wetenschap heeft mijn blik aangescherpt en ervoor gezorgd, dat ik juistere accenten kan leggen. Althans zo voel ik dat. Zo geniet ik bijvoorbeeld van de serie Natuurkundeboekjes van de Abt Nolle van 1762 en in mijn probleemstellingen had ik nogal wat van dat degelijke spul verwerkt. Als technicus, ik ben werktuigbouwer van oorsprong, kon ik het nodige vanuit het technische leven inbrengen.

Als ik terugkijk op die 5 succesjaren en ik stel me de vraag: "Waaraan was dat succes vooral te wijten?", dan aarzel ik. Mijn leerlingen konden hun hele arsenaal aan karakterpotenties ontwikkelen en dan is succes natuurlijk altijd verzekerd. Als ik echter toch een paar speerpunten moet noemen, waarvan ik denk, dat ze dominant bijdroegen aan het succes, dan komt als eerste het feit naar voren, dat leerlingen zich ten overstaan van derden (hun klasgenoten) moesten verantwoorden. Alle 'work-aholics', zoals ik, worden gestuurd door die 'waarmakers'kracht. Een tweede speerpunt is het feit, dat de leerstof gesplitst

is in een stuk absolute kennis (Wetten e.d.) en relatieve feitelijkheden (Probleemstellingen e.d.). De laatsten hebben tot doel om onze nazaten te doen overtuigen van de grote waarde van, en de 'weg te wijzen in', die onveranderlijke kennis. In feite wordt geprobeerd om leerlingen 'houvasten' mee te geven waarvan zij hun hele leven plezier kunnen hebben. Een mens heeft een enorme behoefte aan houvast en zekerheid en als een mens zulks 'ruikt', dan zal hij alles in het werk stellen om dat 'houvast' te bemachtigen. Deze beide speerpunten, verantwoordelijkheid dragen en zekerheid vergaren, zorgen volgens mij met name voor het intrinsiek gemotiveerde gedrag dat ik heb mogen ondervinden.

Ik vond het in het begin best een moeilijk moment om een groot stuk van mijn verantwoordelijkheid bij de leerlingen te leggen. Ik wist echter precies wat ik met de Natuurkunde wilde. De 'Wets-dictaten' fungeerden als 'kapstok' en ik werd er primair voor betaald en aangezien om de juiste bedoelingen daarvan aan de man te brengen. De opdrachten waren bewust op die 'kapstok' gericht en zodoende was het uitgesloten, dat de essentie zou worden misgelopen.

Ik ben er trots op, dat ik degelijke Natuurkunde heb weten te combineren met een 'speels-kritisch-wetenschappelijke' aanpak!

H. van der Steen, De Egge 14, 5258 JA Berlicum, tel./-
fax: 073 5031836, email: hvdsteen@worldonline.nl,
homepage: <http://www.worldonline.nl/~hvdsteen>



Project "Techniek en Gezondheid: onderwijs geven met cases en projecten".

Werkgroep 6

M. Man in 't Veld & M. Kattenberg



"Worden wij beter van Techniek?" Deze vraag stellen leerlingen in dit project over thema's als "Klein handletsel kan grote handicap opleveren", "Dove muzikanten", "Het oog van de dokter", "Medisch dossier op chipkaart gewenst of niet" en "Het allerlaatste wereldrecord", "Voor-komen is beter: werk van het traumateam", "Blinden als verkeersdeelnemers" en "Alledaagse geneesmiddelen".

Leerlingen hebben er belang bij dat zij ter voorbereiding van hun profielkeuze voldoende inzicht krijgen in de rol die techniek speelt op allerlei terreinen van de samenleving. Speciaal voor meisjes met belangstelling voor de gezondheidszorg is het belangrijk om zich te realiseren hoe belangrijk de keuze voor het profiel natuur- en techniek kan zijn voor een beoogde loopbaan in deze richting.

In deze workshop hebben we laten zien hoe leerlingen van vwo-4 gewerkt hebben met lesmateriaal van het project "Techniek en Gezondheid" over de thema's: "Klein handletsel kan grote handicap opleveren", "Dove muzikanten", "Het oog van de dokter", en "Het allerlaatste wereldrecord". Dit gebeurde in de lessen natuur- en scheikunde. Het materiaal biedt echter ook voldoende aanknopingspunten voor samenwerking met de vakken: wiskunde, biologie, informatica en techniek. De bijbehorende handleiding voor docenten geeft uitgebreide aanwijzingen over het gebruik van het materiaal, de organisatie van de lessen en de begeleiding van de leerlingenactiviteiten.

Door de aard van de opdrachten is het leerlingmateriaal bruikbaar voor of eenvoudig aan te passen aan het niveau en de leerstof van verschillende leerjaren.

Ook andere thema's zijn heel goed te schrijven met behulp van het didactische model van het leerlingmateriaal. De opdrachten richten de leerlingen op het inventari-

seren van eigen kennis, kennis uit schoolboeken, kranten, tijdschriften, kennis uit eigen experimenten en kennis van te interviewen deskundigen. Het resultaat van deze opdrachten is een aantal concrete producten, zoals een brochure, een poster en de uitkomsten van een experiment of een zelfontworpen product. Een interview met een deskundige sluit de rij van opdrachten af. Bij elke thema hebben we een deskundige gezocht met een beroep dat met het thema verband hield. Daarbij hebben we erop gelet dat deze personen ook voor meisjes en allochtone leerlingen geschikte rolmodellen waren. Ter afsluiting laten de leerlingen elkaar in de vorm van presentaties de resultaten van hun werk zien.

Een achterliggende doelstelling van dit project is om leerlingen, meisjes en jongens, te laten zien hoe schoolkennis in verband gebracht kan worden met actuele vragen en problemen die hen aanspreken. Veel van deze vragen hebben te maken met techniek en gezondheid. Uit het materiaal dat wij voor dit project hebben verzameld en bewerkt blijkt, dat er een overvloed aan actuele onderwerpen te vinden is. Veel moeilijker is het, om over deze onderwerpen nadere informatie in schoolboeken terug te vinden. Met meer succes sloegen we populair wetenschappelijke tijdschriften en de verzamelde jaargangen van "Exactueel" hierop na.

De presentatie van deze werkgroep werd verzorgd door: Magda Man in't Veld Hogeschool van Utrecht, Faculteit Educatieve opleidingen en Maaik Kattenberg Pedagogisch Technische Hogeschool.

Voor nadere informatie over en aanvraag van het lesmateriaal "Techniek en gezondheid" kunt u contact opnemen met: VALTEX-project, Stichting Techniek en Onderwijs Postbus 14007, 3508 SB Utrecht

De onderzoeksvraag van de maand, een leerling-activiteit op Internet

Werkgroep 7

K. Dolsma

In deze workshop hebben we de mogelijkheden van en de problemen met het werken met Internet in het VO onderzocht. Internet valt volgens sommigen niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Ook in onderwijsland klinkt de roep om Internet steeds luider. Zonder twijfel is een deel van de aandacht die op dit moment uitgaat naar dit nieuwe medium overdreven.

Toch valt het niet te ontkennen dat communicatie en data-Verkeer via computernetwerken in de toekomst steeds belangrijker zullen worden. In het leven van alledag, maar ook voor scholen; in de nieuwe eindtermen voor havo/vwo wordt het gebruik van computernetwerken met name genoemd.

In de workshop hebben we vooral externe bronnen op Internet geraadpleegd.

Waarom juist externe bronnen

Waarom is juist deze mogelijkheid nu zo interessant? Ten eerste is het zo dat Internet toepassingen en informatie toegankelijk maakt die up-to-date is. Ook is die informatie vaak niet op een andere manier toegankelijk. Door het gebruik van deze bronnen krijgt een internet-onderzoek een uitermate actueel karakter.

In de nieuwe bovenbouw HAVO/VWO zal onderzoek een steeds belangrijker plaats innemen. Samen met de nieuwe zelfstandige rol van de leerling is dit één van de belangrijkste wijzigingen. Het gebruik van externe bronnen bij een onderzoek lijkt prima te passen in zo'n nieuwe onderwijssituatie.

Veel van de bronnen op Internet bevatten informatie die uitermate geschikt is voor onderwijsdoeleinden. Dit is voor een deel te danken aan het feit dat veel onderwijsorganisaties, zoals universiteiten en docentenverenigingen reeds actief zijn.

Daarnaast is het mogelijk de informatie op een aantrekkelijke manier te presenteren.



Voorbeelden

Tijdens de workshop hebben we verschillende externe bronnen op Internet geraadpleegd. We hebben de laatste satelliet-beelden bekeken (<http://einstein.et.tu-delft.nl:80/~wolff/meteosat/>), een wereldwijd overzicht van de aardbevingen van de laatste vier dagen (<http://www.geo.ed.ac.uk/quakexe/quakes>). Tijdens de workshop konden we constateren dat er tijdens het vrijdagavond-diner een lichte beving in Californië had plaatsgevonden.

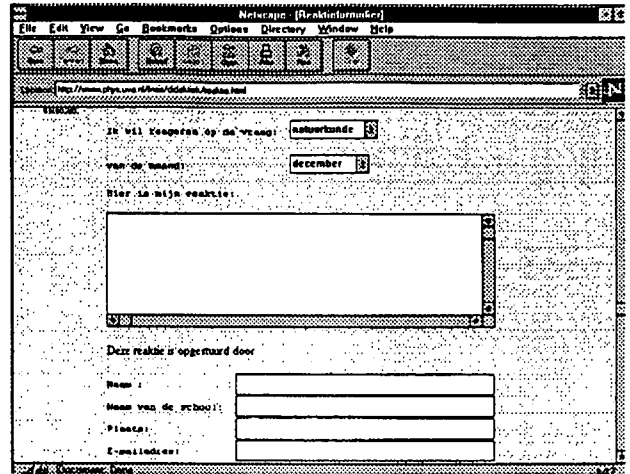
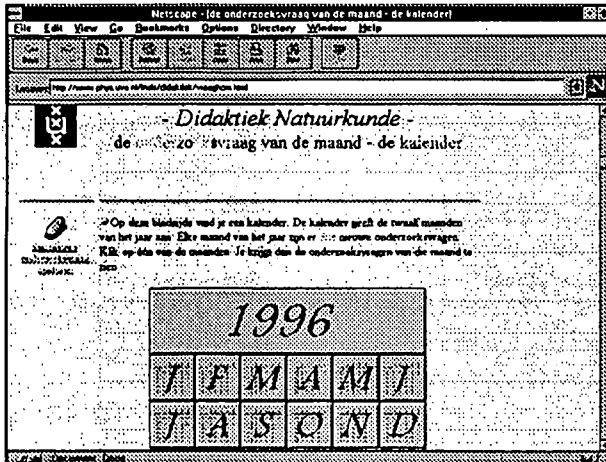
Ook hebben we een Multimediale tour door het zonnestelsel gemaakt met "de negen planeten", een nederlandstalige site over ons zonnestelsel (<http://www.dma.be/p/infoster/negepl/>)

Daarnaast hebben we enkele filmpjes en animaties van Internet afgehaald. Bewegende beelden over vele onderwerpen (Tacoma Bridge, een animatie van de planeet Mars) zijn volop op Internet aanwezig. Naast bronnen voor leerlingen hebben we nog enkele site aangedaan, waar nuttige informatie voor de docent te vinden is. Voorbeelden hiervan zijn de site van APS natuurwetenschap en techniek (<http://www.aps.nl/vo/naw/nawhome.htm>) en PRINT natuur-/scheikunde (<http://www.aps.nl/vo/naw/nawhome.htm>).

De Didaktiek Natuurkunde Homepage: een wegwijzer op Internet

Zelf informatie zoeken is vaak een heidens karwei en een lijst van nuttige adressen kan als wegwijzer vaak hulp bieden.

Op de Homepage van Didaktiek Natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam (<http://www.phys.uva.nl/fnsis/didaktiek/home.html>) worden externe bronnen verzameld voor de vakken natuur- scheikunde en biologie. Hierboven beschreven bronnen zijn alle te raadplegen via deze pagina.



.De 'Onderzoeksvraag van de maand'

Didaktiek Natuurkunde heeft daarnaast in het kader van een PRINT-project op haar site op het Internet 'de onderzoeksvraag van de maand' gecreëerd (<http://www.phys.uva.nl/fnsis/didaktiek/vraaghom.html>).

Op de Internet-site van 'De onderzoeksvraag van de maand' staan concrete onderzoeksvragen voor de leerling klaar. De leerling kiest één van de vragen uit en gaat op Internet op zoek naar een antwoord.

Echter, er staan voor de leerlingen al een lijst met bronnen klaar. Deze lijst bestaat eigenlijk uit verwijzingen naar (zowel nederlands- als engelstalige) internet-adressen. Op die adressen staan de bronnen. Een leerling kan contact maken met de bronnen door op zo'n adres in de lijst te klikken.

De bronnen bij de onderzoeksvragen worden bij elkaar gezocht door medewerkers van het project. Het zijn nuttige en gecontroleerde adressen, en de informatie op de betreffende site is bruikbaar voor een de betreffende leerling-opdracht.

Internet wordt op deze manier als het ware op maat klaargezet voor de leerling.

Door de klaargezette bronnen te raadplegen, kunnen leerlingen in een relatief beschermde omgeving op zoek gaan naar een antwoord op de gestelde onderzoeksvraag.

Drie vragen

Elke maand zijn er die nieuwe (vaak actuele) onderzoeksvragen. Voor elk vak is er één: biologie, natuurkunde en scheikunde. Vaak wordt een vraag gesteld met een duidelijk leerdoel (dat aansluit bij de leerstof) zoals bijvoorbeeld: "Welk fysisch verschijnsel veroorzaakt de beweging van de Erasmusbrug" (november). Een ander voorbeeld van een onderzoeksvraag is: "Tien jaar geleden vond in de vroegere Sowjetunie een ongeluk in een kerncentrale plaats. Welke landen kregen in de dagen na de explosie direct te maken met de gevolgen van de ramp? Hoe 'verplaatste' de straling zich?"

Leerlingen delen kennis via Internet

Wanneer een antwoord op een onderzoeksvraag gevonden is, gaat de leerling naar het antwoordformulier, dat eveneens op de site aanwezig is. Op het antwoordformulier wordt het antwoord ingevuld. Met een druk op de knop wordt het antwoord vervolgens via E-mail verstuurd naar de beheerder van het project. Deze plaatst de reacties van leerlingen op Internet.

Klaas Dolsma

Didaktiek Natuurkunde, Universiteit van Amsterdam
Nieuwe Achtergracht 170, 1018 WV Amsterdam,
tel.: 020 5255886, email: dolsma@phys.uva.nl

Multimedia

Werkgroep 9

M. van Os & L. Heimel



Het gebruik van multimedia en actief leren zijn twee ontwikkelingen die goed bij elkaar aansluiten en elkaar versterken. Alleen de aanschaf van een Cd-rom maakt echter nog geen zinvol multimedia gebruik mogelijk. Organisatie, zoekopdrachten voor de leerlingen, wat schaf je aan en hoe integreer je het internet in de les zijn punten die aandacht behoeven.

Allereerst de organisatie. Welke wensen zou je kunnen formuleren om multimedia gebruik in de les te kunnen verwezenlijken. Een toch wel snelle computer op een kar of op (in?) de demonstratietafel, voorzien van een Cd-rom-speler en een modem. Dan moet er dus ook een telefoonaansluiting komen of een aansluiting op het schoolnetwerk. Misschien is een grote monitor toch voor demonstraties wat te klein, dan maar een LCD Video/Data projector een bijkomende wens. Een medialokaal is een schoolbrede optie. Een mogelijke indeling hiervan is onderwerp van discussie geweest.

Dan is er de software, de cd's en de lesopdrachten. Voor het eerste probleem is een lijst van beschikbare titels een uitkomst. Pas sinds kort is er enig Cd-rom aanbod voor gebruik in de les op de markt, maar dit breidt zich snel uit. Op de bijeenkomst is een lijst met titels, korte toelichting, besteladres en prijsindicatie verstrekt.

Ook zijn enkele uitgeverij van leerboeken cd's aan het ontwikkelen, niet alleen voor de Tweede Fase. Een voorbeeld van een zoekopdracht kan zijn het activeren van voorkennis met behulp van een animatie (werking van een LED, wat is stroom). De leerling dient een aantal trefwoorden te noteren, of bij jongere leerlingen, de betekenis van gegeven woorden in te vullen.

Een voorbeeld van een meer open opdracht is het volgende. Twee leerlingen krijgen de opdracht een tekst te zoeken op een encyclopedie (bv. Encarta) over een geleerde. Neem eens Newton of Curie. Via 'hypertext', aanklikbare woorden op de pagina, moeten deze leerlingen een aansluitende zoekopdracht voor de volgende twee formuleren. Zo kan een geheel van gegevens over een bepaald onderwerp door een (deel van de) klas sa-

mengesteld worden. Dit is af te sluiten met een werkstukje waarin deze stof verwerkt is, of een presentatie. De laatste opdracht is ook een uitstekende start voor het surfen op internet. Geef het Web-adres van de sterrenwacht, het KNMI of de digitale school en laat steeds vanuit deze pagina een zoekopdracht starten. De leerlingen moeten wel noteren waar ze de informatie gevonden hebben (Web-adres) en op welke pagina de volgende groep moet zoeken.

Ook is er het zoekprogramma <http://www.ilse.nl> waar in het Nederlands een woord ingevuld kan worden.

De discussie sloot af met het uitwisselen van ervaringen en tips voor een goed gebruik van de multimedia-computer in de natuurkunde les.

Werkwijzers, een hulpmiddel bij Zelfstandig Werken

Werkgroep 11

H. Bruijnesteijn



De tweede fase

Er staat een grote verandering voor de bovenbouw havo/vwo voor de deur. De veranderingen zitten 'm niet zo in de vakinhouden van de bestaande vakken, maar veel meer in de organisatie van de vakkenpakketten (profielen), de invoering van nieuwe vakken (o.a. ANW) en in de didactiek, de organisatie van het lesgeven. Naast leren wordt expliciete aandacht voor leren leren belangrijk en de leerlingen moeten zelfstandiger aan de slag. Zelfstandig werken, zelfstandig leren, wat verstaan we daar onder? Bij het creëren van onderwijssituaties waarin leerlingen zelfstandiger bezig zijn, is het verstandig één begrippenkader te gebruiken bij de discussies op school en in de secties. Deze werkgroep probeerde zo een begrippenkader te geven. Daarnaast werd aandacht besteed aan werkwijzers, wat kan/moet daar in en hoe kan je er één samenstellen, en aan het kiezen van aspecten van Zelfstandig Werken, met de idee om niet alles tegelijk aan te (hoeven) pakken. Een samenvatting volgt hier.

Hoe actiever, hoe effectiever!

Tallose onderzoeken wijzen uit dat kennis effectiever verworven wordt als de lerende de leerstof actief verwerkt. Lezen en luisteren zonder actieve verwerkingsopdrachten zijn weinig effectief. Daarentegen zijn schematiseren, samenvatten, elkaar uitleggen, voorbeelden bedenken, ordenen, structureren, discussiëren en opgaven maken vormen van actieve verwerking van de leerstof.

De docent

De rol van de docent verandert. Opgeleid tot uitlegger van vakinhouden, moet de leraar anno 1997 zich transformeren tot begeleider en organisator van leerprocessen van leerlingen in het studiehuis van de volgende eeuw. Dat is een cultuuromslag waar collega's tegenop zien, terwijl desalniettemin toch al een aanzienlijk aantal docenten met de vernieuwing begonnen zijn. Op veel scholen wordt,

met wisselende resultaten, geëxperimenteerd met perioden van zelfstandig werken/leren zoals werken met studiewijzers, eigen onderzoek en facultatieve lessen in de bovenbouw. Een bundeltje voorbeeldwerkwijzers toonde aan hoe verschillend men bezig is en dat men al experimenterende 'het werken in een studiehuis' gestalte geeft. Al doende ontwikkelt en leert men.

Zelfstandig Leren of Zelfstandig Werken?

Onder **Zelfstandig Werken** verstaat men dat de leerling alleen of in een groepje zelfstandig met behulp van leermiddelen bezig is taken uit te voeren. Vaak volgens een planning die door de docent gemaakt is, op een manier die door de docent aangeraden is en met materiaal dat door de docent verstrekt is. Soms kunnen leerlingen de volgorde van de taken of het tijdstip van werken beïnvloeden. De docent houdt zo tijd over om leerlingen individueel of in groepjes te begeleiden.

Onder **Zelfstandig Leren** verstaat men dat de leerling werkt aan zichzelf gestelde taken, op een zelfgekozen tijdstip, op een zelf gekozen bij haar of hem passende manier. Dit wel binnen het kader van de door de overheid opgestelde examenprogramma's en van de door de school vastgestelde organisatiestructuur. De docent is nu meer op de achtergrond aanwezig, houdt de voortgang en de toetsing in de gaten, stimuleert de leerlingen taken aan te pakken en begeleidt de leerlingen bij het terugkijken (reflecteren) op leerresultaat en leerproces.

In de praktijk van het studiehuis zullen allerlei tussenvormen van **Zelfstandig Werken** en **Zelfstandig Leren** voorkomen, waarbij leerlingen in de loop van hun schoolcarrière meer ruimte krijgen om zelf hun leren, met vallen en opstaan, vorm te geven. Al doende ontwikkelen ze studievaardigheden en leren ze steeds meer verantwoordelijkheid voor hun leren op zich te nemen.

Leerfuncties

Bij de discussie over hoe zelfstandig de leerlingen in onze lessen moeten/kunnen werken, is het handig uit te gaan van de leerfuncties van Simons en Boekaerts. Hier ging de Stuurgroep Tweede Fase ook vanuit.

Een leerfunctie is een taak, een functie die bij een optimaal leerproces vervuld moet worden, door wie of wat dan ook. (Zie tabel.)

Nu vervult de docent veel van de leerfuncties, maar bij het inrichten van onderwijs in de vernieuwde bovenbouw gaat het er om welke leerfuncties in welke mate overgeheveld worden naar leerlingen. Hoe traint de docent de leerlingen in het zelf vervullen van leerfuncties, waaronder het leren leren? Hoe wordt het onderwijs dan in de school georganiseerd, zodat de leerlingen min of meer zelfstandig aan de slag kunnen?

In onderstaande tabel is geprobeerd aan te geven wie in het geval van *Zelfstandig Werken* de leerfuncties vervult en welke leerfuncties in de loop van één of twee schooljaren *Zelfstandig Werken* richting leerling kunnen verschuiven.

Wie vervult de Leerfuncties en bij Zelfstandig Werken?

Leerfuncties	Vervuld door
Vorbereidingsfuncties	
• kiezen leerdoelen	ex.pr.
• verhelderen leerdoelen	lr + lm
• expliciteren van relevantie van leerdoelen	lr
• kiezen van leeractiviteiten	lr + lm ▶ ll
• planning maken en daarbij rekening houden met randvoorwaarden	lr ▶ ll
• inschatten van de leertijd	lr ▶ ll
• motiveren om inzet te leveren	ll (lr)
• aandacht richten op taak en afleiding voorkomen	ll (lr)
• besluiten aan de gang te gaan	ll (lr)
• activeren van voorkennis	lr + lm ▶ ll
• bevorderen van zelfvertrouwen	lr ▶ ll

Verwerkingsfuncties

• Begrijpen	ll
• Integreren	lr + lm ▶ ll
• Toepassen	ll

Regulatiefuncties

• bewaken of de leerstof begrepen is	ll (lr)
• bewaken of de leerstof onthouden wordt	ll (lr)
• tijd, concentratie en inzet bewaken	ll (lr)
• gebruik maken van feedback mogelijkheden	ll (lr)
• toetsen en beoordelen	lr + lm ▶ ll
• reageren op struikelblokken door heroriëntatie of hulp zoeken	ll (lr)
• leerproces beoordelen en het toeschrijven van (goede) resultaten aan functioneren van leerling	lr ▶ ll

ex.pr	examenprogramma
lr	leraar
ll	leerling
lm	leermiddel, boek
▶	kan in de loop van de periode van zelfstandig werken verschuiven naar
ll(lr)	leerling vervult de leerfunctie, de docent activeert, stimuleert

Leren en leren leren

In het onderwijs staat nu meestal het leren van vakinhouden centraal. Daarbij leert de goede leerling vaak onbewust studievaardigheden aan. Voor (zwakkere) leerlingen is het belangrijk dat studievaardigheden bewust en expliciet, en niet alleen in de studielessen, worden aangeleerd. Uit onderzoek blijkt dat het 'leren leren' effectiever is als het geïntegreerd in de vakles gebeurt. Eén van de voorbeeldwerkwijzers geeft aan dat de betreffende collega consequent bezig is met het aanleren van 'samenvattingen maken'. In een andere werkwijzer stond de vaardigheid 'plannen' centraal. Verder blijkt uit de meeste voorbeeldwerkwijzers dat leerlingen uitgenodigd worden de leerfunctie 'bewaken of de leerstof begrepen is' zelf te vervullen door de gemaakte opdrachten met behulp van uitwerkingen te corrigeren.

Kiezen van een aspect van Zelfstandig Werken

Uit de bundel voorbeeldwerkwijzers blijkt ook dat secties of scholen kiezen voor de aanpak van een bepaald aspect van ZW. Hierbij wordt dan feitelijk het verschuiven van een bepaalde leerfunctie richting leerlingen concreet uitgewerkt. Dit ook met de idee om niet alles tegelijk aan te pakken en het ZW in het studiehuis in de loop der jaren op te bouwen. Er wordt dan gekozen uit bijvoorbeeld:

- *Zelf werk nakijken* door leerlingen wordt in de meeste experimenten ZW toegepast. Hiertoe worden antwoordenboekjes van de uitgever gebruikt of worden zelf uitwerkingen gemaakt. Ook worden mappen met tips of hints per opgave gemaakt.
- *Zelf voortgang bijhouden* door leerlingen, door voorbeeld gemaakte opgaven in de werkwijzer af te vinken/door te strepen.
- *Zelf plannen* van leerlingen door een relatief open werkwijzer aan te bieden, waarin leerlingen de opgedragen taken zelf in kunnen passen.
- *Diagnostische toets*, eventueel met correctiemodel, ruim voor het einde van de periode ZW, die leerlingen zelf nakijken, waardoor leerlingen de leerfuncties 'reageren op struikelblokken' en 'leerproces beoordelen en toeschrijven van resultaten aan het eigen functioneren' min of meer zelf vervullen.
- *Vorbereiden van contacturen*, in een kolom van de werkwijzer is opgenomen hoe leerlingen zich op de (spaarzamere) contacturen moeten voorbereiden.
- *Hulpvraag uitstellen*, de leerlingen weten door middel van een stappenplan (in de werkwijzer of op een poster aan de muur) wat ze kunnen ondernemen alvorens ze met een (vakinhoudelijke) vraag bij de docent komen.

- *Voorkennis ophalen*, leerlingen leren, eerst met behulp van instapopdrachten/-toetsen, zelf bij het begin van een nieuw onderwerp/hoofdstuk hun voorkennis te activeren.
- *Oriënteren*, leerlingen leren, eerst met behulp van opdrachten van de docent, zich bij de aanvang van een nieuw onderwerp/hoofdstuk te oriënteren op taak en inhoud van dat hoofdstuk.
- *Samenvatten*, leerlingen maken, eerst begeleid door de docent, samenvattingen van de leerstof, die ze eventueel bij de toets mogen gebruiken.
- *Samenwerken*, in de periode van ZW worden momenten van samenwerkend leren ingebouwd.
- *Differentiatie*, door codering van de taakonderdelen in de werkwijzer kan er gedifferentieerd gewerkt worden. Niet iedereen hoeft alles of hetzelfde te doen.
-

Werkwijzers...

... of studiewijzers, studieplanners of periodeplanners (What is in the name?) worden gemaakt als hulpmiddel bij het Zelfstandig Werken. De werkwijzer maakt het onderwys (leerstof, taken, werkvormen, toetsing e.d.) transparant voor de leerling. Maar ook voor de docent zelf, die niet gewend is met planningen te werken. Daarnaast kunnen de individuele werkwijzers een rol in het sectieoverleg krijgen en krijgt de school als geheel meer overzicht op wat er van leerlingen in een bepaalde periode gevraagd wordt.

Een werkwijzer geeft een planning van of route door de leerstof. Het 'wie doet wat, waar en wanneer' is erin meer of minder strak geregeld. Soms worden er ook suggesties voor het 'hoe' (aanwijzingen, tips) gegeven.

Leerstof en toetsing plannen

De leerstof (inclusief practicum/onderzoek) uit het boek voor de periode van Zelfstandig Werken kan nog eens kritisch bekeken worden. Moet alles wel gedaan worden? Kunnen er onderdelen of opgaven/opdrachten geschrapt worden? Of kan er worden gecomprimeerd? Of kunnen onderdelen of opdrachten gecodeerd worden als kernstof en extra stof of als verplicht en facultatief? Of kunnen (practicum)opdrachten over (groepjes) leerlingen verdeeld worden, waarna de resultaten aan elkaar gepresenteerd worden?

Of moeten er bij dit onderwerp juist extra opdrachten aangeboden worden of leent dit onderwerp zich goed voor een alternatieve werkvorm zoals computergebruik, (open) onderzoek, excursie, projectje met ander vak of iets dergelijks.

Daarnaast moet de toetsing gepland worden. Is er alleen een eindtoets, zijn er ook so-tjes, is er halverwege (of later) een diagnostische toets, kijken de leerlingen deze zelf na en verbinden ze aan het resultaat ook zelf conclusies? En hoe telt dat alles mee in het rapportcijfer?

Stappenplan voor het maken van een werkwijzer

1. Plan de leerstof (inclusief practicum) en de toetsing. (Zie boven.)
2. Stel vast waar klassikale instructie/practicum nodig is en wat leerlingen zelfstandig kunnen doen.
3. Verdeel dit over de beschikbare lessen, huiswerktijd en vrije werkuren.
4. Ga na waar of wanneer 'werk van leerlingen' klassikaal besproken moet worden. Eventueel ook waar 'de manier van werken' besproken wordt.
5. Kies het aantal kolommen dat nodig is voor de werkwijzer. (Dit wordt mede bepaald door de visie op ZW van de school of sectie of is al door de school bepaald.)
6. Vul de tabel per les of per week of per twee weken in, al naar gelang hoe strak de planning moet zijn en hoeveel ruimte de leerlingen krijgen om zelf te plannen. Houdt één of twee lessen vrij voor uitloop of vragenuurtje.
7. Ga na welk materiaal er nog verder moet komen om de periode van ZW goed te laten verlopen. Zoals bijvoorbeeld antwoorden/hints/uitwerkingen, practicumvoorschriften, extra opdrachten, diagnostische toetsen (met correctiemodel) e.d.

Tot slot

Bij het invoeren van ZW in het studiehuis gaat het in hoofdzaak om:

1. *Loslaten*, docenten moeten leerlingen meer ruimte geven om hun leren zelf in te vullen, ook al werken de leerlingen dan niet op een wijze die de docent het best lijkt.
2. *Heldere instructie*, meer dan ooit tevoren is het bij ZW noodzakelijk om (met behulp van de werkwijzer) duidelijk aan te geven wat er van de leerlingen (per les, per week, per periode) verwacht wordt.
3. *Interactie*, bij effectief leren is interactie tussen lerenden onderling en leerlingen en leraar essentieel. Nieuw ontwikkelde denkbeelden moeten aan anderen getoetst worden. De dialoog tussen leerlingen en met de docent moet ook in het studiehuis bewust georganiseerd worden. Discussie, onderwijsleergesprek, samenwerkingsopdrachten, presentaties, werkbesprekingen zijn manieren om de dialoog gestalte te geven. Klassikale momenten zijn dan ook zeker niet uit den boze.
4. *Reflecteren*, behalve op leerproduct zal er in het studiehuis ook gereflecteerd moeten worden op het leerproces. Hoe zijn de resultaten tot stand gekomen? Hoe kan het volgende keer anders, beter? Tegelijkertijd moeten docenten, secties, scholen, meer dan ze gewend zijn, reflecteren op de invulling die ze aan hun onderwijs geven.

Zelfstandig leren, nieuwe vaardigheden dat kan niet in de onderbouw

Werkgroep 12

I. Bergsma



Zelfstandig leren moet in de bovenbouw, de tweede fase, een belangrijke rol gaan spelen. Ook in de onderbouw kan daarin geoefend worden. Op het Bornego College, lokatie Joure, heeft men een nieuwe werkwijze ontwikkeld waarin leerlingen van vbo/mavo, mavo en havo/vwo al vanaf het tweede leerjaar worden geconfronteerd met zelfstandig werken en leren. Het Bornego College heeft voor deze nieuwe opzet gekozen omdat na de invoering van de basisvorming bleek dat leerlingen natuur/scheikunde vaak een moeilijk vak vinden, waardoor het vak met minder plezier wordt gevolgd.

Docenten bleken tevens moeite te hebben om alle leerstof te behandelen en er was weinig sprake van vernieuwing. In de nieuwe opzet werken de leerlingen in groepjes van vier. Iedere leerling heeft binnen de groep een duidelijk omschreven taak. Er is een groepsaanvoerder die verantwoordelijk is voor de voortgang van de groep en fungeert als aanspreekpunt, een schrijver die de groepswerkkaart bijhoudt en de groepsverslagen schrijft, een materiaalbeheerder die verantwoordelijk is voor de materialen bij het practicum en een manus die de overige taken binnen de groep vervuld en waar nodig kan invallen. Bij het begin van een nieuw hoofdstuk wisselen de leerlingen van groep en van functie. Iedere groep heeft een groepsboek waarin uitleg staat over de werkwijze en informatie over welke proeven er gedaan moeten worden en waar verslagen over gemaakt moeten worden. Verder zitten er antwoordbladen in en eventueel informatie over een speciale groepsopdracht. Tenslotte zit er in het groepsboek de groepswerkkaart waarop de schrijver vermeldt wat er in de les wordt gedaan en wat er thuis wordt gedaan.

Het Bornego College heeft bij deze nieuwe opzet voor de methode 'Mix' van Wolters Noordhoff gekozen vanwege de overzichtelijke structuur. De werkwijze is volgens de bedenkers echter niet methode gevoelig.

'Mix' bevat negen hoofdstukken en elk hoofdstuk heeft vier paragrafen van elk twee lessen. Binnen die acht

lessen vindt ook het proefwerk plaats. De groep mag binnen een hoofdstuk zelf het werk over de lessen verdeelen. Ze zijn alleen gebonden aan een beperkt aantal proeven dat binnen een blok van twee weken gedaan kan worden. Dit voorkomt dat tijdens de lessen het materiaal van alle proeven uit het hoofdstuk in de klas klaar moet staan. Iedere les heeft een duidelijke structuur voor de leerlingen. De les begint met een starter. Zo'n starter duurt ongeveer 10 minuten, is klassikaal en kan bestaan uit een demonstratie proef, een stukje video of een theoretische uitleg bij het hoofdstuk. Vervolgens wordt er ongeveer 25 minuten groepswerk of practicum gedaan. Dit is de kern van de les. Binnen die tijd kunnen de leerlingen ook vragen maken of nakijken, verslagen schrijven of het proefwerk leren. Ook kan een speciale groepsopdracht worden voorbereid of uitgevoerd. Bij deze groepsopdracht staan de nieuwe vaardigheden van de basisvorming centraal. Leerlingen moeten bijvoorbeeld een poster maken over het hoofdstuk of een werkstuk of ze houden een interview met een beroepsoefenaar die past bij het thema van het hoofdstuk en daarbij een presentatie voor de klas. Daarbij beoordelen de groepen elkaar. De les wordt klassikaal afgesloten.

Er worden dan afspraken voor de komende lessen of het thuiswerk gemaakt of er worden knelpunten besproken. Voor de beoordeling worden er groepscijfers gegeven voor de groepsverslagen, de speciale groepsopdracht en het bijhouden van de groepskaart. Elke leerling krijgt ook individueel cijfers voor de soloverslagen en voor het proefwerk.

De evaluatie van deze werkwijze leidt tot de conclusie dat de voorbereiding van een hoofdstuk wel veel tijd kost en ook het nakijken van alle verslagen is voor de docenten tijdrovend. De leerlingen zijn echter veel actiever en meer betrokken bezig en de tot nu toe behaalde resultaten zijn goed. Kortom zelfstandig leren ... dat kan en *moet*, zeker ook in de onderbouw!

Voor meer informatie over deze nieuwe werkwijze in de onderbouw kun je terecht bij Ines Bergsma van het Bornego College in Joure, tel.: 0513 413765.



Kan de computer het zelfstandig werken bevorderen?

Werkgroep 13

I. de Bruijn



Een vijftal docenten in Twente, allen experimenterend met lesvormen die in de richting van het Studiehuis gaan, werkt sinds een jaar samen in een mini-netwerkje, onder begeleiding van de lerarenopleiding van de Universiteit Twente. Alle docenten werken met dezelfde leergang (Middelink), waardoor het mogelijk was enkele materialen gezamenlijk te ontwikkelen en uit te testen. Twee soorten materialen zijn in de werkgroep getoond en bediscussieerd: boekjes met tips en half uitgewerkte vraagstukken, en 'op de computer uitgewerkte vraagstukken'. Het gaat dus voorlopig om ondersteunend materiaal bij het vraagstukken maken, maar het zou wenselijk zijn in dit verband ook iets te doen aan materiaal bij het (uitwerken van) experimenteel werk.

De tips en half uitgewerkte vraagstukken ('completeringsproblemen') zijn langzamerhand tot een routine geworden. Meestal worden ze gebruikt in combinatie met klassemappen, waarin de volledige (?) uitwerking is te vinden. Aangetoond is dat het de zelfwerkzaamheid vergroot en dat leerlingen langer doorgaan met de zelfstandige leeractiviteit als ze de beschikking hebben over dergelijke tips. Sommige docenten zijn huiverig voor het 'weggeven' van de oplossingen of stukjes ervan, denkend dat de leerlingen daardoor te gemakkelijk over de taak gaan denken. In de evaluaties bij het gebruik van de 'boekjes' is daarvan nauwelijks iets gebleken: op de vraag 'of ze de vraagstukken eerst zelf proberen' antwoordt 95% van de leerlingen bevestigend. Te verwachten is ook dat de resterende 5% helemaal niets zou hebben gedaan, als ze het opstapje niet bij de hand zouden hebben gehad. Een verder argument vóór het gebruik van tips is dat faalangstige leerlingen minder snel afhaken dan in de situatie waarbij zij een moeilijk vraagstuk helemaal zelf moeten doen. Uit evaluaties blijkt overigens ook dat ca. 25% van de leerlingen de boekjes niet erg op prijs stelt, waarschijnlijk omdat de uitdaging van de opgave daarmee wordt weggenomen.

De vraag is nu hoe de computer nog iets kan toevoegen aan de hierboven geschetste praktijk.

Een viertal vraagstukken is 'in de computer gezet' en leerlingen zijn uitgenodigd de uitwerking met behulp hiervan te bestuderen. Een eerste voordeel is dat er kleine vraagjes tussendoor kunnen worden gesteld, waardoor de leerling actief wordt gehouden tijdens de bestudering. Een tweede voordeel zijn de alternatieve wegen die door het vraagstuk kunnen worden gemaakt. Dat start bij het begin van het vraagstuk, waarbij de leerling kan kiezen voor 'uitgebreide uitleg' of 'korte uitleg', of zelfs voor een optie als 'alleen onderdeel d'. Ook komt het voor met een vraag als 'wil je dat uitgebreider toegelicht hebben' waarop gekozen kan worden voor 'ja, graag meer toelichting' of 'neen, ga maar door'.

Andere voordelen van het gebruik van de computer zijn de eenvoudige mogelijkheid tot bijstelling en foutcorrectie (je hoeft geen drukwerk overnieuw te doen), de in kleur uit te voeren figuren en uiteraard de aangepaste feedback bij foute antwoorden op vragen.

Er zijn ook een aantal zwakke punten. Het voornaamste is wel dat een computer veel minder toegankelijk is dan een boekje. Een ander zwak punt is het feit dat de computer nu de docent gaat vervangen op precies het punt waar deze het sterkste is, bij het geven van op de leerling aangepaste hulp bij het werk. Hoewel, diverse docenten verklaren dat zij in een zelfstandig werkende klas handen, oren en ogen tekort komen om iedereen op maat te bedienen, zodat het overnemen van deze functie door een computer toch niet onwelkom is. Een verder nadeel is de ontwikkeltijd die aan computer-uitwerkingen is verbonden: per vraagstuk toch wel zo'n 20 uur, en dan praten we nog over een ingewerkte auteur die gebruik maakt van een optimaal werkende 'ontwikkelomgeving'. De meeste tijd gaat daarbij zitten in het ontwerpen van de 'opzet' en het maken van teksten en figuren.

De computer in de geschetste setting kan echter ook een aantal extra's leveren, die het gebruik in de praktijk, bij het zelfstandig werken aan vraagstukken, economisch haalbaar zouden kunnen maken. In de eerste plaats valt daarbij te denken aan de functie 'zelftest', die juist met de computer goed uitvoerbaar zou kunnen zijn. Dat zou zowel aardig zijn voor de betere, vlotte leerlingen: 'als je wilt weten of je dit hoofdstuk beheerst, doe dan het extra vraagstuk op de computer eens'. Maar ook de middelmatige leerling zou er iets aan kunnen hebben, bijvoorbeeld een diagnostische zelftoets over de basiselementen van een hoofdstuk, die in afzondering ('veilig') kan worden gemaakt en die tips oplevert over zaken die misschien nog eens dienen te worden nagekeken.

Een andere lijn, waarin we verder willen werken, is het verwerken van tips over aanpak van vraagstukken in de computeruitwerking. Daarbij wordt niet zozeer gedacht aan een al te radicale SPA-aanpak, waarbij bijvoorbeeld gedwongen de fase van het oriënteren wordt doorlopen voordat je -volgens leerlingen- 'echt aan het vraagstuk mag beginnen'. Het gaat eerder om een vaststelling als 'als je nu niet weet hoe je verder moet, dan dien je je af te vragen of je het vraagstuk wel goed voor ogen hebt: heb je b.v. wel een duidelijke eigen figuur gemaakt?' Ook denken we, en er zijn al voorbeelden van ontwikkeld, dat de zo leerzame 'terugblik' goed in een computeruitwerking kan worden meegenomen.

Aan de deelnemers bij de werkgroep werd de volgende vraag voorgelegd:

Zouden wij een uitgever, die een nieuwe leergang natuurkunde op de markt gaat brengen, toegesneden op 'studie-huis-ideeën', adviseren daarbij een pakket uitgewerkte vraagstukken op-de-computer te gaan leveren? Zo ja, in welke richting zou dan gedacht en gewerkt moeten worden?

Deze vraag werd, zoals te verwachten was, niet met een duidelijk 'ja' of 'nee' beantwoord. De leergang zou wel duurder moeten worden, en dat zou al snel een probleem kunnen worden. Men is van mening dat er van zo'n vraagstuk ook een uitwerking-op-papier zou moeten zijn, opdat de leerling het niet van het scherm hoeft over te schrijven.

De mogelijkheid van een zelftoets per computer werd wel algemeen positief beoordeeld.



Quantum Mechanics: de visualisatie van fascinerende quantum fenomenen

Werkgroep 14

K. Michielsen



Het onderwerp van de werkgroep was het multimedia boek 'Quantum Mechanics', een computerprogramma waarin de resultaten van verschillende gedachtenexperimenten uit de quantum mechanica worden weergegeven met behulp van computeranimaties die begeleid worden door korte teksten. Het doel van de werkgroep was om na te gaan of er interesse vanuit het middelbaar onderwijs bestaat om quantum mechanica te introduceren in het natuurkunde-onderwijs en of 'Quantum Mechanics' daarbij gebruikt kan worden als didactisch materiaal.



Fig. 1: Titelpagina van het multimedia programma 'Quantum Mechanics'

1. Inleiding

Na 1930 zijn de meeste fysici het eens geworden dat de quantum theorie een correcte beschrijving geeft van wat

zich op microscopische schaal afspeelt. Essentieel in de quantum theorie is dat licht quanta (fotonen), elektronen en atomen zich soms gedragen als deeltjes en soms als golf. Deze dualiteit (deeltje-golf karakter) kan experimenteel aangetoond worden door middel van het twee-spleten experiment. Dit experiment en vele andere worden behandeld in het programma 'Quantum Mechanics'.

2. Multimediaprogramma 'Quantum Mechanics'

Het multimediaprogramma 'Quantum Mechanics' heeft de structuur van een boek en is (voorlopig enkel) geschreven in het Engels. In het multimediaboek worden, in tegenstelling tot de bestaande literatuur over quantum mechanica, geen moeilijke wiskundige berekeningen gemaakt. De resultaten van verschillende (gedachten) experimenten worden weergegeven met behulp van computeranimaties die begeleid worden door korte teksten en verhelderende tekeningen. De teksten zijn geschreven in een groot letterformaat zodat het programma ook getoond kan worden aan een hele klas door middel van projectie. De computeranimaties (zie voor een voorbeeld in fig.2) worden aangeleverd in de vorm van filmpjes die op elk gewenst ogenblik stopgezet of teruggespoeld kunnen worden. In het boek worden onder andere de volgende onderwerpen behandeld: het vrije deeltje, de beweging van een deeltje in een elektrisch of in een magnetisch veld, tunneling, het twee-spleten experiment, het Aharonov-Bohm experiment, het Stern-Gerlach experiment, en nog veel meer.

Het doel van het programma is om de gebruiker de principes van de quantum mechanica aan te leren en de gebruiker stap voor stap zijn 'quantummechanische intuïtie' te laten opbouwen net zoals hij die reeds ontwikkeld heeft voor de klassieke mechanica.

Als potentiële gebruikers zien wij scholieren van het

laatste jaar vwo en hun docenten, universiteitsstudenten en iedereen die geïnteresseerd is in quantum mechanica maar niet onmiddellijk de wiskundige theorie achter de quantum mechanica wil doorgronden.



Fig.2: Voorbeeld van een computeranimatie uit het multimedia programma 'Quantum Mechanics'.

3. Quantum Mechanics in het middelbaar onderwijs

Hoe denken wij dat het programma 'Quantum Mechanics' kan worden gebruikt in het middelbaar onderwijs?

Bestaande tekstboeken over quantum mechanica zijn meestal te moeilijk en wiskundig. Bovendien wordt er in de boeken relatief weinig aandacht besteed aan de (gedachten)experimenten binnen de quantum mechanica. Die experimenten zijn dan in het algemeen ook moeilijk uitvoerbaar. Maar met behulp van het multimediatekstboek 'Quantum Mechanics' kan de docent toch resultaten van experimenten laten zien die binnen de vier muren van een vaklokaal niet kunnen worden uitgevoerd.

Quantum mechanica zou kunnen worden ondergebracht bij de lessen moderne natuurkunde. Het multimedia programma zou kunnen worden gebruikt als demonstratiemateriaal en dit ofwel als introductie op de leerstof ofwel juist als afsluiting van de leerstof nadat de kernbegrippen van de leerstof behandeld zijn. De leerstof zou kunnen bestaan uit een kort overzicht van het ontstaan van de quantum theorie, waarom de theorie geïntroduceerd is en uit het beschrijven van enkele experimenten en fenomenen uit de quantum mechanica. Het programma 'Quantum Mechanics' zou echter ook kunnen worden gebruikt binnen het kader zelfstandig leren/werken of voor het maken van een zelfstandige onderzoeksopdracht. Bij het gebruik van het programma binnen het kader zelfstandig leren/werken raden wij het gebruik van kijkvragen bij het gebruiken van het programma sterk aan. Deze vragen richten de aandacht van de leerling op de hoofdzaken en voorkomen een vrijblijvend karakter van het bekijken van het programma. Door het zelf ontwerpen van de kijkvragen kan de docent het programma op de leerlingen afstemmen.

4. Tunneling

In de werkgroep werd als voorbeeld het onderwerp tunneling behandeld. Wij hebben het volgende gedachtenexperiment uitgevoerd: stel dat twee identieke elektronen een zelfde afstand moeten afleggen, maar dat het eerste elektron een potentiaal barrière tegenkomt op zijn weg naar de eindstreep en het tweede elektron niet. De twee elektronen beginnen te bewegen op hetzelfde tijdstip. Welk elektron haalt het eerst de eindstreep of komen de elektronen tegelijkertijd aan?

De deelnemers aan de werkgroep konden deze vraag beantwoorden door ofwel een blauw papiertje (voor het elektron dat een potentiaalbarrière tegenkomt), ofwel een oranje papiertje (voor het elektron dat vrije doorgang heeft), ofwel beide papiertjes in de lucht steken. De meningen waren verdeeld. De meesten staken het oranje papiertje in de lucht gevolgd door diegenen die beide papiertjes in de lucht staken. Als wij niet al te diep nadenken wij inderdaad dat het elektron dat geen barrière tegenkomt het eerst aankomt. Dit antwoord is echter gebaseerd op onze klassieke intuïtie. Klassiek gezien zou de potentiaal barrière een hindernis voorstellen. Hindernissen moeten overwonnen worden door ze te omzeilen of door erover te klimmen. Dus, hindernissen vertragen de aankomst aan de eindstreep. Quantummechanisch echter heeft het elektron de mogelijkheid om door de barrière te tunnelen. Dit werd geïllustreerd aan de hand van een computeranimatie uit het multimediatekstboek 'Quantum Mechanics'. Het elektron wordt voorgesteld door een Gaussisch golfpakket met een gemiddelde energie die lager is dan de potentiaalbarrière. De potentiaalbarrière werkt als een soort filter: de momenta loodrecht op de barrière die het grootst zijn worden eruit gefilterd. Hierdoor wordt de gemiddelde energie van het elektron dat door de barrière getunneld is groter en zal het dus ook sneller de eindstreep bereiken dan het elektron dat geen potentiaalbarrière op zijn weg is tegengekomen.

5. Evaluatieformulier

Na een korte inleiding over het gebruik van het programma konden de deelnemers zelf het programma bekijken. Opmerkingen en suggesties over het programma konden zij kwijt op een evaluatieformulier. Alle deelnemers die hun evaluatieformulier ingeleverd hebben, vinden het programma gemakkelijk te bedienen en vinden de lay-out goed tot prima.

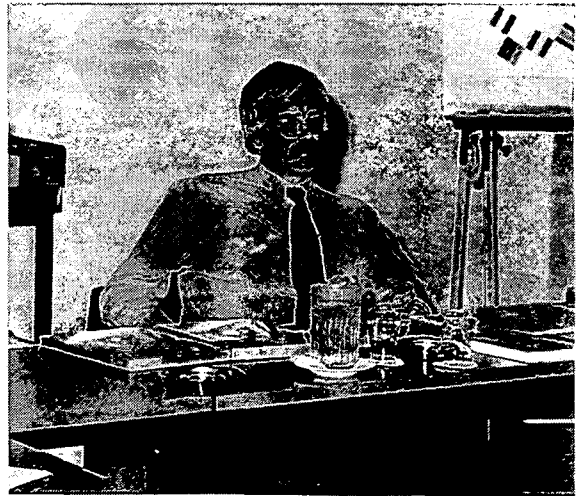
De meeste deelnemers vinden dat het multimediatekstboek 'Quantum Mechanics' kan worden gebruikt als demonstratiemateriaal in de klas. Over de mogelijkheid om de leerlingen er zelfstandig mee te laten werken zijn de meningen verdeeld. Volgens de meeste deelnemers mag de Engelse taal geen probleem opleveren voor de leerlingen van het laatste jaar vwo.



Het profielwerkstuk

Werkgroep 15

H. Joosten



Binnenkort moeten alle leerlingen in de Tweede Fase van het V.O. een profiel kiezen. Als onderdeel van het schoolexamen moet elke leerling, meestal samen met een medeleerling, een profielwerkstuk (pws) maken. Kenmerken van een pws zijn een studielast van 80 uren en vakkenintegratie: bij het onderzoek moeten minstens twee vakken uit het profiel worden geïntegreerd. Het pws moet minimaal de score 'voldoende' krijgen. Bij een onvoldoende resultaat moet de onderzoeksgroep als onvoldoende beoordeelde delen van het onderzoek of verslag zodanig verbeteren dat er uiteindelijk een voldoende resultaat uit de bus komt. Pas bij een positief afgerond pws mag de kandidaat deelnemen aan het centrale examen.

In de werkgroep is eerst de stand van zaken verteld van het Netwerk PWS, waarin vier scholen de totstandkoming van het pws uitproberen. Als Citomedewerker begeleid ik twee scholen bij het profiel Natuur & Gezondheid. We zijn nu bezig met het opzetten van een stappenplan. Dat kan er als volgt uit gaan zien:

1. *oriëntatiefase (5 slu)*: uitreiken informatieboekje; kiezen van een partner; opstellen van 3 onderzoeksvragen met subvragen; eerste inlevermoment: onderzoek-formulier.
2. *keuzefase (5 slu)*: in overleg met de begeleider wordt één van de onderzoeken gekozen. Daarna vindt literatuur-onderzoek plaats.
3. *werkplanfase (5 slu)*: opstellen van een plan van waarnemingen en metingen; benodigdhedenlijst en tekening van opstelling(en); tweede inlevermoment: werkplan-formulier.
4. *uitvoeringsfase (40 slu)*
5. *verslagfase (25 slu)*.

Het tweede deel van de werkgroep werd er gediscussieerd over een aantal stellingen. De neerslag van die discussie geef ik hierna kort weer.

- Er zal op de scholen meer afstemming en contact moeten zijn tussen de verschillende secties van de profielvakken.
- Er zal een norm moeten komen, uitgedrukt in 'aantal woorden', wat betreft de omvang van het verslag van een pws.
- Een pws moet door twee docenten beoordeeld worden omdat het onderzoek op het terrein van (minstens) twee vakken ligt.
- Elke leerling moet vooraf inzage krijgen in de checklist die gebruikt wordt voor de beoordeling van het pws.
- Het formuleren van onderzoeksvragen en het doen van kleinschalige onderzoekjes moet in de eerste fase (onderbouw) al mondjesmaat worden aangeleerd.
- Er moet een handzaam boekwerkje komen waarin elke leerling zelfstandig kan lezen hoe men een werkstuk maakt.
- De aanwezige docenten zijn niet bang voor plagiaat bij de onderzoekers. Door tussentijdse gesprekken en het houden van een nagesprek is de authenticiteit goed beoordeelbaar.
- De invoering van het pws betekent de doodsteek voor het huidige exo.
- Er is behoefte aan een 'leerlingen-lab' op de scholen waar proefopstellingen enige weken opgebouwd kunnen blijven staan.
- Volgens de Arbo-wet moet er steeds een toa of leraar aanwezig zijn bij experimenterende leerlingen. Hoe lossen we dat op?
- Het uitvoeren van een pws is geen toets maar een leer-moment.
- Op de vervolgoopleidingen wordt het bijhouden van een logboek vereist. Dat moeten wij dus ook maar eisen.
- De invoering van het pws betekent een toename van de taakbelasting van leraren.

Interactieve werkgroepen mechanica of "Leren leren" van een moeilijk vak

Werkgroep 16

E. Carette



In deze workshop werd een procesgerichte onderwijsvorm voorgesteld, met de naam Interactieve WerkGroepen (IWG). Deze werkgroepen kaderen in een ruimer begeleidingsprogramma opgezet door het Zelfstudiecentrum van de Faculteit Wetenschappen van de Vrije Universiteit Brussel voor de eerstejaars. Deze begeleiding omvat onder meer diagnose van voorkennis en leerstijl ('Inventaris Leerstijlen', Van Rijswijck&Vermunt), interviews, bijsturingssactiviteiten na de tentamens. Meer bepaald worden studenten die spontaan weinig geneigd blijken tot diepteverwerking van de leerstof en een beperkte controle over hun eigen leren aan de dag leggen, aangeraden om aan de IWG o.a. voor het vak mechanica deel te nemen (6 sessies). IWG worden ook voor de andere basisvakken in exacte wetenschappen parallel aan, maar zeer nauw verbonden met een aantal in het reguliere onderwijs gedoeerde cursussen (natuurkunde, wiskunde, scheikunde, biologie) georganiseerd.

In de workshop kwamen volgende kenmerkende elementen van IWG mechanica aan bod.

Motivatie

De wijze waarop studenten leren (leeractiviteiten en sturing) hangt sterk af van hun motivatie (persoonlijk geïnteresseerd of eerder extrinsiek). Als IWG-begeleider tracht ik hier op in te spelen door hen vragen te leren stellen bij topics in andere vakken, berustend op natuurkundige principes, bv. heb je je in de biologie cursus wel eens afgevraagd waarom de menselijke hersenen met hun 1.5 kg niet doorpriemd worden door het ruggemerg?, iets wat niet aan bod komt in dat vak zelf. Nochtans werpen dergelijke problemen een levendig licht op natuurkundige principes (hier: Archimedes), anders dan veel klassiek afgebakende maar volstrekt onnatuurlijke schoolse situaties. En het hoeven niet steeds technologisch getinte

voorbeelden te zijn om uitdagend te wezen ! Het gaat hem erom dat studenten zelf prikkels kunnen leren zoeken in andere vakken om gemotiveerd te raken voldoende diepteverwerking van de natuurkundestof aan de dag te (willen, dan kunnen!) leggen, een vak dat toch zijn neerslag krijgt in een wiskundig (en dus veel te gedetailleerd) formalisme om slechts oppervlakkig mee om te springen. Voorbeelden zijn legio, aan inspiratie kan het dus moeilijk ontbreken.

In wat volgt omschrijf ik welke mechanica-typische leeractiviteiten nu voor diepteverwerking essentieel zijn, zonder dat ik echter volledig beweer te zijn. U zal merken dat leeractiviteiten voor het verwerken van dit vak geschoeid zijn op de manieren waarop men "denkt en werkt" in dit vak, zodat een grondige bezinning hierover een eerste aanloop kan genoemd worden naar een leerproces-gerichte natuurkunde-didactiek.

Kritische analyse - definities van begrippen

Wiskundige voorstellingen van begrippen moeten tot leven geroepen worden. Ze hebben steeds een mentale inhoud, die vooral wanneer je deze in woorden formuleert, uitdrukken wat deze begrippen in de menselijke geest voorstellen, en ook niet. Lees de geschiedenis van je vak er maar eens op na. De opbouw van concepten is een vaak lange en moeizame weg gebleken. En...kinderen kunnen ook niet van bij de geboorte lopen, zelfs in onze geavanceerde beschaving niet! De vaak dubbelzinnige (maar toch gebruikte!) alledaagse termen en benamingen in fysica blijken juist interessant (Hemel, stichten we dan voor de leerlingen opzettelijk verwarring ? Neen toch, ik denk dat fysici voor dat taalgebruik misschien redenen hebben...). Neem bijvoorbeeld het concept 'gemiddelde snelheid', waarbij de algebraïsche definitie

$$v_{gem} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1 \text{ dim})$$

vaak spontaan vergeten wordt en plaats ruimt voor het 'common sense' maar meestal verkeerde

$$v_{gem} = \frac{v_{begin} + v_{eind}}{2}$$

'Gemiddelde' wordt zo ongenueanceerd herleid tot 'rekenkundig gemiddelde', daar waar de natuurkundige bedoelt: "d'e constante snelheid die het lichaam zou hebben moest het op uniforme wijze ...". Het laten verbaliseren en confronteren van dergelijke onbewuste maar ook vaak niet doordachte voorstellingen van leerlingen kan al een heleboel misconcepties vermijden denk ik. Verder spelen notatieverschillen ook een niet te onderschatten rol; ze vertolken vaak verschillen in zienswijze/gebruikswijze van het betreffend begrip. Bv. waarom schrijf je nu eens

$$v(t) = \frac{dx}{dt} \quad \text{dan weer} \quad \dot{x}(t),$$

en niet steeds hetzelfde? Voor veel leerlingen is dit gewoon één potje nat, zonder veel betekenis(verschillen).

Relateren

Bovenop de begripsinhoud zijn de wiskundige voorstellingen zelf een uitgelezen bron van 'soepel' denken, omdat één voorstelling wiskundig altijd kan gekoppeld worden aan andere, bv. algebraïsche evenredigheid met lineaire grafieken en uniformiteit. De voorstelling van de uniforme beweging is dus echt een springplank voor de beschrijving voor vele latere, meer abstracte uniforme processen in de natuurkunde (en zelfs als ze niet uniform blijken, dan ga je toch altijd kijken of de variatie misschien niet uniform is). U als natuurkundedocent moet die consistente en wederkerige denkpatronen voor uw leerlingen expliciet zichtbaar maken en ze die zelf laten hantieren. Trouwens het werken met verschillende wiskundige voorstellingen (die heus niet per se ingewikkeld hoeven te zijn) maakt juist de deductieve kracht van natuurkunde mogelijk. Schema's met de meeste voorkomende voorstellingketens kunnen bv. door de leerlingen opgesteld en bij de hand gehouden worden, en eens naar een nieuwe situatie zelf vertaald worden. Docenten kauwen dikwijls dergelijke gedachtingen voortdurend opnieuw voor (maar helaas impliciet, nu eens volledig, dan weer minder) bij verschillende onderdelen, zonder de analogieën bloot te leggen of de leerlingen zelf dat proces eens te laten doorlopen, zodat deze delen van de stof los van elkaar blijven en gememoriseerd worden. Hoe inefficiënt toch...

Structureren - overkoepelend modellen

Een goede vakstructuur moet een weerspiegeling zijn van deze modellen (in mechanica zijn dat het bewegingsprincipe annex energieprincipe) in toenemende mate van detail. Een goed voorbeeld van mechanica structuur vind je bij

Reif & Heller¹⁾. Het topniveau bevat het denkmodel in woorden, de elementen daarin worden dan verder uitgewerkt in meer detail. Het diepste niveau bevat uiteindelijk de basisbestanddelen van de mechanica in de vorm van vergelijkingen. Het cruciale is dat je met de studenten aan deze kennisbestanddelen informatie en adviezen leert vastknopen, zodat de wiskundige detailinformatie bruikbaar is (en niet versteent), terwijl ze steeds met de overkoepelende structuur blijven werken. Bv. als je het energieprincipe $\Delta E_{mech} = W_{res}$ gebruikt, wat zijn de doelen die je hiermee nastreeft?, leren anticiperen welk soort informatie je dat kan opleveren, wat zit er allemaal (niet) verrat in de leden?, in welke explicietere vorm kan je dit gieten opdat het nog algemeen bruikbaar is? Vragen dus die je tot reflex moet maken en bij de hand moet hebben wil je zinnige beslissingen kunnen nemen in oefeningen. Ook hier is het bijzonder nuttig de studenten steekkaartjes te laten maken met deze uitgewerkte kennisbestanddelen, en ze deze extensief te laten gebruiken in prototype situaties. Je zou deze activiteiten ook kunnen opvatten als "bodembewerking en -verbetering" voor probleemoplossingen.

Concretiseren - prototypen

Kan je mooi verweven in het voorgaande, door de leerlingen de gestructureerde kennisbestanddelen te laten enten op rechthoekige bewegingen, cirkelvormige bewegingen en paraboolbaan, die samen de basis vormen voor de meer complexe bewegingen. Hier wordt dus geoefend met de formele analogieën en eenvormigheid in de beschrijving van deze basissituaties (ontlasting van het geheugen!).

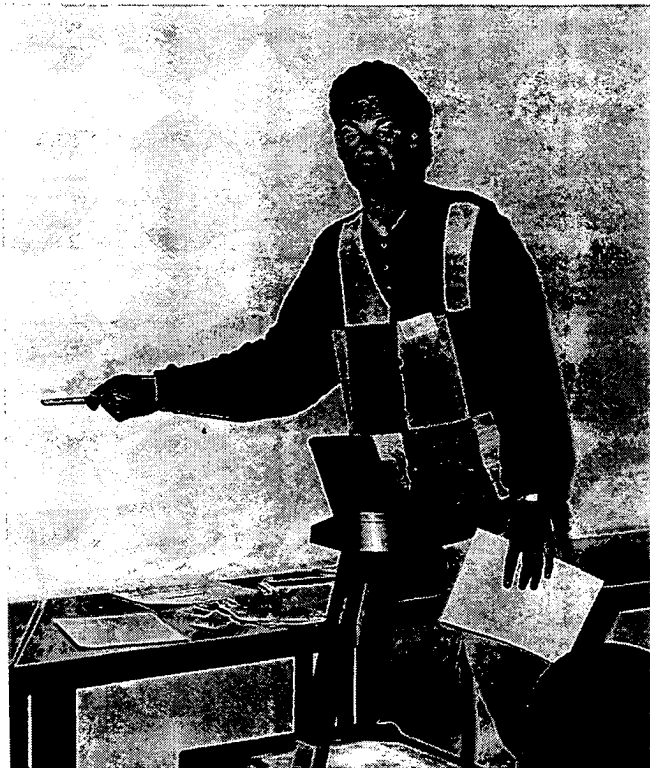
Kritische zin, motivatie, taalvaardigheid

Werken met een gelaagde vakstructuur mag niet (en het gevaar is groot) enkel theorie blijven: confrontatie met de dagelijkse perceptie moet regelmatig opnieuw plaatsvinden, opdat de leerlingen niet 'in slaap vallen' in het formalisme, en dit juist door hen hierbij vragen m.b.t. de realiteit te leren stellen. En met deze realiteit hebben de leerlingen letterlijk voeling, zodat mechanica opnieuw een uitgelezen kans biedt voor het ontwikkelen van deze vaardigheid (moeilijker bij elektriciteit, vanwege de veel beperktere ervaringen hiermee). Het is zeer nuttig bij het begin een hele reeks concrete bewegingen (looping, kermismolen, roetsjbaan, je zegt maar) te inventariseren waarin de leerlingen wellicht een heleboel verschillen percipiëren (laat ze dat ook doen). Nadien moet dan de brug met de eenvormigheid van de verklaring in termen van mechanica verstevigd worden. Een bijzondere soort vragen heeft een "kennis in vraag stellend" doel: waar klopt de perceptie (op het eerste zicht) niet met de voorstelling en hoe komt dat (slechte observatie? of verkeerde voorstellingen?...). Hier is wellicht een plaats voor het experiment als toetsing en aanscherpen van kritische zin aangewezen (dus nadat vragen leren gesteld worden), daar waar traditioneel proeven gebruikt worden om begrippen in te leiden (dikwijls vooraleer leerlingen ook maar een vraag kunnen stellen of zelf het probleem inzien, en passi-

viteit dus onontkoombaar is). Een andere soort vragen doelt op het speuren naar benaderingen en vereenvoudigingen, die er steeds zijn wil je een model aan de realiteit kleven (dit soort kennis wordt meestal volledig obscuur gehouden !). Bovendien is het stellen van vragen en de band terug leggen met de ervaring, juist vanwege het belang van verbaliseren (zie boven) een uitstekende gelegenheid om expliciet te oefenen aan een goed taalgebruik (bv. voorwerp 1 oefent een kracht X uit op voorwerp 2 in deze richting en zin etc.).

Noot

1. *Knowledge structure and problem solving in Physics.*
Educational Psychologist 1982, 17, 2, 102-127.



'Het Onderwijs Ziekenhuis'

Werkgroep 17

H. Kok

De workshop

In de workshop zijn de aanleiding en achtergronden van het project 'Ziekenhuis' belicht. Na een demonstratie van concept-producten zijn met de deelnemers mogelijkheden en knelpunten van invoering in het studiehuis verkend. Deelnemers zijn enthousiast over de mogelijkheden van het project, en zien uit naar de beschikbaarheid van de definitieve versie. Als aandachtspunten (en huidige knelpunten op scholen) worden geformuleerd: vakoverstijgend samenwerken tussen docenten (en leerlingen natuurlijk), de beschikbaarheid van apparatuur op de scholen en de mate waarin leerlingen echt zelfstandig kunnen werken. Het project schenkt aan deze onderdelen extra aandacht.

In het schooljaar 1997-98 start een invoeringstraject. Scholen die daarvoor belangstelling hebben kunnen zich aanmelden bij ondergetekende.

Onderwijsvernieuwing

Het onderwijs in de tweede fase van HAVO/VWO zal de komende jaren ingrijpend veranderen. Er komen nieuwe examenprogramma's, er zal een groter beroep gedaan worden op het zelfstandig werken van leerlingen en het ontwikkelen van leer- en werkvaardigheden wordt belangrijker. Met vaardigheden wordt onder andere bedoeld het verzamelen van gegevens, het opzetten van experimenten, het doen van onderzoek en het mondeling of schriftelijk verslag doen.

Doel van deze verandering is de motivatie van leerlingen te vergroten, het onderwijs aantrekkelijker en effectiever te maken, en de aansluiting met HBO en Wetenschappelijk Onderwijs te verbeteren.

Een Onderwijs Ziekenhuis op CD-ROM

Het project 'het Ziekenhuis' richt zich met name op de ontwikkeling van vaardigheden die van belang zijn in het vervolgonderwijs en in het beroepsveld van de gezondheidszorg. Om de vaardigheden te kunnen oefenen wor-



den opdrachten ontwikkeld waarmee leerlingen zelf informatie kunnen opzoeken, zich kunnen oriënteren op beroepen, zelf modellen bouwen en zelf onderzoek kunnen verrichten.

De opdrachten voor leerlingen kunnen gebruikt worden om vaardigheden te oefenen of kunnen bijdrage leveren aan schoolexamen/examendossier/profielwerkstuk.

De context van de opdrachten is 'het Ziekenhuis'. Rond de thema's bloed, bewegen (botten en spieren) en zintuigen verzamelt het project allerlei informatie die verwerkt wordt in het Onderwijs Ziekenhuis op een CD-ROM schijf.

De informatie kan betrekking hebben op medische beroepen, ziektebeelden, (anonieme) patiëntgegevens, achtergrondinformatie, behandelingen, kengetallen, artikelen uit tijdschriften of kranten, grafieken en tabellen, gegevens over medische apparatuur of over het menselijk lichaam, over de effecten van medicijnen, en dergelijke.

Deze informatie kan tekst, foto's, tabellen/grafieken, grafische afbeeldingen en video-fragmenten bevatten. Op deze wijze ontstaat een multi-mediale informatiebron voor leerlingen.

Naast een onderwijsziekenhuis op CD-ROM, worden de volgende producten gemaakt:

- schriftelijke handleidingen voor leerlingen (opdrachten) en docenten (invoering);
- Flip, een programma dat opdrachten en eindtermen aan elkaar koppelt waardoor de keuze voor bepaalde opdrachten vergemakkelijkt wordt;
- Lijst met beschikbare educatieve programmatuur;
- Lijst met interessante Internet-sites.

Drie scholen leveren de vak- en inhoudskundigen die bij het project betrokken zijn. Deze scholen zijn: SG van de Capellen te Zwolle, Oosterlicht College te Nieuwegein en RSG Wieringerlant te Wieringermeer.

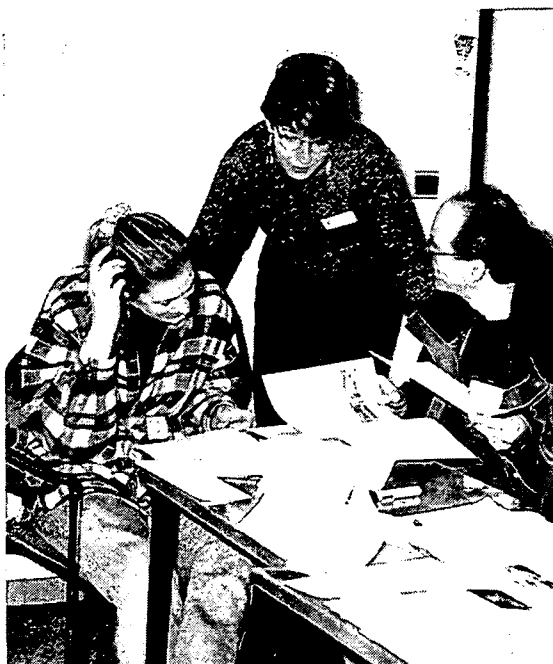
Voor meer informatie en aanmelding invoeringstraject:
drs. H. Kok (projectleider)
A.P.S.
Postbus 85475
3508 AL Utrecht
tel: 030 - 2 856 606
fax: 030 - 2 856 777
email: h.kok@aps.nl



Probleemstellend onderwijs: motivatie tot leren

Werkgroep 18

M. Vollebregt & K. Kortland



Probleemstellend onderwijs

Bij de *Vakgroep Natuurkunde Didactiek* in Utrecht wordt al enige jaren gewerkt aan het ontwikkelen van *probleemstellend onderwijs*. Dit is onderwijs waarin leerlingen actief kennis verwerven in een onderwijsleerproces met de volgende kenmerken:

- aansluiten bij de voorkennis van leerlingen (bijv. eerder behandelde leerstof en kennis uit het dagelijks leven), met speciale aandacht voor eventuele 'alternatieve denkbeelden'
- leerlingen zelf ervaringen laten opdoen (niet alleen uitleggen, maar ook zelf laten ervaren/ontdekken)
- ruimte bieden voor interactie met en tussen leerlingen (nieuwe leerstof structureren gaat vaak beter als je er met anderen over praat, en bovendien wordt eventuele voorkennis zo pas echt duidelijk)
- leerlingen stimuleren tot reflectie (nadenken over voorkennis en nieuwe ervaringen).

Voor een optimaal onderwijsleerproces is - naast het bovenstaande - nog een vijfde aspect van belang: *het motiveren tot leren*. Want actief kennis verwerven vereist activiteit van de leerlingen, en daar zullen zij toe aangezet moeten worden. Dit kan op twee manieren:

- procedureel motiveren: de leerstof aanbieden via 'leuke' activiteiten/werkvormen
- inhoudelijk motiveren: de leerstof zodanig aanbieden dat de leerlingen er meer van willen weten.

Inhoudelijk motiveren

Het *inhoudelijk motiveren* kan zowel op globaal als op lokaal niveau plaatsvinden. Op het globale niveau wordt gebruik gemaakt van interessante onderwerpen of contexten, die liefst ook nog relevant zijn voor het dagelijks leven of voor eventuele toekomstige beroepen. In de huidige basisvorming wordt hieraan al veel aandacht besteed. Op het lokale niveau van een lessenserie over een bepaald onderwerp wordt - in aansluiting op

voorkennis en globale interesse - geprobeerd om bij de leerlingen inhoudelijke vragen op te roepen. Vervolgens worden activiteiten aangeboden die de leerlingen helpen bij het beantwoorden van hun vragen. Daarbij kunnen eventueel ook nieuwe vragen worden opgeroepen, die vervolgens weer kunnen dienen als motivatie voor verdere kennisuitbreiding.

In het door ons ontwikkelde onderwijs wordt juist aan het inhoudelijke motiveren veel aandacht besteed. We noemen het onderwijs met opzet *probleemstellend*, omdat de activiteiten zo zijn ontworpen dat de leerlingen de belangrijke inhoudelijke vragen zelf gaan stellen. Dit in tegenstelling tot probleemoplossend onderwijs, waarin de leerlingen gevraagd wordt om problemen op te lossen die doorgaans niet door hen zelf gesteld zijn. Door het leerproces te laten verlopen aan de hand van de eigen vragen van de leerlingen, verwachten we dat zij beter begrijpen waar ze op elk moment in de les mee bezig zijn, waarom ze daar mee bezig zijn en waar dat toe moet leiden (namelijk: tot het vinden van een antwoord op hun vraag). Zo krijgen de leerlingen meer controle over hun eigen leerproces. Want: ze dragen zelf bij aan het opstellen van voor hen begrijpelijke en interessante doelen, en kunnen zelf nagaan in hoeverre die doelen ook worden bereikt.

Een concrete lessenserie

De bovenstaande algemene ideeën over *probleemstellend onderwijs* zijn uitgewerkt in enkele concrete lessenseries. Eén van die lessenseries is *Verpakkingsafval: storten, verbranden en hergebruiken*. Deze lessenserie geeft een uitwerking van het volgende kerndoel voor het vak natuur- en scheikunde in de basisvorming: *leerlingen kunnen - in directe relatie met kerndoelen uit andere domeinen - in keuzesituaties een beargumenteerde mening weergeven*. Die kerndoelen uit andere domeinen zijn voor deze lessenserie weergegeven in figuur 1. Daarbij wordt het gebruik van verpakkingsmaterialen uit de lessenserie

stoffen, materialen en producten' uit de kerndoelen.

De leerlingen kunnen:

- aangeven hoe bij het gebruik van stoffen, materialen en producten in huis rekening kan worden gehouden met het milieu, en suggesties doen om verspilling en verontreiniging tegen te gaan
- aangeven welke milieu-effecten bij afvalverwerking optreden.

Fig. 1: Afval-kerndoelen.

De lessenserie bestaat uit vijf opeenvolgende activiteiten, elk bestaand uit een samenhangende verzameling opdrachten. Tijdens de werkgroep zijn de eerste twee activiteiten uit de lessenserie geanalyseerd aan de hand van de in figuur 2 weergegeven vragen.

Bekijk en lees Activiteit 1 en 2 uit het leerlingenwerkboek van de lessenserie Verpakkingsafval. Zoek daarbij naar antwoorden op de volgende vragen:

- Waar en hoe wordt aangesloten bij de bestaande kennis en motivatie van de leerlingen?
- Waar en hoe wordt bij de leerlingen een behoefte aan uitbreiding van die bestaande kennis opgeroepen?
- Waar en hoe worden voor leerlingen de doelen van de lessenserie begrijpelijk gemaakt?

Fig. 2: Analyse-opdracht.

Aan de hand van een korte beschrijving van de opdrachten in het leerlingenwerkboek geven we hieronder een antwoord op deze vragen.

Startactiviteiten

De lessenserie start met het aanbieden van een verzameling concrete keuzesituaties. De leerlingen wordt gevraagd daaruit de persoonlijke milieukeuzesituaties (over water, energie en verpakkingen) te selecteren en in die situaties aan te geven wat de alternatieven zijn, of de situatie te maken heeft met het verbruik van materiaal, water of energie, waar dat vandaan komt, of er bij het verbruik afval ontstaat en waar dat afval dan uiteindelijk terecht komt.

Met deze opdrachten sluit de lessenserie aan bij een bestaande *motivatie* van veel leerlingen 'om wel iets aan het milieu te willen doen', en bij een bestaande *globale voorkennis* over het gebruik van het milieu als bron van grondstoffen, water en brandstoffen en als 'stortplaats' voor het afval dat daarbij ontstaat. Bovendien wordt het duidelijk dat de *bedoeling* van de lessenserie is om 'iets' te gaan doen met persoonlijke milieukeuzesituaties, en dat verpakkingskeuzesituaties daarvan een *voorbeeld* zijn: door het maken van een keuze uit verpakkingsalternatieven kan een bijdrage worden geleverd aan 'een beter milieu'.

Maar dan is de vraag: wat is dat ... 'een beter milieu'? Bij de volgende opdrachten wordt met een videoprogramma de *voorkennis* van de leerlingen over het afvalvraag-

stuk opgeroepen, en met een legpuzzel wordt die bestaande voorkennis gestructureerd in een vorm die bruikbaar is voor het vervolg van de lessenserie. Want de volgende opdracht is nu: welke milieuproblemen kunnen verpakkingen geven, en op welke twee punten zou je dus moeten letten bij het kiezen uit verpakkingsalternatieven - als je met je keuze wilt bijdragen aan 'een beter milieu'? Uit de in figuur 3 weergegeven puzzeloplossing kunnen de leerlingen zelf afleiden dat je dan zou moeten letten op de bijdrage aan *uitputting* van grondstoffen voor verpakkingsmaterialen en op de bijdrage aan *vervuiling* door storten of verbranden van verpakkingsafval.

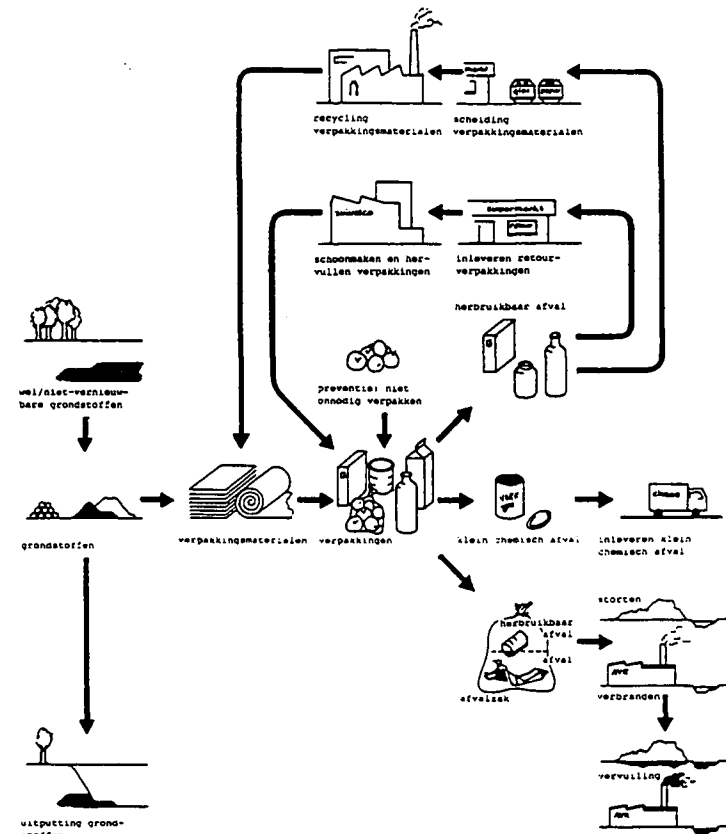


Fig.3: Puzzeloplossing: de levensloop van verpakkingen.

Die twee 'punten waarop je zou moeten letten' vormen de *milieucriteria* voor het vergelijken van verpakkingsalternatieven. En dat levert dan ook de volgende opdracht: de leerlingen vergelijken twee melkverpakkingen - de plastic (retour)fles en het kartonnen pak - op de twee milieucriteria ... en komen dan tot de ontdekking dat ze bij het maken van die vergelijkingen 'vastlopen' doordat ze het niet met elkaar eens zijn of doordat ze onvoldoende weten over de eigenschappen van de gebruikte verpakkingsmaterialen. Dat 'vastlopen' wordt gebruikt voor het formuleren van een *onderzoeksvraag*: welke eigenschappen hebben verpakkingsmaterialen wat betreft het leveren van een bijdrage aan uitputting van grondstoffen en aan vervuiling door storten of verbranden?

Met deze opdracht is een *behoefte aan uitbreiding* van de bestaande kennis over het afvalvraagstuk ontstaan, geformuleerd in de vorm van een onderzoeksvraag. Daarmee is een *motivatie* aangebracht voor het vervolg de lessenserie, en is het ook duidelijk wat de leerlingen verder gaan doen en waarom ze dat gaan doen (dus: is het hen duidelijk(er) wat het *doel* van de lessenserie is): antwoorden zoeken op de onderzoeksvragen, om met die antwoorden beter in staat te zijn verpakkingsalternatieven te vergelijken op de twee milieucriteria - en om daarmee een goed beargumenteerde keuze te kunnen maken. Er ligt nu nog wel een vraag: om welke verpakkingsmaterialen gaat het dan bij dat onderzoek? Maar de leerlingen zullen geen moeite hebben met het identificeren van de vijf meest gebruikte verpakkingsmaterialen.

Vervolgactiviteiten

De drie vervolgvactiteiten in de lessenserie zijn nu (ook voor de leerlingen) vrij 'logisch': onderzoek doen naar de genoemde eigenschappen van die verpakkingsmaterialen (met een videoprogramma, een bronnenboek en experimenten/interviews als informatiebronnen), en die nieuw verworven kennis gebruiken voor het weergeven van een goed beargumenteerde mening in gegeven en zelf geïdentificeerde verpakkingskeuzesituaties - waarbij de leerlingen hun argumentatie aan elkaar rapporteren en onderling becommentariëren.

In de laatste activiteit kijken de leerlingen terug op de lessenserie als geheel: door het maken van een (tweede) legpuzzel brengen ze het door hen tijdens de lessenserie doorlopen besluitvormingsproces in beeld - zoals weergegeven in figuur 4.

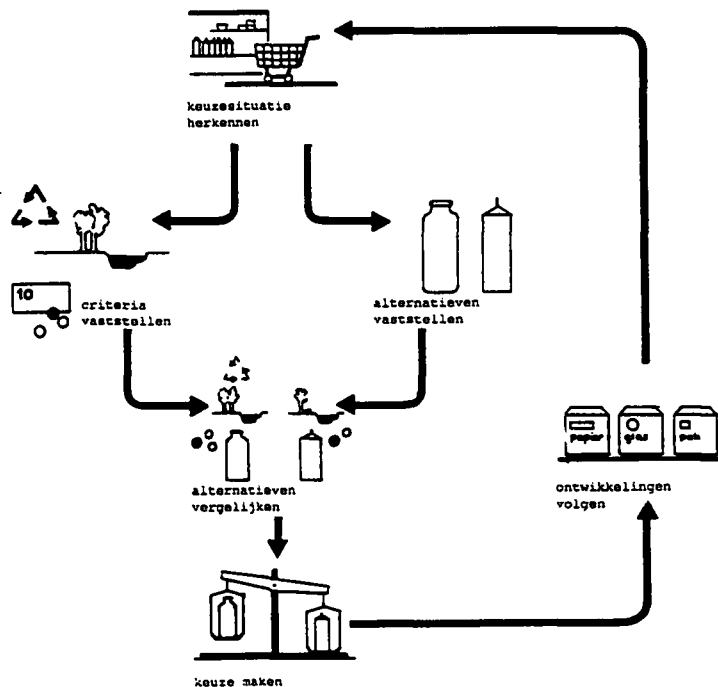


Fig. 4: Puzzeloplossing: het besluitvormingsproces.

En tenslotte gaan de leerlingen aftastend na of dit proces ook bruikbaar lijkt te zijn voor het aanpakken van de andere milieukeuzesituaties (over water en energie) uit het begin van de lessenserie.

Probleemstellend karakter

Het probleemstellende karakter van de lessenserie komt tot uiting in de eerste twee activiteiten: de leerlingen krijgen in het begin van de lessenserie steeds duidelijker een idee van de praktijksituatie waar het uiteindelijk om zal gaan (goed beargumenteerd kiezen uit verpakkingsalternatieven), gaan zelf na hoe hun bestaande voorkennis over die praktijksituatie daarbij bruikbaar is, en komen zelf tot de ontdekking op welke punten die kennis dan nog tekort schiet (en formuleren dat in de vorm van een onderzoeksvraag: de probleemstelling). Daarmee is voor hen ook de rest van het leerproces inzichtelijk geworden: de leerlingen weten wat ze verder gaan doen, en waarom ze dat gaan doen - hun bestaande kennis uitbreiden in de door de onderzoeksvraag aangegeven richting, en de nieuw verworven kennis gebruiken in de praktijksituatie die tot die kennisverwerving aanleiding heeft gegeven. En daar komt dan tenslotte nog bij dat aan het eind van de lessenserie al een eerste globale probleemstelling voor vervolgllessenseries over andere, soortgelijke praktijksituaties (rond water- en energiegebruik) is geformuleerd. De verwachting is dat zo'n probleemstellende aanloop en een globaal inzicht in het te doorlopen leerproces de motivatie tot leren van leerlingen versterkt. Of dit allemaal ook zo 'werkt' zal de kleinschalige praktijktest van de lessenserie in januari 1997 moeten uitwijzen.



Ervaringen met studiewijzers

Werkgroep 21

P. Verhagen & K. Hooyman



Ervaringen op het St. Bonifatiuscollege

Geschiedenis

Het gebruik van studiewijzers, en met name binnen de natuurkundesectie, is eigenlijk het logisch gevolg van een ontwikkelingsproces van jaren. Dat proces begon met onvrede over de traditionele vorm van lesgeven, en dan met name de functie van het 'huiswerk bespreken'. Veel lessen volgden immers het gebruikelijke patroon: eerst huiswerk bespreken, en dan vaak veel sommen op het bord uitwerken, vervolgens nog een klein stukje nieuwe theorie en tenslotte konden de leerlingen alvast aan het nieuwe huiswerk bespreken.

De onvrede met het vele huiswerk bespreken resulteerde, eerst schoorvoetend, in het gebruik van antwoordbladen, later gevolgd door mappen met uitwerkingen.

Inmiddels krijgen leerlingen in 5 en 6 vwo ieder een complete set uitwerkingen, en is er een opgavenhulp beschikbaar.

Daarna werd de bespreking van theorie gebundeld: niet elke les een klein stukje, maar gemiddeld eens per week een 'theorieuur', gevolgd door enkele 'sommenuurtjes' die soms gedeeltelijk gevuld werden met klassikale bespreking, maar veel vaker zelfwerkzame uren zijn. In deze uren is de rol van de klas belangrijk: alleen als er vragen zijn wordt er extra uitleg gegeven. Een opgave wordt alleen klassikaal uitgewerkt wanneer tenminste drie leerlingen erom vragen. Daarnaast is er op de gang bij de natuurkundelokalen voldoende ruimte om zelfstandig te werken, zodat een deel van de klas ook zelfstandig kan werken.

Ervaringen op school

Inmiddels is er een schoolbreed experiment gaande met een studieuur in 5 vwo en in 4 havo. Op vrijwillige basis stellen docenten één uur per week beschikbaar als studieuur.

De ervaringen hiermee zijn zeer wisselend. Leerlingen stellen prijs op de extra vrijheid, maar lang niet iedereen

gaat aan het werk. Docenten ervaren het als prettig om af en toe een uurtje niets klassikaals te hoeven doen, maar sommigen ergeren zich eraan dat ze als een soort 'oppasser' steeds leerlingen aan het werk moeten houden.

Uiteindelijk zal het studieuur alleen een succes worden als het ook een verbetering van het onderwijsproces is, en als leerlingen en leraren het ook als 'beter' ervaren.

Dat gebeurt niet wanneer leerlingen het gevoel hebben dat ze aan hun lot worden overgelaten, maar wel wanneer ze met zinnige opdrachten aan het werk kunnen, wanneer ze gestimuleerd worden een deel van de lesinhoud/werkvorm mee te bepalen.

En tenslotte: uiteindelijk gaan leerlingen pas echt aan het werk wanneer ze er een 'voordeel' aan hebben. Dat voordeel is nu vaak alleen een hoger cijfer, maar het zou bijvoorbeeld ook extra vrijheid en verantwoordelijkheid kunnen zijn.

Ervaringen RSG Brokdele, Breukelen

De natuurkundesectie werkt nu met studiewijzers in bijna alle leerjaren. De leerstof is in onderbouw en 4h per les en in 5/6V per week geordend. In 1994 heeft de school studiewijzers ingevoerd voor alle vakken in 5V en 6V en werd er bij elk vak een contactuur omgezet in een studieuur. Met ingang van dit schooljaar geldt dat ook voor 4H al staat daar het studieuur onder begeleiding van de vakdocent.

Een studiewijzer geeft aan wat de docent van de leerling verwacht. Er staat in wie wat doet, wanneer, wat er af is als het klaar is, hoe er beoordeeld wordt, welke hulpmiddelen de leerling nodig heeft enz. Een studiewijzer functioneert als een contract tussen docent en leerling. De docent geeft aan wat er moet gebeuren en de leerling aanvaard (hopelijk) de taak. 'Je kunt er niet meer onder uit, het staat allemaal op papier' zegt een leerling. Door die taakaanvaarding wordt de kans dat de leerling zijn werk doet groter, onder voorwaarde dat de docent die

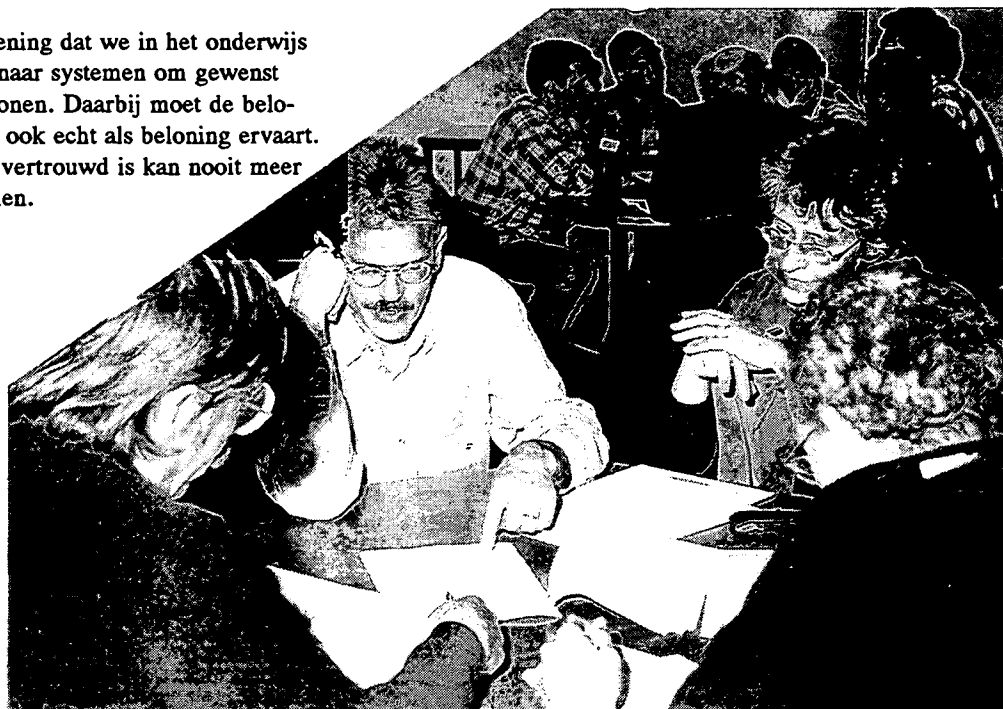
studiewijzer zelf serieus neemt en hem niet aan de kant schuift als het even niet zo goed uitkomt. De meerderheid van de leerlingen vindt dat wijziging van de studiewijzer alleen in overleg met hen kan. De verandering van de houding van de leerling maakt ook de relatie leraar-leerling gelijkwaardiger.

Bij het maken van studiewijzers gaat de docent meer uit van het leerproces van de leerling en dus van leerlingactiviteiten terwijl hij bij de gewone lesvoorbereiding meer uitgaat van docentactiviteiten. De doceertijd neemt daardoor af en dat wordt in het algemeen als een voordeel gezien. Het schrijven van studiewijzers vergroot weliswaar de voorbereidingstijd van de docent, maar daar staat tegenover dat de lessen ontspannener verlopen. Voor mij was dat een grote vooruitgang.

Nadelen zijn er uiteraard ook. Als studiewijzers gedetailleerd zijn en strak worden gehanteerd wordt het onderwijs inflexibel. De docent kan niet meer reageren op wat er in de klas gebeurt, niet meer aandacht besteden aan iets dat juist deze klas lastig vindt, niet meer ingaan op de actualiteit. De inspiratie wordt weg georganiseerd. Studiewijzers kunnen niet meer zijn dan een richtlijn waar docent nog leerling zich naar de letter aan zal houden.

Om het onderwijs zo te organiseren dat de leerling in de loop van het onderwijs steeds zelfstandiger gaat werken en misschien zelfs wel zelfstandig gaat leren is een studiewijzer niet voldoende. Hij is wel noodzakelijk omdat daarmee duidelijk gemaakt wordt wat er van de leerling wordt verwacht. Het onderwijs moet echter ook zelfstandig lerende leerlingen voortbrengen en te strakke studiewijzers staan het leren leren in de weg. Er zal nog veel nagedacht moeten worden over de rol van studiewijzers en de opbouw ervan op een zodanige manier dat van de eerste t/m 5H of 6V een heldere oplopende lijn van opbouw van zelfstandigheid zichtbaar is.

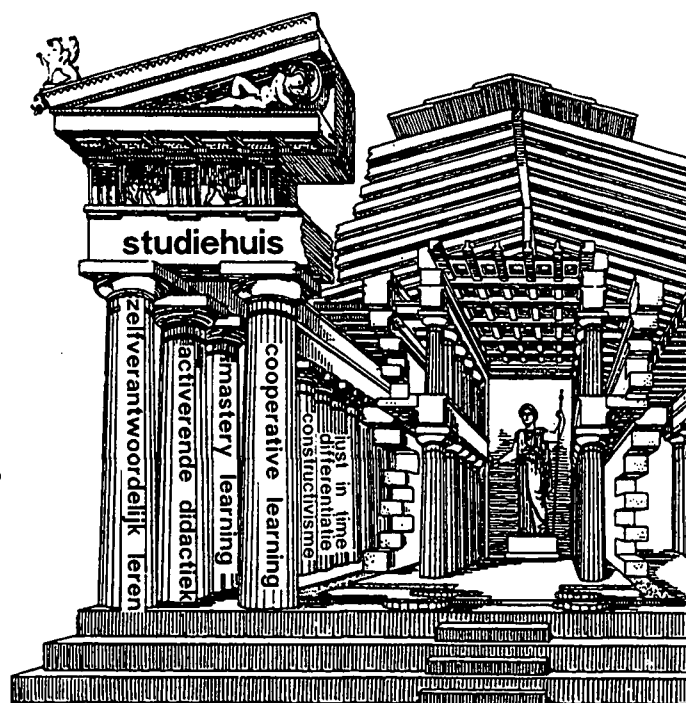
En overigens ben ik van mening dat we in het onderwijs meer zullen moeten zoeken naar systemen om gewenst gedrag van leerlingen te belonen. Daarbij moet de beloning iets zijn dat de leerling ook echt als beloning ervaart. Het strafsysteem dat ons zo vertrouwd is kan nooit meer dan een aanvullende rol spelen.



Facetten van zelfstandig leren: groepswork, groepsvragen, groeps-toetsen, opgavenhulp

Werkgroep 25

*J. W. Drijver, A.J. Migchielsen,
C. v.d. Rijst & H.S. Wielenga*



wat is wijsheid?

De afgelopen twee jaar hebben op onze school (St. Bonifatius College te Utrecht) de natuurkunde-leerlingen van 4havo en 4vwo in groepjes van 3 à 4 (een enkele keer 2) zelfstandig gewerkt (gebruikte methode: *Systematische Natuurkunde*).

Dat betekende: weinig frontale momenten voor theorie-uitleg of opgaven-bespreken, geen door de leraar opgegeven huiswerk, een beperkte planning vanuit de leraar. Dat betekende ook: samenwerking in groepjes, gebruik van een studiewijzer, gedeeltelijke planning door leerlingen, inleiding van theorie via groepsvragen, gebruik van een opgavenhulp ('hints'), voortgangscntrole met groeps-toetsen. Wat bleef zijn de practica (maar nu niet klassikaal) en de gebruikelijke repetities, die echter veel langer van te voren en in overleg met de klas werden opgegeven.

De sfeer: in de klas werd hiermee anders dan bij klassikale lessen: leerlingen beginnen uit zichzelf met het werk; je hoort om je heen veel praten over theorie, opgaven, proeven, afspraken; je voelt dat de leerlingen hun verantwoordelijkheid nemen, je bent zeer afwisselend bezig met organiseren, theorie/opgaven uitleggen.

De problemen die je tegenkomt zijn soms geheel nieuw: hoe stel je groepjes samen; een groepje kan niet samenwerken; hoe leer je leerlingen om eerst met elkaar en de opgavenhulp een probleem aan te pakken in plaats van gelijk naar jou te komen; hoe ga je om met groepstoetsen; hoe consequent laat je leerlingen die niet werken met de kop tegen de muur lopen; hoe ga je om met verschillen binnen je sectie; hoe praat je hierover met de schoolleiding (dit is niet-standaard op onze school)?

We hopen in deze werkgroep deze verschillende facetten in kleine groepjes te bespreken met collega's die ook met

dit soort dingen bezig zijn of zich hierop willen oriënteren.

De voorgaande tekst diende als voorinformatie over onze werkgroep en leverde 38 deelnemers op. Na een korte plenaire inleiding werden de deelnemers, in de stijl van het onderwerp, verzocht om groepsgewijs vragen op te stellen over de door ons gehanteerde onderwijsmethode. De deelnemers hadden daarbij voorbeelden ter beschikking van de diverse materialen die we daarbij gebruiken. Tevens stonden verspreid door de zaal vijf tafels, bemensd door één van de drie aanwezige leraren van onze school of door telkens twee leerlingen uit onze 4vwo- en 5vwo-klassen.

Gedurende drie perioden kon men daarna informatie inwinnen. Na eenzelfde periode om binnen de groep ervaringen uit te wisselen, werd de werkgroep besloten met een plenaire discussie.

De vragen die aan de tafels het meest werden gesteld, zijn hieronder weergegeven, voorzien van een kort antwoord. Op de volgende bladzijde treft u tevens een afbeelding aan van diverse materialen*) die we in de klas gebruiken.

- Welk materiaal is er voor leerlingen voorhanden zodat ze zelfstandig aan het werk kunnen?

De leerlingen gebruiken een opgavenhulp, die bestaat uit aanwijzingen bij alle opgaven en algemene aanwijzingen voor probleemoplossen. Tevens zijn er voortgangstoetsen in opgenomen. Alleen van deze laatste worden echte uitwerkingen gegeven. Verder werken de leerlingen aan de hand van een logboek, waarin het complete programma staat, dat ze echter zelf moeten plannen. Op de gang staan extra banken, waar met meer rust dan in de klas kan worden gewerkt.

Over groepjes, opgavenhulp, logboek, mappen en andere zaken in 4vwo

In de natuurkundeles zul je een aantal verschillende activiteiten ontwikkelen, zoals:

- ① het volgen van klassikale uitleg van theorie of opgaven.
- ② het bestuderen van theorie uit je studieboek.
- ③ het maken van opgaven uit je studieboek.
- ④ het uitvoeren van proeven.
- ⑤ het maken van groepstoetsen (s.o.s).
- ⑥ het maken van repetities.

Groepjes. Vanzelfsprekend zul je activiteit ① met de hele klas en activiteit ⑥ **individueel** doen, de activiteiten ② t/m ⑤ ga je achter in groepjes van 3 à 4 mensen uitvoeren. Daarbij speelt samenwerking een grote rol. We lopen de groepsactiviteiten even langs:

- ② en ③ kunnen afwisselend individueel en in groepjes gebeuren: vier mensen weten meer dan één, uitleggen aan een ander is voor jezelf heel verhelderend. Als steun bij het maken van opgaven krijg je een schriftelijke **opgavenhulp**. De antwoorden van de opgaven staan achterin je studieboek.

④ Proeven voer je samen met je groepje uit en je schrijft samen één verslag. Meestal zal het verslag voor een cijfer zijn, soms alleen voor een globale beoordeling. Het cijfer geldt voor het hele groepje.

⑤ Wat is nou een groepstoets? Dat is een schriftelijke verhooring, waarbij je de opgaven onderling verdeelt. Daarna maakt ieder één opgave, maar je mag overleggen. Het cijfer telt voor het hele groepje.

Je stelt de groepjes zelf samen, maar zit niet het hele jaar vast aan een groepje. Wisselen gaat wel altijd in overleg met je leraar.

Opgavenhulp. De opgavenhulp bevat aanwijzingen bij alle opgaven van je studieboek, géén complete uitwerkingen dus. Er wordt een systematische aanpak van opgaven in besproken. Bij veel paragrafen is ter inleiding een paragraaf-puzzel (SP) gegeven. Tevens staan er proefopgaven in, die je als oefenmateriaal voor groepstoetsen en repetities kunt gebruiken. Deze proefopgaven zijn wel compleet uitgewerkt en zijn bovendien voorzien van een normering, zodat je zelf je cijfer kunt vaststellen.

Logboek. Om overzicht te houden over je activiteiten krijgt elk groepje een logboek. Zet je namen bij de vier functies bovenaan elke bladzijde. Dan is het duidelijk wie in welk groepje zit, en wat zijn verantwoordelijkheid is. In het logboek staan de opgaven aangegeven die je minstens moet maken om de stof goed te begrijpen. Kruis aan, welke opgaven je met je groepje wilt gaan maken, en welke je hebt begrepen (O.K.). Geef ook in het logboek aan, welke proeven en groepstoetsen je al hebt gedaan. In het logboek is ruimte opengelaten voor een schema van elke paragraaf van je studieboek, zie hieronder. Ik bekijk de schema's en verbeter ze zonodig. Tenslotte is er nog een kolom plan opgenomen, waarin je met je groepje een planning kunt maken.

Schema's. Het is de bedoeling dat je in je logboek van elke paragraaf van je studieboek een schema opstelt, dat de belangrijkste punten van de paragraaf weergeeft en hun onderlinge relaties. Tevens breng je de oplossing van de SP in verband met het schema. Je mag met je groepje pas een groepstoets maken nádat je de schema's van de betreffende paragrafen hebt gemaakt. Ik bekijk de schema's en verbeter ze zonodig.

vervolg op volgende bladzijde →

LOGBOEK - 4vwo			Groep	Voorzitter	Secretaris	plan!
Systematische Natuurkunde A			Woordvoerder	Manusje		
S13	maken OK	schema				
69						
70						
71						
Groepstoets S10 t/m S13			herkancon	doen		
S14	maken OK	schema				
73						
75						
76						
S15	maken OK	schema				
80						
Demo Valbeweging in vacuüm						
Proef 2.4. Valversnelling			nivoveren	doen		
S16	maken OK	schema				
82						
83						
84						
85						
89						
Groepstoets S14 t/m S16			herkancon	doen		
S17	maken OK	schema				
90						
93						
96						
S18	maken OK	schema				
97						
99						
101						
104						
105						
Demo Horizontale worp						
Proef 2.5. Horizontale worp			nivoveren	doen		

Proeven. Als je een proef wilt doen, zet die dan minstens een week van tevoren in de plan-kolom van je logboek, met het oog op de aanwezigheid van spullen en apparatuur. Let er op of je die les in het practicumlokaal zit! Bij sommige proeven moet een **VOORBEREIDING** worden gemaakt vóórdat je met de proef zelf begint. Lever meteen na afloop van de proef een meetbriefje in (met eventuele **VOORBEREIDING**). Alleen met die gegevens mag je een verslag schrijven, in te leveren binnen 10 schooldagen na het begin van je metingen. In het logboek is aangegeven of het een compleet of een verkort verslag moet zijn. Noteer de uiterste inleverdatum in je logboek. Het cijfer telt voor het hele groepje. Bij toetsen en repetities wordt ook over de proeven gevraagd, dus maak voldoende aantekeningen in je eigen schrift. Soms zul je met je groepje een proef voor de klas moeten bespreken, in plaats van een verslag te schrijven. De klas geeft dan het cijfer.

Demonstraties. Soms moet iets door de leraar worden gedemonstreerd aan je groepje. Dat is in je logboek aangegeven. Zet zo'n demo minstens een week van tevoren in de plan-kolom van je logboek. Je krijgt een lijst met demo's, waarin een korte omschrijving van het gedemonstreerde staat.

Groepstoetsen. Zo'n toets is bedoeld als voortgangcontrole voor je groepje. Hij bestaat enkele paragrafen van je studieboek, met de bijbehorende proeven. De groepstoetsen zijn verdeeld in je logboek; je moet zo'n toets met je groepje afspreken en minstens een week van tevoren in de plan-kolom van je logboek zetten. De toets bestaat uit vier ongeveer gelijkwaardige opgaven, die je in onderling overleg verdeelt. Daarna maakt ieder één opgave, maar overleg binnen je groepje is toegestaan. Je krijgt een half lesuur de tijd. Het cijfer telt voor het hele groepje. Een groepstoets mag éénmaal herkancon worden, het nieuwe cijfer komt dan (altijd) in plaats van het oude. Je krijgt van elke gemaakte toets een complete uitwerking. Dan kun je ook de opgaven bekijken die je niet zelf hebt gemaakt.

Cijfergeving. Cijfers voor verslagen en voor voortgangstoetsen zijn groeps cijfers en tellen elk voor 17,5% mee in je rapportcijfer. De resterende 65% komt van je repetitie-cijfers, ook wanneer je alleen maar aan de centrale repetitie hebt meegedaan. Voor het kerstrapport tellen alle cijfers mee tussen zomer en kerst, voor het paasrapport alle cijfers tussen kerst en pasen. De cijfers tussen pasen en zomer tellen mee voor het zomercijfer. Op je rapport komt dan echter je overgangscijfer, dat is opgebouwd uit $1 \times$ je kerstcijfer, $2 \times$ je paascijfer en $3 \times$ je zomercijfer. Het uiteindelijke cijfer op je rapport is niet automatisch het afgeronde kwartaalcijfer, allerlei omstandigheden kunnen aanleiding geven om het rapportcijfer aan te passen.

Map. Elk groepje heeft een map om al het groeps-papierwerk (logboek, practicumverslagen, groepstoetsen) in op te bergen. Die map blijft altijd op school. De opgavenhulp en de practicumstructuur bergt ieder op in een eigen 23-rings band, bij je andere aantekeningen over natuurkunde.

Taakverdeling. In een groepje bestaan een aantal taken. Om de verantwoordelijkheden duidelijk te hebben, gebruiken we de volgende functies:
Voorzitter: zorgt voor een goede werkverdeling, organiseert het maken van de groepsvragen, houdt de tijd in de gaten.
Secretaris: zorgt dat het logboek wordt bijgehouden, dat de map op orde is, noteert en controleert afspraken.
Woordvoerder: stelt vragen aan mij over theorie of opgaven.
Manusje: kent deze tekst en geeft daarvan uitleg, doet verder van alles en nog wat.
De functies worden door de groepjes zelf verdeeld en moeten regelmatig roteren. Dat gebeurt door het invullen van de betreffende regels bovenaan elke bladzijde van het logboek.

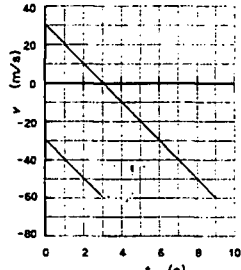
Data en planning. Om je wat houvast te geven voor het tempo dat je moet aanhouden, krijg je in een apart lijstje de data van de centrale repetities met de paragraaf van je studieboek waar je dan moet zijn (inclusief de proeven). Probeer de leerstof verder in te delen met behulp van de plan-kolom in je logboek. Vergeet niet de proeven, demo's en groepstoetsen!

SUCCES!!!

OPGAVENHULP SYSTEMATISCHE NATUURKUNDE vwo A Beweging H2 §16/17/18

86 Geef steeds in een schets alle gegevens aan (met + omhoog en - omlaag), en gebruik de bekende formule's:
a $y(t) = 0$ m, $y'(t) = 0$ m/s, $v(t) = +39$ m/s, $g = -9,8$ m/s².
b $y(t) = +80$ m, $y'(t) = 0$ m/s, $g = -9,8$ m/s².
c $y(t) = 0$ m, $v(t) = +34$ m/s, $g = -9,8$ m/s².

87 Probeer eerst de gegeven grafiek te begrijpen: in welk punt van zijn baan is de kogel als $v = 0$, op welk tijdstip treft de kogel de grond? Vergelijk ook met het tweede voorbeeld uit de theorieparagraaf.

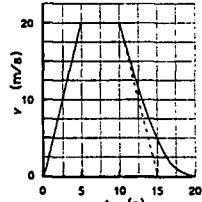


88a Geef eerst in een duidelijke schets alle gegevens aan, en gebruik de bekende formule's. Als de bodem van het ravijn op $y = 0$ m wordt gesteld, en $g = -10$ m/s², dan is de plaatsfunctie van de omhooggeschoten kogel: $0 = +135 + 30 \cdot t - 5 \cdot t^2$. Verder met de abc-formule.

b →
89a Stel van parachutist en pijl de beide plaatsfuncties op, met dezelfde oorsprong ($y = 0$), en let goed op +/- tekens! Je hebt de abc-formule nodig.
b Er wordt hier gevraagd naar de **relatieve** snelheid tussen pijl en parachutist.

§ 17
Algemeen geldt: Bij het trekken van een raaklijn mag de steilheid -10% afwijken van het boekantwoord. Voor het bepalen van een oppervlak onder een kromme grafiek is een afwijking van -5% toelaatbaar.

94a Tussen 0 en 5 s: $\Delta v = +20$ m/s, tussen 10 en 20 s: -20 m/s.
b Zie hiernaast. De streeplijn geeft aan, hoe de grafiek er uit ziet als tussen 10 s en 15 s de versnelling constant $-4,0$ m/s² blijft. Het laatste deel is een parabool.
95c Tussen A en B is de snelheidsvermindering tussen A en M gelijk aan de snelheidsvermindering tussen M en B, de totale Δv tussen A en B is dus 0.
d In M is de snelheid maximaal, dus $a = 0$ (horizontale raaklijn aan de (v,t) -grafiek).
96 Vergelijk de gegeven plaatsfunctie met $x(t) = x(0) + v(t) \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$. Differentieer mag trouwens wel!



§ 18
97 Rech naar beneden, als de helicopter met onveranderde snelheid doorvliegt. Door luchtweerstand zal het pakje in werkelijkheid geleidelijk achterblijven bij de helicopter.
98a Elimineer t door $t = x(t)/v(t)$ in te vullen in de betrekking $y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$.
b ... parabool.

- *Wie maakt en controleert de planning, het tempo?*
In 4vwo wordt het tempo gedictieerd door een viertal centrale repetities bij de vier rapporten, waarvan de inhoud vaststaat. Verder vinden er nog gewone repetities plaats, waarvan de inhoud in zekere mate door de vorderingen in de klas wordt bepaald.
In 4havo is voorlopig niet meer dan een planning van 1 à 2 weken vooruit haalbaar. Dan nog komt het voor dat leerlingen keihard onderuit gaan door niet-werken. Dat moet dan maar.
- *Hoe stel je een groepje samen, gelijk niveau of niet?*
Het uitgangspunt is dat leerlingen zelf hun groepjes samenstellen. De leraar helpt daarbij actief mee, om 'muurbloempjes' te voorkomen. We hebben de ervaring dat groepjes met grote niveauverschillen niet stabiel zijn. Ook 'profiteurs' worden op den duur niet getolereerd.
- *Hoe stuur je een groepje bij (tempoverschillen, samenwerking) en hoelang blijven ze bij elkaar ?*
Leerlingen maken in eerste instantie zelf de dienst uit. De groepstoetsen scheppen een wederzijdse afhankelijkheid omdat het cijfer (zij het licht) voor het hele groepje telt. Als je merkt dat er problemen zijn, ga je erover praten. Dat kan soms uitmonden in de herindeling van één of meer groepjes. Enkele maanden na de start van het schooljaar is een kleine (vertrouwelijke!) enquête erg nuttig.
- *Wat vinden leerlingen van zelfstandig werken en groeps-werk?*
Gemiddeld vinden de leerlingen hun zelfstandigheid prettig, evenals het werken in groepjes. Ze vinden het zelf organiseren van hun werk best zwaar, en ze kennen dit niet van andere vakken.
Sommigen zijn onzeker en missen klassikale uitleg.
- *Wat doe je als je merkt dat één vraagstuk bij alle leerlingen problemen geeft?*
Soms is een korte frontale les heel zinvol, ook om een overzicht over de leerstof te geven. Dat moet dan wel ruim van tevoren worden aangekondigd en facultatief zijn, omdat leerlingen anders met hun programma in het nauw kunnen komen.

Nog enkele andere vragen die werden gesteld:

- *Hoe leren leerlingen natuurkunde zonder leraar?*
Gewoon, en bovendien zien ze je vaker dan bij een frontale les.
- *Werken leerlingen nog thuis aan natuurkunde?*
Ja.
- *Wat te doen als ouders gaan klagen dat ik niet meer klassikaal uitleg?*
Dat komt voor, maar vrijwel altijd vinden ouders na een toelichting het zelfstandig werken erg zinvol. Als de schoolleiding niet begrijpt wat je aan het doen bent, kun je toch wel eens een probleem krijgen.
- *Wie spreekt het practicum af, de groepjes of de leraar?*
De groepjes.

In de einddiscussie werden nogmaals de vier leerlingen aan de tand gevoeld over hoe ze het zelfstandig werken vonden. Hoewel ze zich spontaan achter de onderwijsmethode schaalden, betwijfelden ze openlijk of ze het zouden bolwerken als alle vakken dit zouden invoeren. Uit de zaal kwam nog waardering naar voren voor het feit, dat de vier betrokken leraren zonder problemen elk hun eigen invulling kunnen geven aan deze methode.

Tot slot willen we nog onze hartelijke dank uitspreken aan de vier leerlingen: Cyleke de Langen, Anita Postma, Carlijn van Trigt en Mariska Versteeg, die niet alleen een middag en een avond opofferden om op de werkgroep te kunnen worden gehoord maar bovendien op zeer enthousiaste en eerlijke wijze hun commentaar gaven.

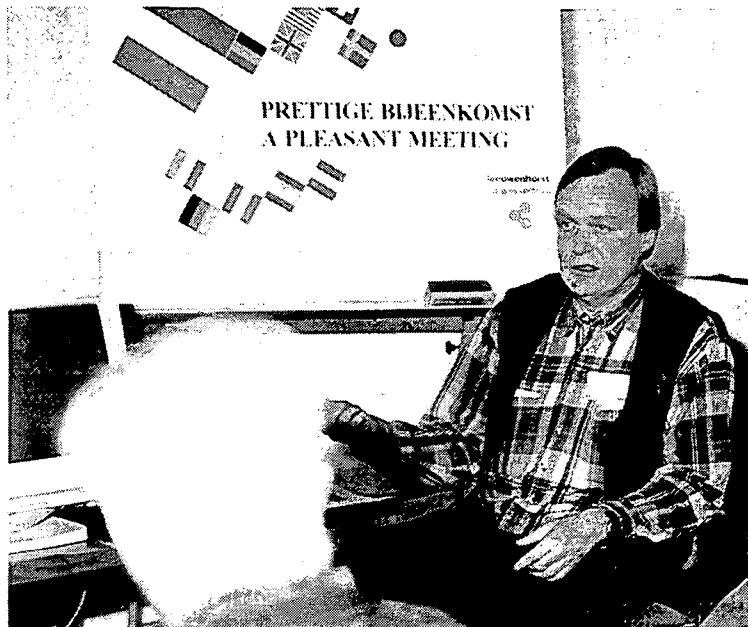
* Demo-materiaal van de opgavenhulp kan worden besteld door het overmaken van f 10,- naar postgiro 3278030 van Nautilus Educatief te Driebergen o.v.v. 'demo-opgavenhulp'. De opgavenhulp zal worden opgenomen in de herziene (2e fase) editie van *Systematische Natuurkunde*.



Gebruik van Internet in het natuurkundelokaal

Werkgroep 27

R. van der Weijden



De bedoeling van deze werkgroep was een impressie te geven van de mogelijkheden van het Internet voor zowel docenten als leerlingen natuurkunde. Dit aan de hand van een aantal online voorbeelden zoals het natuurkundelokaal van de Digitale School en de Natdoc-thuispagina. Allereerst werd er gekeken naar algemene redenen om Internet te gebruiken in het onderwijs. Het eerste argument is de voorbereiding van de leerlingen op een zich snel ontwikkelende ICT-maatschappij, waarbij netwerken als Internet een steeds belangrijkere plaats gaan innemen. Vervolgens is de komst van de Tweede Fase met z'n leerdoelen een stimulans om Internet voor de leerlingen bereikbaar te maken, aangezien dit medium zich bij uitstek leent voor actieve en zelfstandige informatieverwerking en het internationalisering mogelijk maakt d.m.v. e-mailcontacten tussen scholen. Ook blijkt uit Amerikaans onderzoek, dat door zelfstandig gebruik van ICT de analytische vaardigheden van de leerlingen toenemen.

Om echter Internet op school te kunnen gebruiken moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan. Er moet eerst voor een verbinding gezorgd worden. Hiervoor is nodig een computer met Windows, een telefoonlijn (lieft ISDN), een modem (lieft minstens 28k8) of ISDN-kaart, software (Winsock en Netscape of MS Internet Explorer) en een provider. De provider geeft via de telefoonlijn toegang tot Internet en levert meestal ook de nodige software. Vervolgens moet de keuze gemaakt worden voor de soort verbinding die men wenst:

- een enkel account op één computer,
- een account voor bijv. 16 computers tegelijk of
- een vaste permanente verbinding (24 uur per dag) voor xx computers.

De laatste twee opties geven een school veel meer mogelijkheden maar zijn natuurlijk ook veel duurder dan de eerste. Daarbij moeten er dan vooraf bij de installatie nog flinke kosten gemaakt worden. Als tussenoplossing zijn er programma's op de markt, die het mogelijk maken toch

met meerdere computers tegelijk via één account op Internet te gaan (bijv. Wingate en iShare).

Naast deze materiele zijn er de personele randvoorwaarden: docenten en leerlingen moeten leren omgaan met Internet. Voor docenten worden al nascholingscursussen gegeven en leerlingen kunnen tijdens de informaticalessen de nodige vaardigheid opdoen.

Bij Internet in de natuurkundeles moet gekeken worden naar de didactische meerwaarde, die het gebruik ervan heeft. Er werden tijdens de werkgroep een aantal voorbeelden gegeven en online getoond.

- Internationale vakoverschrijdende projecten als Globe, waarbij honderden scholen uit de hele wereld in hun eigen buurt gegevens verzamelen over lucht, water, bodem en vegetatie en deze per e-mail opsturen naar een centrale plaats in de VS. Deze verzamelde gegevens worden gepresenteerd op het WWW. De leerlingen kunnen meewerkende wetenschappers raadplegen en met andere scholen via e-mail overleggen. Meerwaarde: samenhang tussen meerdere vakken, internationalisering, taalvaardigheid, bewustwording van milieu, leren in context, samenwerking.
- Internationale wedstrijden zoals onlangs Energy on the Move, waarbij leerlingen van 35 Europese scholen de opdracht kregen een energiestrategie te schrijven voor Europa in het jaar 2100. Deze wedstrijd werd begeleid met een speciale WWW-site o.a. met verwijzingen naar plaatsen op het WWW, die informatie over allerlei energievormen bevatten, en de leerlingen kregen in twee rondes de gelegenheid aan een aantal Europese wetenschappers vragen te stellen. Alle ingezonden scenario's zijn op het Web gezet. Meerwaarde: samenhang tussen meerdere vakken, internationalisering, taalvaardigheid, bewustwording van energieproblematiek, leren in context, samenwerking, werkstuk schrijven/presentatie maken, leren informatie verzamelen.

- De onderzoeksvraag van de maand, die Klaas Dolsma (UvA) op het Web heeft gezet met iedere maand een nieuwe vraag voor de vakken natuurkunde, scheikunde en biologie leert leerlingen zoeken op het WWW.
- Er is een site met een boeiende uitleg over de wereld van de subatomaire deeltjes. Aan de hand van een lesbrieven kunnen de leerlingen deze uitleg, voorzien van relevant beeldmateriaal, volgen. Dit kan gebruikt worden als een verwerkingsopdracht voor een weinig tot de verbeelding sprekend stuk theorie van het VWO-examenprogramma. Meerwaarde: het bewust moeten doorlopen van de site om de vragen te kunnen beantwoorden geeft dat de leerlingen zich veel actiever deze stof eigen maken.
- Er wordt geëxperimenteerd met het maken van leeromgevingen en (diagnostische) toetsen op Internet. Een voorbeeld hiervan staat in het verzorgingslokaal van de Digitale School. Meerwaarde: leerlingen kunnen in eigen tempo zelfstandig een vastomlijnd deel van de leerstof verwerken.
- Met Java en Shockwave heeft het Web meer interactiviteit gekregen, zodat het mogelijk is om COO-programma's online te gebruiken. Voorbeelden voor natuurkunde zijn o.a. via de TIPTOP-page (<http://www.tp.umu.se/TIPTOP/>) te vinden.
- Voor leerlingen (maar ook voor docenten) is de Digitale School een goede plaats om voor alle vakken informatie te vinden. Ieder vak heeft zijn eigen (virtueel) lokaal met voor ieder onderwerp WWW-verwijzingen, tips voor het schrijven van werkstukken, een huiswerknieuwsgroep om andere leerlingen hulp te vragen en docenten, die per e-mail te raadplegen zijn.

Ook voor docenten heeft Internet wat te bieden. Als voorbeeld werden tijdens de werkgroep de Natdoc-thuispagina's getoond. Deze speciaal voor natuurkundedocenten ontwikkelde pagina's zijn bedoeld om docenten te stimuleren de mogelijkheden van Internet voor het natuurkundeonderwijs te gebruiken. Er is een deelnemers- en mailinglijst, waar docenten zich voor op kunnen geven. Op deze wijze kunnen docenten met elkaar in contact komen en informatie uitwisselen. Er worden bestanden verzameld, die voor alle docenten beschikbaar zijn, van COO-programma's tot repetities/practicumhandleidingen. Interessante WWW-plaatsen, mailinglijsten en nieuwsgroepen voor het (natuurkunde)onderwijs staan hier aangegeven met een korte toelichting. Verder is het voor docenten mogelijk mededelingen en oproepen op het prikbord te plaatsen, wordt er aandacht besteed aan gebruik van Internet in de klas en staan er tips over software voor Internettoepassingen. Het is de bedoeling om in de naaste toekomst hier ook een discussiegroep over de Tweede Fase binnen natuurkunde op te zetten.

Tijdens de discussie in de werkgroep bleek, dat veel docenten inmiddels zelf wel Internet op gaan maar hier op school binnen lesverband nog niets mee doen. De twee grootste struikelblokken waren de (kosten van de) hardware (aansluiting en apparatuur) en het gebrek aan informatie over de didactische mogelijkheden van Internet. Hopelijk brengt enerzijds financiële ondersteuning van het ministerie en anderzijds nascholing de komende tijd verandering in deze situatie.

Taalproblemen bij natuurkunde

Werkgroep 28

K. Schonenberg



Blasken

Rasmeel bikt slecht op in water. Water met veel rasmeel is daarom durak. Dit verandert slamp vrij snel, als we aan het vreeg wat kapstel uit onze mond toenieren. De wrefstof wordt dan hamper. Het onopbrikkige rasmeel is noendier veranderd in een opbrikkige stof. Wat is er nu gebeurd? Er heeft hier een scheikundige deflok plekgehouden, waarbij uit rasmeel een andere stof wordt betint. Voor deze deflok is kapstel nodig, want zonder kapstel gebeurt dit niet.

Genourt is, dat er in kapstel stoffen zitten die uit eiwitten bestaan. We noemen prontige stoffen blasken.

Nederlands?

Op de vrije zaterdagochtend van 14 december 1996, in een klein zaaltje ergens in Noordwijk, buigen een negental volwassenen, merendeels werkzaam in het onderwijs op het gebied van de natuurkunde, zich vrijwillig over de bovenstaande tekstgedeelte. Zij proberen de vragen bij deze tekst, die in hetzelfde 'Nederlands' geformuleerd zijn, zo te beantwoorden dat hun inspanningen tot een voldoende resultaat zullen leiden.

Waarom? Waarom getroosten zij zich deze moeite, terwijl even verderop in de winkelstraat de zaterdagochtenddruktheerster van winkelend publiek en zich een aantrekkelijk weertype voordoet, zonnig met een stevige wind, uitnodigend tot meewinkelen of het maken van een strandwandeling op het nabijgelegen strand.

Dit vreemd aandoende tafereel rond de vreemde tekst is echter niet zo uitzonderlijk als voor een buitenstaander op het eerste gezicht lijkt. Begrijpelijk wordt het als de buitenstaander inzoomt en medestaander wordt. Wat daar in dat kleine zaaltje gebeurt is een confrontatie met wat menige leerling in het onderwijs overkomt: het bestuderen van een tekst waarvan lang niet alle woorden duidelijk zijn en begrepen worden. Middels de half-Nederlandse tekst wordt geprobeerd dit soort ervaringen bij de aanwezigen op te roepen.

Schijnbewegingen

Het hier beschreven tafereel vond plaats in het kader van de werkgroep 'taalproblemen bij natuurkunde' tijdens de Woudschotenconferentie 1996 en vormde de inleiding op het onderwerp. De deelnemers hadden de opdracht gekregen om in tweetallen te werken: de een diende de tekst te lezen en de vragen te maken en daarbij hardop te vertellen hoe hij of zij daarbij te werk ging. De ander moest deze zelfobservaties noteren, waarna een nabespreking volgde. De deelnemers bleken heel slim in het bedenken van schijnresultaten: onbekende woorden vervangen door woorden 'die het wel eens zouden kunnen zijn'; eerst naar de vragen kijken en dan in de tekst zoeken of daar dezelfde woorden voorkomen; kijken of tekstgedeelten letterlijk zijn over te nemen en enigszins bij de vraag passen. Wat is dan nog de waarde van een goed of fout antwoord? Overduidelijk werd dat een ieder, en zeker als het leerling betreft, in dit soort situaties er 'het beste van probeert te maken', zodat een docent tevreden is of de resultaten voldoende geacht worden.

De ene taal is de andere niet

Na zo'n confrontatie doet zich de vraag voor: wat te doen? Het is immers de bedoeling dat leerlingen ook complexere vakteksten leren te begrijpen en niet om via slimmigheidjes voldoende punten te scoren zonder de lesstof werkelijk te begrijpen. Daarbij doen zich een aantal knelpunten voor, bijvoorbeeld op het gebied van de school- en vaktaal. Schooltaal is de taal die binnen een opleidingssituatie of leerboek gebruikt wordt om uitleg en instructies te geven of om vragen te stellen. Deze taal bestaat uit woorden en zinsconstructies die leerlingen niet eigen zijn, dat wil zeggen leerlingen zullen deze woorden en uitdrukkingen niet buiten de schoolse situatie of uit zichzelf gebruiken. Schooltaal is formeel, complex en abstract; schooltaal behoort niet tot een specifiek vakgebied.

Vaktaal is taal die wel vakspecifiek is; deze taal wordt gekenmerkt door woorden met een vakinhoudelijk vastgelegde betekenis. Deze betekenis wijkt vaak sterk af van de algemene betekenis van het woord. Ook worden nieuwe woorden geïntroduceerd. Daarnaast kent vaktaal zijn specifieke formuleringen en uitdrukkingen.

Betekenis en functie

Tekstbegrip is echter niet alleen afhankelijk van de kennis van school- en vaktaalwoorden. Mede bepalend voor het begrip is inzicht in de structuur en opbouw van een tekst, van de relaties die tussen de woorden worden gelegd.

Woorden hebben immers een betekenis en een functie.

Daarbij kunnen de volgende woordfuncties worden onderscheiden:

- kernwoorden (kernbegrippen)
- verbindingswoorden
- verwijswwoorden

Kernwoorden zijn die woorden in een tekstgedeelte waar het om draait, de woorden die de kern weergeven van wat er beweerd wordt. Verbindingswoorden verbinden bepaalde begrippen of zinsdelen met elkaar, zoals: *want, als, daarom, dus, mits*. De verwijswwoorden zijn tenslotte die woorden die verwijzen naar een woord of zin die eerder in de tekst voorkomt, zoals: *die, deze, degene, daarbij, deze laatste, de vorige*.

In het onderstaande voorbeeld zijn de kernwoorden (kernbegrippen) vet gedrukt, de verbindingswoorden onderstreept en de verwijswwoorden cursief:

"Enzymen zijn stoffen *die* er voor zorgen dat **scheikundige reacties** bij **lage temperaturen**, zoals onze lichaamstemperatuur kunnen plaatsvinden. Beter is om te zeggen dat *ze* de **reactiesnelheid** vergroten. Het kenmerkende *hierbij* is dat de **enzymen zelf** niet bij deze reacties worden **verbruikt**. De hoeveelheid enzymen **vóór** de reactie is dus gelijk aan *die* na de reactie. Bij de **omzetting** van zetmeel in onze mond **verandert** dus de hoeveelheid **speeksel-enzym** niet."

Ondersteuning

Om grip te krijgen op vakteksten moeten zowel de woordkennis (school- en vaktaalwoorden) als het inzicht in de woordfuncties beheerst worden. Dit is wat er van leerlingen minimaal verwacht wordt als zij zelfstandig vakteksten moeten bestuderen. Voor zover leerlingen niet beschikken over deze beheersing zal deze ontwikkeld moeten worden. Hiervoor is door de werkgroep leider materiaal ontwikkeld, mede dankzij de steun van een beurs van de NNV (Nederlandse Natuurkunde Vereniging). Tijdens de werkgroep werd dit materiaal gepresenteerd. Het materiaal valt uiteen in twee gedeelten:

1. Tests. Middels deze tests kan een docent zicht krijgen op de oorzaak van zwakke prestaties bij leerlingen om zodoende te kunnen onderscheiden in hoeverre de taal daarbij een struikelblok vormt. Er zijn drie tests over het onderwerp 'beweging' en zijn onderscheiden in:

voorkennis en concepten van leerlingen, vraagstukanalyse en oplossingsstrategieën, tekstanalyse.

2. Stimulering van tekstbegrip middels studerend lezen.

Enkele kenmerken van studerend lezen zijn

- Studerend lezen staat tegenover het lezen van een roman of een krantenartikel.
- Studerend lezen is een expliciet gemaakte leesstrategie waarmee leerlingen kunnen oefenen.
- Bij studerend lezen vormen de tekst, illustraties, tekstkenmerken, paragraaftitels, schema's, tabellen een gehele context waarvan een leerling optimaal gebruik leert maken.

Studerend lezen is opgebouwd uit zogenoemde leesrondes die de leerling na elkaar doorloopt:

1. Globaal lezen:

- a. Bekijken van de gehele tekst (het hele hoofdstuk).

Welke informatie verschaffen de paragraaftitels, de tekstkenmerken, de tabellen, de illustraties?

- b. het te bestuderen gedeelte of paragraaf.

Welke informatie bevatten de subtitels, illustraties, apart vormgegeven woorden of alinea's?

2. Intensief lezen

Pas na het globaal lezen wordt de tekst intensief, dat wil zeggen letterlijk gelezen. Doordat de tekst eerst globaal gelezen is, valt deze informatie voor de leerling binnen een context.

Zoals al hierboven duidelijk gemaakt is bevat het materiaal een drietal tests. Daarnaast is er een lesbrief 'studerend lezen' en aanwijzingen voor de docent om zelf vragen en opdrachten bij teksten te maken om studerend lezen te oefenen en om eenvoudige testen te maken over voorkennis en concepten. Tijdens de werkgroep konden de deelnemers het materiaal inzien en aanschaffen.

Het materiaal *Taal en Natuurkunde, ondersteuning bij taalproblemen in het natuurkundeonderwijs bovenbouw havo/vwo* is te bestellen door overmaking van f 20,- per exemplaar op:

giro 500 31 91 t.n.v. K. Schonenberg, Amsterdam o.v.v.: 'Taal en Natuurkunde'.

Het materiaal wordt dan portvrij toegestuurd naar het op het giro-afschrift vermelde adres.

Toelichting op de inrichting van het natuurkundeonderwijs in A4

Werkgroep 29

W.F. Keller



Sinds het schooljaar 1993-1994 werken de leerlingen tijdens de les in groepen van 4. Ons werd na een cursus op "de" didactiekconferentie van de Universiteit van Utrecht, duidelijk dat de betrokkenheid van de leerling sterk te beïnvloeden is door verandering van de leeromgeving.

Werken in steeds wisselende groepjes van 3 of 4 leerlingen met redelijke druk op de ketel heeft, naast sociale pluspunten, tevens een stevig motiverend effect op het leergedrag.

Ze leren elkaar beter kennen, richten hun energie naar elkaar, maken zich van elkaar afhankelijk en stellen zich minder individueel op, mits goed gestuurd door de docent.

Het valt binnen de sectie op dat leerlingen in het tweede en derde leerjaar geen enkele moeite hebben met het werken in groepen met de daarbij behorende opdrachten. Niet meer dan een logisch vervolg van het aangeleerde op de basisschool.

Groepswerk, zoals aangeleerd, is alleen niet voldoende. Voortbouwend op het basisschool- principe moet er voor de bovenbouw natuurkunde gestuurd worden in het groepsproces.

Goede samenwerking is nl. slechts mogelijk indien men afhankelijk van elkaar wordt, en daarvoor zijn wèl strategieën nodig.

Na twee jaar experimenteren volgen hier een aantal handvatten welke binnen het vak natuurkunde uiteindelijk gestalte hebben gekregen:

- Voor iedere les is een model uitgeschreven incl. tijd, werkvorm, plaats etc.
- De leerlingen nemen per groep een paragraaf door en maken een samenvatting waarin alle kernbegrippen vermeld en verklaard worden.
- Indien er verschil van mening is binnen een groep is er steeds één leerling binnen die groep die contact op-

neemt met de docent. (roulatie binnen ABCD systeem)

- Per een of twee paragrafen stelt de docent een beheersingstaak op. Deze bestaat uit eenvoudige ja/nee vragen betreffende de kennisverwerving (Questions)

Het doel hiervan is het benadrukken van de eigen verantwoordelijkheid bij het werken in groepen, tevens houdt de docent overzicht op de vorderingen.

- De beheersingstaak kan ook meer diepgang hebben. Dus niet als gedane huiswerk en attitude contrôle, maar als evaluatie van het integratie-stadium (Exercises).
- Voorafgaand aan een eindtoets krijgt elke groep een samenvatting van het hoofdstuk aangeboden. Deze samenvatting is echter "versnipperd" in 20 tot ca. 40 geplastificeerde kaartjes, welke in de juiste volgorde dienen te worden gelegd. Overzicht, overleg en organisatie zijn hierbij sterke punten.
- In de bovenbouw worden uitgebreide vraagstukken aangeboden welke in stukken zijn geknipt en waarin de onderverdeling in a, b, c, d, etc is weggelaten. De groep is gedwongen, diepgaand, de vraagstelling te reconstrueren alvorens deze tot oplossing te brengen (Problems).

Vanuit de werkgroep tweede fase, welke de aansluiting V.O. en H.B.O/W.O voorbereidt wordt zeer enthousiast gereageerd op onze didactische werkvormen. Ook andere scholen in onze omgeving komen nader kennis nemen van deze werkwijze. Het ligt in de bedoeling dat de tweede fase, waarin de school moet zijn omgetoverd in een studiehuis met grote zelfstandigheid van de leerling, in 1998 ingaat.

'Probleem Gestuurd Onderwijs: ermee aan de slag

Werkgroep 31

H. van de Loo



Vanaf 1991 is er binnen de studierichting Technische Natuurkunde (TN) van de Hogeschool Eindhoven (Fontys Hogescholen) een discussie gaande over het onderwijs. Hierbij moet gedacht worden aan: de aansluitingsproblematiek HAVO-HBO, de veranderde eisen die vanuit het beroepenveld aan de technisch ingenieur gesteld worden (o.a. sociale en communicatieve vaardigheden, leren leren, enz), de studeerbaarheidseisen, de aantrekkelijkheid van de opleiding, het rendement enz.

Dit alles heeft bij TN geleid tot invoering van **Probleem Gestuurd Onderwijs** vanaf augustus 1995.

Momenteel wordt de helft van het onderwijs in het eerste en tweede leerjaar gegeven in de vorm van PGO. De andere helft (met een studiebelasting van 20 klokuren per week) is in de vorm van basisvakken. Hierbij moet gedacht worden aan wiskunde, optica, mechanica, chemie, elektronica enz. De structuur en aanpak van de basisvakken is niet besproken in de werkgroep.

Bij het PGO werken onderwijsgroepen (van ongeveer 8 studenten) samen aan casussen. In het begin van de studie heeft een casus een studiebelasting van 20 klokuren. De casus wordt in één week opgestart en afgerond, in het bijzijn van een tutor.

De casussen bestaan uit praktijksituaties (of afgeleiden daarvan) verzameld in een viertal thema's. In de propedeuse van TN zijn dit:

I Meten aan beweging:

- versnellingsmeter
- rendement van een fietsdynamo
- stemmen van een gitaar
- bewegende beelden

II Processen sturen:

- de kamerthermostaat
- temperatuur van een dakpandroogkamer
- toerentalregeling
- enz.

III Warmtehuishouding:

- de heteluchtballon
- de zonnecollector
- enz.

IV Fundamenteel onderzoek aan de materie:

- de rookmelder
- de metaaldetector
- enz.

Per kwartaal is er een thema. De onderwerpen die aan de orde komen zijn zó gekozen dat een aantal theorieonderwerpen, praktische vaardigheden en sociale en communicatieve vaardigheden geïntegreerd worden.

Vanuit het beroepsprofiel van de HBO ingenieur Technische Natuurkunde zijn eindtermen en doelstellingen afgeleid. Deze doelstellingen komen terug in de casussen.

Na een korte inleiding over de visie, doelstellingen, de huidige situatie en de kenmerken van PGO werden de deelnemers verdeeld over drie "onderwijsgroepjes". Om een zo goed mogelijk idee te krijgen over de invulling van PGO bij Technische Natuurkunde werd de casus 'de kamerthermostaat' uit de propedeuse aangepakt. De tutorrol, die bij wijze van uitzondering ook de rol van voorzitter van de onderwijsgroep was, werd vervuld door de drie werkgroepeliders: Pieter Jansen en Wim Maagdenberg van de Pedagogische Technische Hogeschool (PTH) die nauw betrokken waren bij de ontwikkeling en Hans van de Loo, docent Technische Natuurkunde. In de dagelijkse praktijk is een docent de tutor.

Van de zevensprong, een systematische manier om aan een casus te werken, werden de eerste 5 stappen gemaakt. Na stap 5 ligt er normaal gesproken een werkplan voorzien van doelstellingen zodat iedereen weet waar hij of zij de rest van de week aan gaat werken. Door het enthousiasme, de belangstelling over het onderwerp en vragen over de onderwijsvorm is dit werkplan niet meer tot stand gekomen.

Voor de deelnemers is het duidelijk geworden wat het PGO bij Technische Natuurkunde uit Eindhoven inhoudt, hoe zo'n casusbeschrijving eruit kan zien, hoe de studietask en practicumtask uitgevoerd worden, wat de rol is van de studenten en de tutor.

Daarnaast is er nog enige discussie geweest over de volgende prikkelende stellingen:

- Natuurkunde dient toepassingsgericht onderwezen te worden. PGO is daar een voorbeeld van.
- Het ontwikkelen van de A-vaardigheden kan niet zonder PGO.
- PGO is dé manier om het examendossier invulling te geven.

Door een aantal docenten uit het VO is heel nadrukkelijk uitgesproken dat het werken met casus-achtige opdrachten goed mogelijk is binnen de bovenbouw van het VO. Zo'n opdracht zou zich moeten profileren door een niet eenduidige oplossingsmethodiek, door groepen aangepakt moeten worden en vakoverstijgend kunnen of moeten zijn.

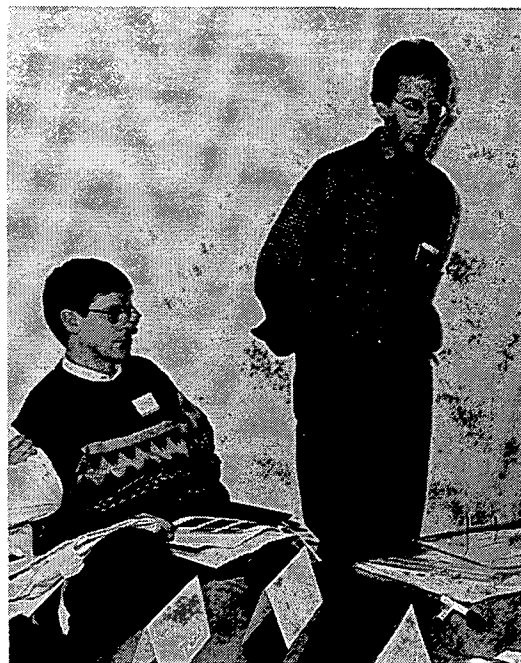
Het werken aan zo'n opdracht, de verslaglegging daarvan en het beschrijven van de leerlingactiviteiten in het kader van het groepswerk zagen zij zeker als een van de onderdelen van het examendossier.

Aan de deelnemers is een setje kopieën overhandigd met daarin:

- handout van de sheets,
- studenten tekst over: *Studeren met een integratiemodule, de 7-sprong*
- enkele casusteksten (de kamerthermostaat, de versnelingsmeter, temperatuurmetingen in een dakpandroogkamer) gedeeltelijk voorzien van studietaken
- leerdoelen en evaluatie
- de eerder genoemde stellingen

Indien U vragen, interesse, commentaar heeft of belangstelling voor bovenstaand setje kopieën kunt U contact opnemen met:

Hans van de Loo, Studierichting Technische Natuurkunde (Fontys Hogescholen), tel: 040-2605367, 040-2605355 (secretariaat) of 073-6565967 (privé na 20.30 u)
Postbus 347, 5600 AH Eindhoven



Vaardigheden in het Centraal Examen

Werkgroep 32

J. Hendricx & B. Kneepkens



De werkgroep werd op zaterdagmorgen bijgewoond door zo'n 15 belangstellenden. Eerst was er een korte inleiding over de plaats van vaardigheden in het nieuwe examenprogramma. Vervolgens kregen de deelnemers een drietal eindexamenvragen voorgelegd van een geheel ander type dan gebruikelijk. In drie groepen werd gediscussieerd over de voor- en nadelen van dit soort vragen. Met name de acceptatie door 'het veld' vormt bij de definitieve besluitvorming over het opnemen in het centrale examen een rol. Tijdens de gesprekken in de werkgroep is een eerste indruk ontstaan van die acceptatie. Bovendien zijn er een aantal interessante gedachten geformuleerd, die zeker hun weg naar de examenmakers zullen vinden.

Om een concrete indruk te krijgen van de examenvragen en de discussiepunten volgt hier een samenvatting: De eerste twee vragen horen bij een krantenartikel met de kop: 'Kernenergie uit thorium krijgt nieuwe kans'. Het artikel is hetzelfde als dat van opgave 1 uit het tweede tijdvak eindexamen 1996 vwo. Het beschrijft een nieuw type splijtingsreactor, dat "niet draait op uranium, maar op thorium". Er worden een aantal voordelen van deze zogenaamde Rubbiareactor genoemd. De vragen over het artikel luiden:

In het artikel worden een aantal verschillen genoemd tussen een "Rubbia-centrale" en de manier van energie-opwekking in bestaande centrales.

1. Noem drie van die verschillen.

In zogenaamde conventionele centrales wordt fossiele brandstof (kolen, olie, gas) gestookt. Vergeleken met deze conventionele centrales zijn er zowel voordelen als nadelen verbonden aan de nu in gebruik zijnde kerncentrales.

2. Leg uit of je standpunt ten aanzien van kernenergie zou veranderen als de nu in gebruik zijnde kerncentrales zouden worden vervangen door 'Rubbia-centrales'. Beargumenteer je standpunt en de eventuele verandering daarvan door voor- en nadelen te noemen van de huidige

kerncentrales ten opzichte van conventionele centrales, en door aan te geven of deze voor- en nadelen veranderen bij het gebruiken van 'Rubbia-centrales'.

De derde vraag die in de werkgroep is besproken, heeft betrekking op een heel andere vaardigheid. Ook deze vraag is afgeleid van een recente examen-opgave (eerste tijdvak vwo 1996). Leerlingen van een school moeten een manier bedenken om de snelheid van een trein te meten. De vraag over die context luidt:

Vlakbij de school, enkele honderden meters van elkaar, bevinden zich twee spoorwegovergangen. De treinen fluiten daar. Een groep leerlingen heeft bedacht dat het Dopplereffect gebruikt kan worden om de snelheid van een trein te meten. Jij maakt deel uit van die groep.

3. Beschrijf het onderzoeksplan van jouw groep.

In dat plan moeten de volgende punten beknopt aan de orde komen:

- een beschrijving van de metingen die jullie gaan doen*
- de instrumenten die jullie daarbij gebruiken*
- een beknopte theoretische achtergrond waaruit moet blijken hoe jullie metingen tot de gewenste snelheidsbepaling kunnen leiden.*

Enkele belangrijke discussiepunten die aan bod kwamen waren:

Is vraag 1 tekstverklaren of natuurkunde? En stel dat vraag 1 meer tekstverklaren dan natuurkunde zou zijn, is het dan wellicht toch een zinvolle vraag in het nieuwe c.e.?

De meningen liepen sterk uiteen, maar de vrijwel unanieme conclusie was dat vraag 1 zinvol in het nieuwe c.e. zou passen. Liefst bij ANW vonden sommigen!

Een belangrijk discussiepunt bij vraag 2 was het vragen naar een persoonlijk standpunt van de leerling. Dat zou wel eens onbedoelde neveneffecten kunnen hebben, zoals sociaal gewenst antwoordgedrag. Verder is het mogelijk

dat leerlingen (nog) geen standpunt hebben ingenomen over dit onderwerp. De vraag levert dan merkwaardige problemen op voor de leerling! Overigens werd de vraagstelling als (te) gecompliceerd ervaren: zeker niet voor havo.

Een voorzichtige conclusie uit de discussie is een voorkeur naar standpuntsvragen die geen persoonlijke component hebben (ondanks de desbetreffende eindterm, waarin wel degelijk sprake is van een persoonlijk standpunt!).

Een aantal voors en tegens van een gegeven standpunt (fysisch) laten beargumenteren lijkt al een hele stap vergelijken met het 'oude' examenprogramma.

Bij vraag 3 waren de examenmakers vooral benieuwd naar de acceptatie van dit type vragen in een schriftelijk centraal examen. De vraag lijkt immers vooral geschikt voor het schoolexamen, waarin leerlingen flink wat eigen experimenteel onderzoek doen, zowel in de wat langere onderzoeksopdrachten als in het profielwerkstuk. Wel, de reacties waren toch vooral positief: dit type vragen lijkt op een brede acceptatie te kunnen rekenen. Zelfs de drie aandachtspunten die in de vraag genoemd worden, zouden eventueel wel weggelaten kunnen worden: leerlingen leren immers in de nieuwe tweede fase waaraan in een onderzoeksplan aandacht dient te worden besteed! Vraag drie werd overigens als een erg pittig voorbeeld van een onderzoeksvraag beoordeeld.

Vanzelfsprekend zijn er veel meer argumenten en gedachten aan bod gekomen dat in dit korte verslag genoemd worden. Ze zullen ongetwijfeld een rol spelen bij de besluitvorming over nieuwe vraagvormen in de toekomstige eindexamens. We danken de deelnemers aan de werkgroep voor hun inzet: het was een leerzame ochtend!

De basis voor het studie-huis

Werkgroep 33

J. Michels & J. Leisink



Het programma van deze workshop zag er als volgt uit:

- een korte verklaring van de titel
- kijken naar een video
- kennismaking met verschillende open onderzoeken en de beproefde werkwijze van Zipper.

De leerling moet na het doorlopen van de basisvorming veel zelfstandiger geworden zijn dan voorheen.

De leerling kan na de basisvorming zelfstandig:

- studeren;
- werken;
- onderzoeksvragen formuleren;
- proeven doen.

Het programma van de basisvorming is daar op geschreven. De nadruk ligt op het ontwikkelen van vaardigheden, die zelfstandig toegepast kunnen worden. Er is minder leerstof en minder formule werk opgenomen. Het vak natuurkunde heeft plaats gemaakt voor een nieuw vak natuur- en scheikunde.

Een vak waarin een sommencultus heerst en waarin kennis wordt ingeslepen heeft in de basisvorming het veld moeten ruimen voor een geheel nieuw vak waarin het practicum een prominente plaats heeft gekregen.

Daardoor is ook de rol van de docent veranderd.

De docent in de basisvorming is minder gaan doceren en meer gaan begeleiden.

In de video werd gekeken naar een practicum les. Zowel het zelfstandig werken van leerlingen als de rol van de begeleider kwamen goed in beeld.

Bij het open onderzoek stond het volgende opgesteld:

- snelheidsmeting;
- geluid;
- warmte;
- demo materiaal;
- verslagen van leerlingen.

Zelfs na afloop van de workshop werd de ruimte met het daarin opgestelde materiaal vanuit Zipper door diverse geïnteresseerden bezocht.

De tweede fase vernieuwt; en hoe moet dat met ons boek?

Werkgroep 36

R. Knoppert



Onder leiding van Pierre van Meeuwen, Cees Mulder en Rob Knoppert vond een geanimeerde discussie plaats met als belangrijkste begrippen: 'schoolboeken' - 'studiehuis' - auteurs' - 'uitgevers'. Engels lesmateriaal, uitgegeven onder de titel Appil, werd onder de deelnemers verspreid. Het bijgaande artikel, verschenen in NVOX 21e jaargang nummer 10, is een goede illustratie van de gevoerde discussie."

Zelfstandige boeken

Ze zeggen dat er een studiehuis komt en ze zeggen dat leerlingen daar zelfstandig gaan werken/leren/studeren*). Dat doen de leerlingen niet vanzelf. Daartoe zullen zij worden aangezet door hun leraren. Hoe deze leraren dat aanzetten zullen doen, daar denken de leraren dikwijls over na.

Behalve hun leraar hebben de leerlingen in het studiehuis een boek - net als nu. Maar als zij zelfstandig moeten gaan werken/leren/studeren*) moeten zij niet alleen een ander soort leraar hebben - een leraar die er niet zoveel zal zijn - maar ook een ander soort boek.

Schoolboekenschrijvers zijn op dit moment druk aan het schrijven aan de nieuwe boeken. Weten zij hoe zo'n studiehuisboek er uit moet zien? Is daar heel goed door veel mensen over nagedacht? Tweemaal neen. Ik beschik over drie bronnen te gebruiken bij het schrijven van studiehuis boeken, twee Nederlandse en een Engelse. Vooral het Engelse materiaal is aanleiding tot dit artikel. Hier volgt een korte bespreking.

De WvG-lijn.

De WvG-lijn is een geheim stuk dat de auteurs van Wolters Noordhoff instrueert over het schrijven van boeken voor het studiehuis. Wolters Noordhoff is denk ik de grootste schoolboeken uitgever van Nederland. Wegens de eisen van geheimhouding kan ik over dit werk niet veel zeggen. Er staan best aardige dingen in, maar hier is een

wat minder nuttig citaat:

"zelfstandig leren (ook wel 'leren leren' genoemd): is gericht op het verwerven van studievaardigheden en het kweken van een bepaalde werkhouding".

Helaas, hier staat een blunder zo groot dat een mens zich kan afvragen hoe dat straks moet met de boeken van die uitgever.

Handreiking voor uitgevers

De SLO heeft een bundel met de titel 'Handreiking voor uitgevers' uitgegeven. De bundel bestaat uit drie delen: een algemeen deel waarin "de belangrijkste vernieuwingskenmerken voor de tweede fase", een deel met informatie per vak, en een deel over toetsing. In het algemene deel treft men de begrippen die de laatste tijd door zovelen zo vlijtig worden overgeschreven: leerfuncties - zelfverantwoordelijk leren - metacognitie - leren leren - vaardigheden - samenhang. Ik denk dat een schrijver er niet veel mee kan.

In deel 2 is het hoofdstuk natuurkunde geschreven door Biezeveld, welbekend schrijver van Scoop. Twee nuttige onderdelen springen er uit: stroomschema's waaruit afgelezen kan worden in welke verschillende volgorden de leerstof behandeld kan worden, en een lange inspirerende lijst van typen opdrachten. Over de stroomschema's verschil ik didactisch van mening met Biezeveld. Bijvoorbeeld: arbeid en energie hoeft niet na kinematica. Ook het hoofdstuk scheikunde bevat stroomschema's. Over het hoofdstuk biologie beschik ik niet.

Appil

Veel interessanter en leerzamer is het materiaal dat aanleiding was voor dit artikel. Appil = Advanced physics project for independent learning. Het is een natuurkunde methode voor A-level in de periode 75-78 ontwikkeld in Engeland. Het is geschreven voor scholen met te kleine natuurkunde clusters, voor leerlingen die voor ongeveer

70% van de tijd op zichzelf moeten werken in hun eigen school. De methode bestaat uit een docentengids, een leerlingengids, tien kleine leerlingenboeken met tien docentenhandleidingen. Ik beschik over de twee gidsen, over een leerlingenboek ("wave properties") en de daarbij horende docentenhandleiding.

Het materiaal verschilt in veel opzichten van wat bij ons gebruikelijk is. Het bevat zaken die wij meestal niet in onze methodes tegenkomen. Ik noem er een aantal.

- De theorie in de leerlingenboeken is heel beknopt gepresenteerd. Naast het APPIL materiaal moet de leerling over minstens een 'textbook' beschikken, en toegang hebben tot 'reference books', audio-visuele hulpmiddelen, apparatuur en assistentie voor praktikum, zo staat in de docentengids. Hier wordt dus onderscheiden dat van werkelijk zelfstandig leren geen sprake is zolang de leerling over zegge en schrijve 1 tekst beschikt.
- Alternatieve routes, overeenkomstig de stroomschema's in SLO brochure, worden besproken. Deze routes geven de mogelijkheid de hoofdstukken (de leerlingenboeken) in verschillende volgorde te bestuderen. Let wel, het betreft dus meerdere routes om *deze methode* te gebruiken.
- De leerlingengids bevat kleine stukjes leerpsychologie over onder andere 'active learning', leerstijlen, de werking van het geheugen, manieren van lezen, planning.
- Er zijn instaptoetsen, met behulp waarvan de leerling kan vaststellen of hij over de benodigde voorkennis beschikt. Daaraan gaat vooraf een opsomming van de leerdoelen die de leerling al bereikt moet hebben. De instaptoets wordt gevolgd door een stroomschema binnen een hoofdstuk met naar wat ik voor het gemak noem reparatielessen. Daarbij wordt verwezen naar onderbouw boeken. (Wat aardig zou dat zijn, als een Wolters Noordhoff boek zou verwijzen naar een methode van Malmberg, of omgekeerd)
- Expliciet komen *leerlingenactiviteiten* aan de orde, met nadruk op het feit dat deze velerlei kunnen zijn.
- De auteurs onderscheiden vier typen opgaven: 'study questions, development questions, self-assessment questions, questions on objectives'. De leerlingenboeken bevatten de uitgewerkte antwoorden op de self-assessment questions.
- Iedere docentenhandleiding (per hoofdstuk is er dus een) bevat naast de gebruikelijke onderdelen zoals voor proeven benodigde materialen, uitgewerkte antwoorden op toetsvragen, enzovoorts ook een bibliografie en een lijst van audiovisueel materiaal en zelfs voor die tijd revolutionair: software.
- De leerlingenboeken hebben een complexe maar heldere structuur (en laat niemand zeggen dat die twee zaken met elkaar in tegenspraak zijn), waarbij toch aan de leerling keuzemogelijkheden worden gelaten. De leerlingenboeken bevatten proefbeschrijvingen, met opdrachten. Er is een lijst van grootheden en eenheden, er is verdiepingstof, enzovoorts.

- De docentenhandleidingen bevatten een 'progress monitor' waarop de docent de vorderingen van de leerling kan bijhouden.

Zoals al eerder gesignaleerd, gaat het in Nederland niet goed met het schrijven van methodes. De didactiek wordt meer en meer gemaakt door of onder auspiciën van de educatieve uitgevers. Steeds meer is de uitgever de voor een methode bepalende factor.

De auteur(s) geeft opdracht middels een tussenpersoon, de uitgever, zijn didactiek in boekvorm te produceren door een drukker. Zo gaat het niet.

De uitgever huurt schrijvers, nederige letterboeren, in om zijn qua concept al ontwikkelde pagina's - zie de WvG-lijn - op te vullen. Zo gaat het.

Dat is fout op grond van twee redenen.

1 De uitgevers zijn commerciële instellingen. Dat is niet erg. Albert Heijn is ook commercieel en ergens moeten we pindakaas en schoolboeken kunnen kopen. Het bezwaar is dat niet-commerciële aspecten van een methode niet worden ontwikkeld. Verwijzing naar materialen - boeken, software, CD-ROMs, enzovoorts - vindt niet plaats, zeker niet als het materiaal van de concurrentie is. Nuttige materialen worden niet geproduceerd, zoals bijvoorbeeld uitgewerkte antwoorden en toetsen op schijf. De uitgevers kunnen op grond van commerciële overwegingen niet hun nek uitsteken en brengen dus geen vernieuwende methodes op de markt. Voortdurend schuiven zij naar het behoudende midden.

2 De uitgevers zijn niet deskundig. Er lopen geen hoog gekwalificeerde didactici rond die tijd en geld hebben om ontwikkelwerk te verrichten. Didactische vernieuwingen blijven daardoor achterwege.

Dat didactische ontwikkelingen in methodes stagneren komt door ons calvinisme. Didactici werkzaam bij universiteit, hogeschool of pedagogisch instituut onthouden zich van commercieel werk. Het zijn nobele opvattingen die ongewenste gevolgen hebben. Een markant voorbeeld: hoewel op de Universiteit van Utrecht een enorme hoeveelheid didactische kennis bestaat op het gebied van het nieuwe vak ANW wordt door deze mensen niet mee geschreven aan een commerciële methode. Het voorbeeldlesmateriaal dat onder hun hoede ontstaat zal helaas binnenkort bij het oud papier liggen.

Er zijn voorbeelden waarbij er wel samenwerking was/is tussen didactici en docenten, met uitgevers in een meer dienende rol. Ik noem er twee: DBK, geschreven door docenten in samenwerking met de VU uitgegeven door Malmberg; 'Theorie uit experiment' ontwikkeld door de universiteit Nijmegen, samen met docenten uitgegeven in eigen beheer. Het kan dus wel.

*) doorstrepen wat niet verlangd wordt

De kracht van Multimedia in het Mechanica onderwijs.

Lespakket modelling voor de bovenbouw

Werkgroep 37

P. Molenaar



1. Inleiding

Reeds enige jaren is aan de Afdeling Didactiek Natuurkunde van de UvA onderzoek verricht aan het effect van het gebruik van Multimedia in het Mechanicaonderwijs aan de bovenbouw. De onderzoeksresultaten worden gerapporteerd in paragraaf 2. Als bijproduct van dit onderzoek is een lespakket modelling in de bovenbouw ontwikkeld. Een overzicht van dit lespakket wordt gegeven in paragraaf 3. Recentelijk is onderzoek verricht aan het gebruik van Multimedia in het Mechanicaonderwijs in de onderbouw. Onderzoeksresultaten worden gerapporteerd in paragraaf 4.

2. Mechanica in de bovenbouw in een Multimedia aanpak

In drie jaar is het verloop van de begripsontwikkeling in de Mechanica onderzocht aan een groep VWO-leerlingen met de Hestenes Force Inventory Test. Het scoreverloop geeft aan dat de begripsvorming effectief is in een Multimedia aanpak.

Scoreverloop;

	Vóór het Mechanica onderwijs	28%
Zonder Multimedia aanpak	Na het Mechanica onderwijs	54%
Met Multimedia aanpak	Na het Mechanica onderwijs	74%
	Eén jaar na het onderwijs	65%
	Twee jaar later; eindexamen	74%
Resultaten tijdens het eindexamen		
	Mechanicaconcepten	67%
	Niet mechanicaconcepten	56%

3. Lespakket modelling voor de bovenbouw

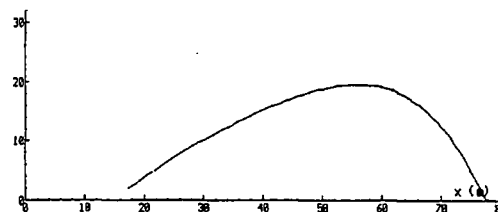
Bij het onderzoek naar het effect van een Multimedia aanpak is een serie modelling proeven gebruikt om tot een didactische opbouw van vaardigheden in modelling te komen.

1. Parachute
2. Voetbal
3. Trillingen
4. Numerieke natuurkunde

3.1. *Parachute*. Een eenvoudig model waarmee leerlingen leren te manipuleren met het programma. Door het veranderen van de massa of het oppervlak van de parachute wordt het effect op snelheid, valhoogte en kracht bekeken.

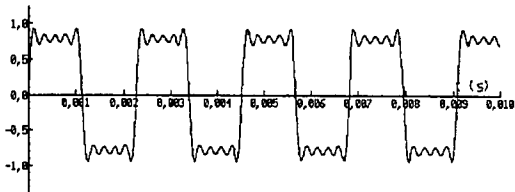
3.2. *Voetbal*. Een wat ingewikkelder model omdat de beweging in twee richtingen moet berekend worden en de luchtwrijving in richting verandert. Zeer terecht protesteerden leerlingen dat het resultaat niet juist kon zijn. Ondanks gunstige startwaarden kwam een weggetrapte bal niet verder dan 40 meter.

In een open onderzoeksopdracht konden leerlingen aantonen dat t.g.v. de zogwerking boven de 27,2 m/s de luchtweerstand-coëfficiënt C_w voor een bol een dramatische vermindering van 0,45 naar 0,09 ondervindt. Daardoor blijkt het mogelijk te zijn veel verder te schieten zelfs tot 70 meter en blijkt dat de baan van de bal verre van parabolisch is.



Figuur 1 Beweging van een bal met $v_0=35$ m/s onder een hoek van 37°

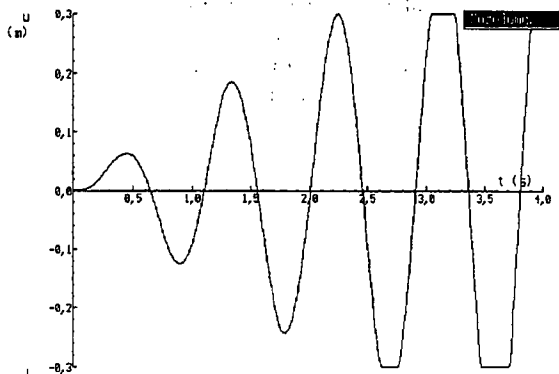
3.3A. *Trillingen; Fouriersynthese*. Een eenvoudig programma waar leerlingen een aantal mogelijke combinaties van sinussen kunnen berekenen zodat een blok, driehoek of zaagtand ontstaan. Hier wordt meer begrip van de stappen in het model gevraagd (Zie figuur 2).



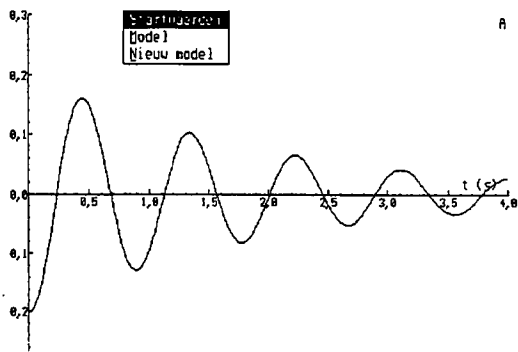
Figuur 2: Fouriersynthese van 4 sinussen

3.3B. Gedempte en Gedwongen trilling. Allereerst moet de leerling de consequentie van het invoeren van een wrijvingsterm $-k \cdot v$ begrijpen.

Daarna moet nog een gedwongen periodieke kracht worden toegevoegd waardoor resonantie is aan te tonen. De kritische voorwaarden van demping en resonantie worden in het model duidelijk en de fysische achtergrond hiervan levert veel begrip van demping en resonantie (Zie figuur 3 en 4).



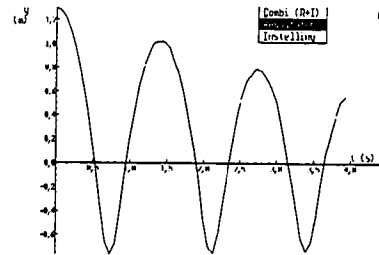
Figuur 3: Resonantie



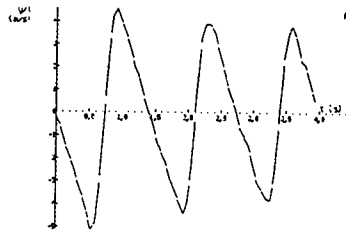
Figuur 4: Demping

3.3C. Numerieke natuurkunde; Het manipuleren met de computer maakt leerlingen slordig in het interpreteren van metingen. "De computer rekent het wel uit". Dat bewerkingen uitgevoerd aan data verantwoord moeten zijn moet leerlingen worden aangeleerd. Een gecompliceerde beweging gemeten met een videobeeldplaat van een meisje springend op een trampoline wordt uitgewerkt met diverse

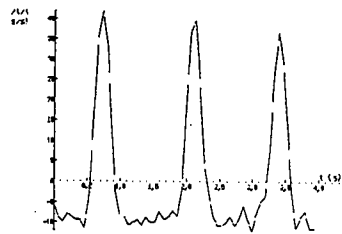
differentiemethodes. Leerlingen combineren dan modelberekeningen met realistische metingen en selecteren de beste bewerkingsmethode (zie figuur 5, 6 en 7).



Figuur 5: Sprong op een trampoline: de hoogte



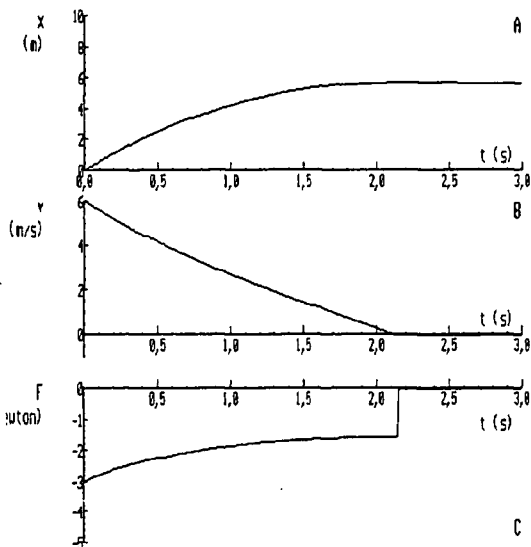
Figuur 6: Sprong op een trampoline: de snelheid



Figuur 7: Sprong op een trampoline: de versnelling

4. Mechanica in de onderbouw in een Multimedia aanpak

Uitgangspunt bij het werken in een Multimedia aanpak is, dat als leerlingen een nieuw fysisch concept wordt aangeboden een groot deel van de leerlingen pas na herhaald aanbieden van dit concept tot begrip komt. Voorwaarde is wel, dat bij de herhaling dit concept steeds op een andere manier wordt aangeboden, anders treedt verveling op; een onderwijskundige ramp. Een optimum blijkt te zijn dat na 5 keer de meeste leerlingen hun leerweg wel gevonden hebben. Onderzoek is verricht aan de introductie van de beweging van een kar. De leerlingen moesten een proef doen met een afstandssensor en een computer; een modeling proef waarbij gemanipuleerd werd met een aangeboden model en Interactieve Video. In de cursus 1994/1995 is een vergelijkend onderzoek aan een groep leerlingen die Mechanica leerden mét en een groep zonder Multimedia aanpak. In de cursus 1995/96 is het onderzoek herhaald. De leerlingen werden verschillende pre en posttests afgenomen.



Figuur 8: Beweging van een kar
afstand, snelheid en kracht

Als eerste test werden 21 relevante vragen uit de Mechanicatest van Hestenes genomen. De pretest resultaten waren dramatisch slecht maar ook na 22 lessen over bewegingen en krachten bleek, dat er nog weinig begrip is van de Newtonse Mechanica (Zie figuur 9). De concepten zijn nog te lastig en de voorschoolse Mechanicabeelden spelen een te sterke rol. Omdat de ervaringen van de leerlingen juist overeen komen met de misconcepties blijven deze misconcepties een rol spelen.

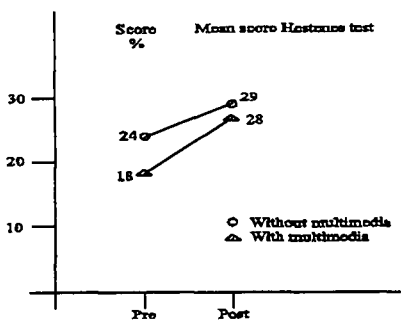


Fig 9: Resultaat Pre- and Post-Hestenes test
Groep zonder Multimedia $n=53$ $p=0,0150$
Groep met Multimedia $n=52$ $p=0,0025$

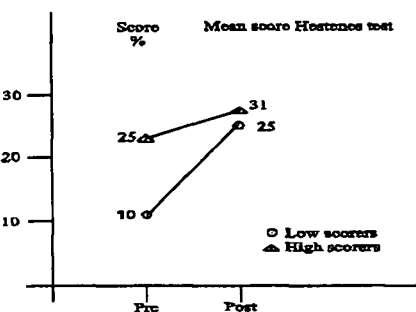


Fig 10: Resultaat Pre-and Post-Hestenes test
Twee groepen met Multimedia aanpak
Laag scorenden $n=26$ $p=0,0013$
Hoog scorenden $n=26$ $p=0,1900$

De leraar moet daarom tevreden zijn met een introductie van de Verkeer en Veiligheidsdoelen uit de basisvorming. Laat de leerling ervaringen opdoen op een concreet niveau en laat ze verbaal en schriftelijk communiceren over bewegingen en krachten. De leraar moet zich niet laten verleiden tot het introduceren van de wetten van Newton. Onverwacht bleek dat de leereffecten zeer groot zijn bij de laagscorende leerlingen. Multimedia benadering helpt vooral de slechte leerling. De leereffecten voor de hoogscorende leerlingen zijn minder evident. (Zie figuur 10).

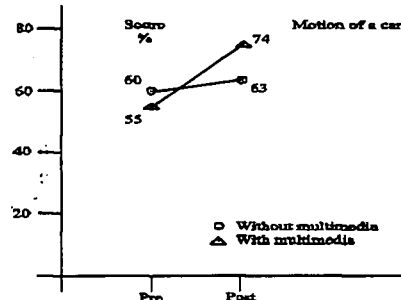


Fig 11: Resultaat Pre- and Post-test:

Beweging van een kar

Transfertest: concept lijkt op onderwezen concept

Groep zonder Multimedia $n=28$ $p=0,2200$

Groep met Multimedia $n=25$ $p=0,0001$

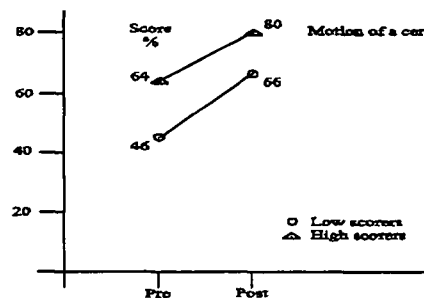


Fig 12: Pre- and Post-test:

Beweging van een kar

Transfertest: concept lijkt op onderwezen concept

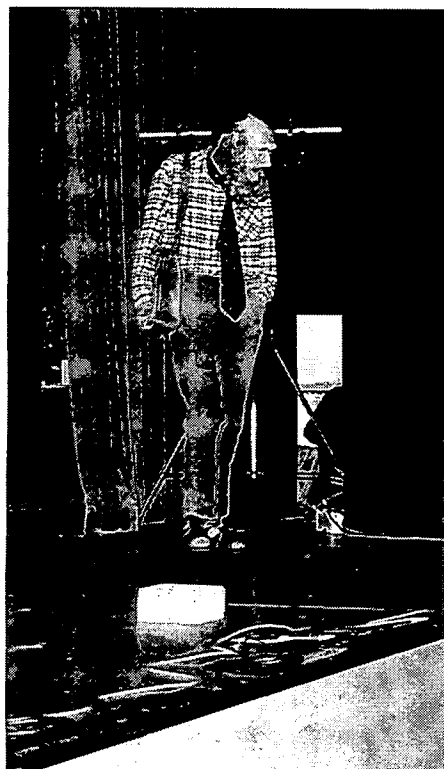
Groep met Multimedia aanpak $n=27$

Hoog scorenden $p=0,002$ Laag scorenden $p=0,0002$

Uit de tests bleek verder, dat bij een controle test over niet-onderwezen Mechanica concepten en concepten die op dezelfde wijze onderwezen waren in beide groepen, geen verschil was tussen de groep met en zonder Multimedia aanpak, maar in de transfertest (een test over concepten die nauw gerelateerd waren aan de al dan niet in Multimedia aanpak aangeboden concepten) zeer goed scoorden en weer vertoonden vooral de slechte leerling de grootste progressie (Zie figuur 11 en 12). Tenslotte toonde het resultaat van de test over onderwezen concepten het grote verschil van een 50 % hogere score door de leerlingen die met Multimedia werken. Overduidelijk bleek hieruit het positieve effect van het onderwijzen met een Multimedia aanpak.

Einstein maakt nog geen Studiehuis

*Toneelstuk door de theatergroep Instant
van het Cultureel Centrum Parnassos, UU*







Eurofysica
DEN BOSCH

Marktinformatie practicummateriaal

Eurofysica en:

Documentatie

- wij beschikken over een uitgebreid documentatiepakket. Op verzoek sturen wij u graag gerichte informatie toe.

Praktikant

- wij houden u met onze Praktikant op de hoogte van nieuwe ontwikkelingen en speciale aanbiedingen. Toezending op uw verzoek.

Materiaallijsten

- wij beschikken over materiaal-lijsten behorend bij uw methode voor natuur- en scheikunde of biologie.

Advies

- onze medewerkers adviseren u deskundig en uitgebreid, op onze toonzaal of bij u op school, omtrent (her)inrichting van uw lokaal.

Offertes en prijzen

- wij maken voor u een op maat gesneden offerte eventueel in overleg met onze adviseurs.
- wij hanteren prijzen inclusief BTW

NIC Best Deal

- wij leveren automatisch volgens de Best-Deal-Mantelovereenkomsten van het Nederlands Inkoopcentrum. Deze gunstige condities vindt u terug in de Best Deal map van uw school.

Conditie

- voor scholen die centraal inkopen hanteren wij gunstige condities. Op verzoek willen wij u daar graag over informeren.

Natuurkunde

algemene hulpmiddelen
demonstratie-apparatuur
fysische informatica
meetapparatuur
practicum-instrumenten
voedingen

Scheikunde

atoommodellen
balansen
chemicaliën en indicatoren
glaswerk
hulpmiddelen
laboratoriumapparatuur
statiefmateriaal
veiligheidsprodukten

Biologie

dierkunde modellen
menskunde modellen
microscopen
milieuonderzoek
oefenpoppen
plantkunde modellen
practicum-instrumenten
transparanten
videobanden
wandplaten

Wiskunde

constructie-systemen
meetinstrumenten
modellen
practicum-materiaal
wiskunde-box

Techniek

besturings-techniek
elektronica
gereedschap
demonstratie-modellen
pneumatiek