

WOUDSCHOTEN

'89

COMPUTERS

*in het
natuurkunde-
onderwijs*

**VERSLAG
WOUDSCHOTEN CONFERENTIE
1989**

WERKGROEP NATUURKUNDE-DIDAKTIEK

Laboratorium voor Vaste Stof
Princetonplein 1
3584 CC Utrecht
Tel. 030-531179

Bestuur:

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

Verslag:

Redactie	P. Verhagen
Typewerk	Y. Sweers
Foto's	I. Juhász
Omslag ontwerp	ONDERWIJS MEDIA INSTITUUT
Ontwerp binnenwerk	P. Donker
Drukkerij	Pressa Trajectina

Voorwoord

Alle begin is moeilijk. Dat geldt zeker voor het werken met computers, zoals Uw redacteur heeft mogen merken nu dit verslag voor het eerst met een Desk Top Publishing programma is samengesteld. Ook geldt het voor het gebruik van de computer in de natuurkundeles, dat blijkt wel uit het fabelachtige aantal inschrijvingen. Nog nooit in de geschiedenis van de Woudschotenconferentie hebben wij leden de toegang moeten ontzeggen. Ook zij die zich onaangekondigd meldden in Noordwijkerhout, moesten onverrichterzake naar huis terugkeren.

Computers, een controversieel onderwerp? Bij vorige conferenties stond er op de onderwerpenflap steevast 'computers', gevolgd door een flink aantal adhesie-streepjes. En daarachter stond dan 'maar dan kom ik zeker niet', ook weer met een aantal streepjes. Zouden ze nu ook echt niet gekomen zijn? Het controversiële is er nu wel een beetje af, hebben wij de indruk en we hopen dat deze conferentie er toe heeft bijgedragen dat computers een normaal verschijnsel in de natuurkundelessen worden. Zo langzamerhand beginner er ook aardige en bruikbare toepassingen te verschijnen, toepassingen waarvoor je niet eerst een 14-daagse cursus hoeft te volgen alvorens één proefje in de les te kunnen doen. Het bestuur heeft geprobeerd er een werkconferentie van te maken door meer werkgroepen te programmeren en veel computers in huis te halen. We hebben de indruk dat dat redelijk is gelukt, onder andere door de grote inzet van de werkgroephouders, waarvan sommigen een groot aantal computers meegebracht hadden. In dit verslag vindt U gelukkig de tekst van bijna alle werkgroepen. Met de tekst van de lezingen is het droevig gesteld; ondanks toezegging vooraf en herhaalde verzoeken was slechts een deel van de lezinghouders bereid of in staat om de tekst uit te schrijven. Dat is ook de reden van het late verschijnen van dit verslag.

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

Wij werken alweer aan de volgende conferentie, de 25e ditmaal. Mocht U een idee hebben om deze, toch wel feestelijke, conferentie tot iets bijzonders te maken dan horen wij dat graag van U. Maar ook zonder briljante ideeën bent U van harte welkom op deze lustrumconferentie. Het onderwerp staat al vast maar blijft nog even geheim.

P. Verhagen
secretaris WND

Inhoud

Voorwoord	1
Inhoud	3
Programma	5

Lezingen

Modelleren. Van computeractiviteit naar leeractiviteit <i>Fred van 't Hul</i>	11
Geïntegreerde systemen: mogelijkheden en haalbaarheid <i>J.P.M. Titulaer</i>	19

Werkgroepen

1. Fysische informatica: technische automatisering <i>C. de Beurs</i>	27
2. Leren van Microworlds <i>I. de Bruijn</i>	32
3. Software en onderwijsdoelen, hoe organiseer je dat? <i>H. v.d. Rijst</i>	34
4. Procesbesturing <i>J. Schimmel & A. Timmermans</i>	35
5. Rechtlijnige bewegingen <i>J. de Schipper en T. van de Kooy</i>	36
6. IP-COACH bij demonstratie en practicum <i>J. Robijn,</i> <i>P. Hulshoff, B. van Putten & A. de Haan</i>	38
7. Creatieve elektronica <i>E. Walinga/Schoeman</i>	39
8. Fysische informatica: Computertoepassingen in de natuurkunde <i>C.H.T. Mulder</i>	42
9. Interactieve media <i>F.H.J. Havekes</i>	46
10. Aardmagneetveld met computer gemeten <i>W. van Dijk & J.L. van Koeveringe</i>	47
11. Meten met BBC-computer <i>F. Spijkers</i>	49
12. Fieldvision, Maxwell in de computer <i>Leon Vogels</i>	50
13. Docenteninformatiesysteem <i>H. Verstappen</i>	54
14. Fourieranalyse & Alternatieven <i>Drs. J.C.J. Masschelein</i>	55
15. Mogelijkheden met spreadsheets in het natuurkundeonderwijs <i>H. Jordens</i>	61
16. Computer Ondersteund Onderwijs (COO) <i>R. Staal</i>	64
17. <i>K. Neuvel</i>	65

18. Project Uitvoering Deskundigheidsbevordering Fysische Informatica <i>H.P. Geerke</i>	73
19. Hard core en Trash in de klas. Ofwel de fysica van de basgitaar <i>P. Molenaar</i>	76
20. Een praktikum DMS aan de UvA <i>J.A. Dekker, didaktiek natuurkunde UvA</i>	80
21. De DBK-computergroep <i>H. Botterweg</i>	82
22. Gesimuleerde elektronen doen het wonderwel <i>P. Licht en J. Frankemölle</i>	83
23. COO-partners <i>J.P. Paulides</i>	87
24. DMS in de natuurkundeles <i>F. Kulik</i>	88
25. NEMO in 4-VWO <i>J.W. Drijver</i>	89
26. Op zoek naar heuristieken voor dynamisch modelleren <i>Albert Moes</i>	91
27. De Trage Inbreker <i>M. Galema</i>	93
28. Modelleren met NEMO <i>Albert Moes</i>	94
29. Fysische Informatica Hoera! <i>J.H. Klooster</i>	96
30. Over het meten van een electrocardiogram en andere computertoepassingen <i>E. de Vries</i>	98
31. ?? Even VANACOM schrijven! <i>P. Mazereeuw</i>	102
32. Creativiteit inzetten voor inzicht <i>H. Vos</i>	103
33. Lens <i>T. Koerselman</i>	106
34. Computers voor en door iedereen <i>A. v.d. Burg en A. de Leeuw</i>	107
Tekst uitreiking Minnaertprijs: Dr. Th. Wubbels	109
Markt en Afsluiting	111
Diversen	115
Lijst van deelnemers	

PROGRAMMA

"WOUDSCHOTEN" CONFERENTIE 1989

vrijdag 15 december 1989

- | | |
|-------------------|--|
| 13.30 - 14.40 uur | Ontvangst |
| 14.40 - 14.50 uur | Opening van de conferentie door de voorzitter van de Werkgroep Natuurkunde-Didactiek, Dr.Th.Wub-bels |
| 14.50 - 15.00 uur | Informatie over de conferentie door de conferentievoorzitter Dr.H.A.Créton (erelid Werkgroep Natuurkunde-Didactiek) |
| 15.00 - 15.50 uur | Lezing door Prof.dr.ir.K.L.Boon (Open Universiteit, Heerlen), getiteld: Natuurkunde en informatie

Thee/binnenkomst laatkomers |
| 16.20 - 17.10 uur | Lezing door Dr.A.L.Ellermeljer (Universiteit van Amsterdam), getiteld: De integratie van informatie-technologie in het natuurkundeonderwijs |
| 17.10 - 17.25 uur | Uitreiking Minnaertprijs 1989 |
| 17.25 - 18.00 uur | Aperitief |
| 18.15 - 19.15 uur | Diner |
| 19.30 - 21.00 uur | Werkgroepen |
| vanaf 20.45 uur | Markt |
| vanaf 21.15 uur | Bar open |

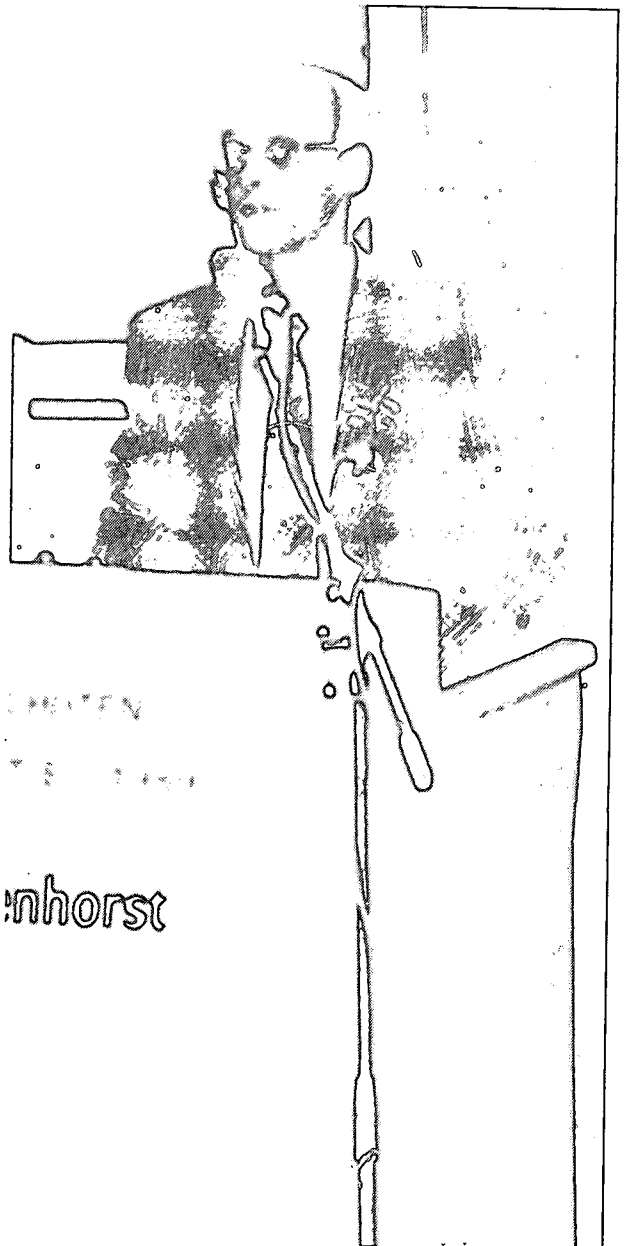
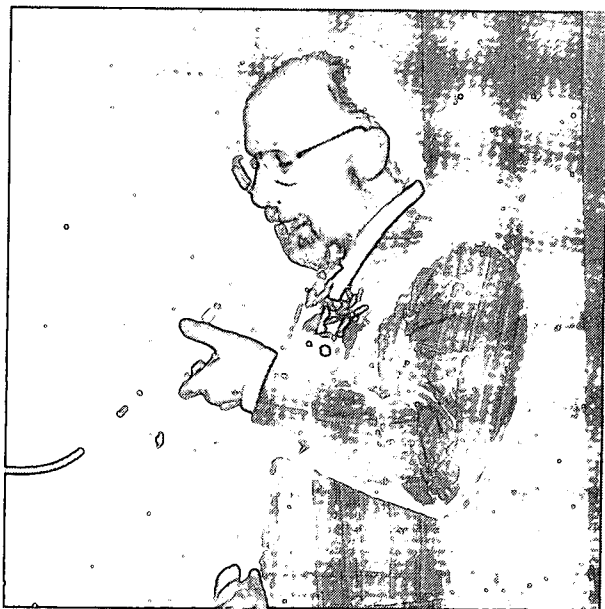
zaterdag 16 december 1989

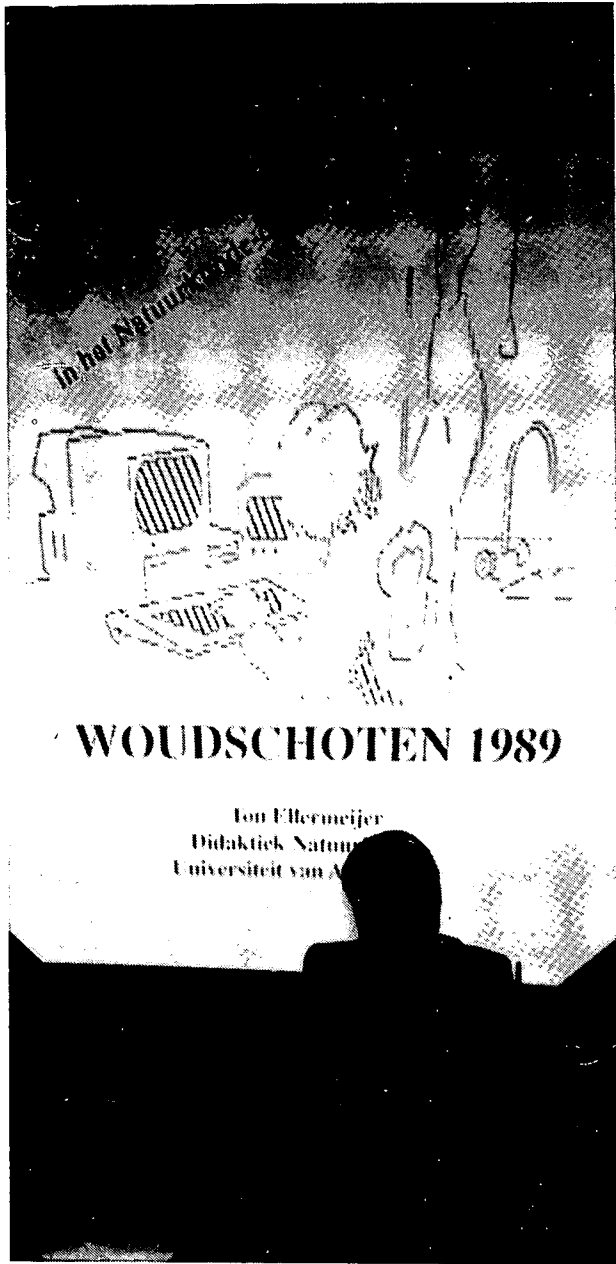
8.00 - 9.00 uur	Ontbijt
9.00 - 10.30 uur	Werkgroepen
	Koffie
11.00 - 12.30 uur	Werkgroepen
12.45 - 13.35 uur	Lunch
13.45 - 14.40 uur	Keuze uit drie lezingen: <ul style="list-style-type: none">- Drs.F.E. van 't Hul (R.U.Utrecht)- Modelleren: van computeractiviteit naar leeractiviteit- Prof.dr.ir.W.Lourens (R.U.Utrecht) - De computer in natuurkundig onderzoek en -onderwijs- Drs.J.Titulaer (E.C.C.-Enschede)- Geïntegreerde systemen: mogelijkheden en haalbaarheid Thee
15.05 - 15.50	En nu nog een proefje!
15.50 - 16.00 uur	Sluiting
16.15 uur	Vertrek van de bus naar station Leiden

BIJENKOMST/METSU

WERKGROEP NATUURKUNDE

DIDACTIEK





Lezingen

Modelleren

Van Computeractiviteit naar Leeractiviteit

Fred van 't Hul

1. Samenvatting

In het START pakket van het NIVO bevindt zich onder andere het programma DMS, een vertaling van het Engelse 'Dynamic Modelling System'. Ook is er lesmateriaal voor gebruik van DMS in de natuurkundeles geschreven en op school uitgeprobeerd. Op basis van deze leservaringen is er binnen ons centrum gewerkt aan een verbeterd modelleerprogramma NEMO ('Numerieke Educatieve Modelleer Omgeving') en wordt nieuw lesmateriaal gemaakt.

In mijn lezing wil ik ingaan op de volgende vragen:

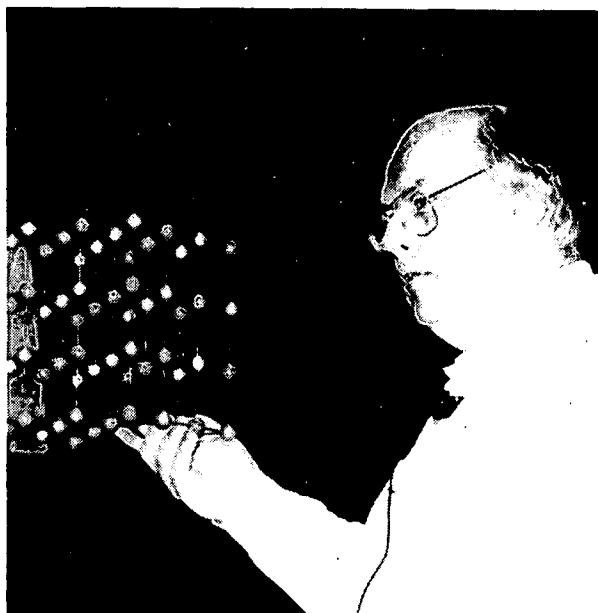
- Wat is modelleren nu eigenlijk en waarin verschilt dit van de traditioneel-analytische aanpak in de natuurkundeles?
- Wat maakt modelleren anders dan activiteiten als programmeren, simuleren en het tekenen van grafieken met behulp van de computer?
- Waarom zit de mogelijke meerwaarde van modelleren voor het onderwijs in de natuurkunde?

Ter verduidelijking van het een en ander zullen diverse modellen worden gedemonstreerd.

2. Inleiding

In zijn lezing heeft Ton Ellermeijer gisteren gesproken over de mogelijkheid van wisselwerking tussen experimenten en 'modelling'. Zelf ga ik nu nader in op toepassingen van 'modelling' waarbij ik de voorkeur geef aan de term 'modelleren'. Let hierbij op de juiste klemtoon: Niet 'modél-leren' maar 'modelléren'. Dit is een werkwoord, een activiteit en wel dié leeractiviteit van leerlingen wanneer ze bezig zijn met het opstellen en uitproberen van modellen. Dat betekent dat ik eerst in zal gaan op het modelbegrip als zodanig: wat zijn modellen, hoe kun je ze gebruiken en welke kenmerken hebben ze? Daarbij zal een aantal voorbeelden gedemonstreerd worden op de computer.

Vervolgens zal ik voorbeelden geven van misbruik van modelleerprogramma's en uitleggen waarom ik dat misbruik vind. Tot slot zal ik enige onderwijservaringen be-



spreken die wij onlangs hebben opgedaan tijdens lessenseries op scholen in de omgeving van Utrecht.

3. Wat is een model, wat is modelleren ?

Laat ik beginnen met het begrip 'model'. Kort gezegd: een model is een afbeelding ergens van.

Ik heb een model meegenomen dat iedereen kent vanuit de scheikundeles: een draadmodel van het atoomrooster van natriumchloride, een drie-dimensionale afbeelding van keuzenzout. Via zo'n model kun je bepaalde eigenschappen van NaCl verduidelijken, zoals de regelmatige kristalstructuur. Voor een klein kind zal dit rooster een andere betekenis hebben. Misschien wel een model van een klimrek, want in wezen is het natuurlijk niets meer dan een bouwwerk van gekleurde bolletjes verbonden door metaaldraad.

Een tweede model dat op school vaak gebruikt wordt is het twee-dimensionale magneetmodel dat bedoeld is voor gebruik op de overheadprojector. Hier kun je verschillende begrippen mee verduidelijken, zoals bijvoorbeeld veldlijnen. Is er een eindig aantal veldlijnen? Is er geen elektrisch veld tussen de veldlijnen? Je kunt er ook warmtebeweging mee laten zien en duidelijk maken dat je na afkoeling geen permanente magneet meer hebt, maar een verzameling elementaire magneetjes met verschillende richting, die je weer kunt magnetiseren.

Ook kennen we modellen als het atoommodel van Bohr: denkmodellen. Aan de hand van schema's met energieniveaus kun je bepaalde eigenschappen verduidelijken, zoals de mogelijke overgangen tussen energieniveaus, waarbij bepaalde frequenties kunnen optreden en andere niet. Een algemeen modelbegrip is te vinden bij een aantal kenistheoretisch georiënteerde wetenschappers (zie bijvoorbeeld Stachowiak, 1973 of Salzman, 1983). Hoewel dit modelbegrip ontwikkeld is in een andere en meer algemene context dan het gebruik van computermodellen in de natuurkundeles, lijkt een aantal kenmerken toepasselijk te zijn.

Zoals reeds gezegd is een eerste kenmerk van een model, dat het een afbeelding is van iets anders. Dat hoeft niet per se de werkelijkheid te zijn. Het kan ook een afbeel-

ding zijn van bijvoorbeeld een abstract idee dat je gevormd hebt.

Een tweede modelkenmerk is de reductie. Je geeft geen volledige beschrijving van het voorbeeld, maar je beperkt je tot een aantal belangrijke kenmerken.

Tot slot dient een model praktisch c.q. pragmatisch te zijn. Je moet met het model dingen kunnen verklaren of beschrijven. Een voorbeeld van dat laatste is een model van een auto. Het meest simpele model is een puntmassa. Dat kun je goed gebruiken als het gaat om begrippen als snelheid en afgelegde weg of als je wilt uitrekenen hoe veel tijd het kost voor een auto ergens aankomt. Maar als het gaat om problemen betreffende botsingen tussen auto's, dan zal het model van de puntmassa niet voldoen en zul je een twee-dimensionaal of drie-dimensionaal model moeten gaan gebruiken. Dus afhankelijk van de toepassing wordt het meest geschikte model gekozen.

4. Dynamische modellen

Ik ga nu over op een speciaal soort modellen: dynamische modellen. Dat zijn andere modellen dan ik net heb genoemd, het zijn rekenmodellen: modellen waar rekenregels in voorkomen. Dat betekent dat in die modellen symbolen staan, variabelen en wiskundige operatoren. Daarin zit meteen al een groot probleem: het probleem van de abstractie en reductie van bijvoorbeeld enerzijds fysische begrippen als kracht, massa en versnelling en hun onderlinge relatie tot anderzijds de symbolen F , m en a en de formule $F = m \cdot a$. Leerlingen hanteren bij het gebruik van deze symbolen een ander begrippenkader dan de docent, waardoor het manipuleren van deze symbolen wel iets heel anders zou kunnen zijn dan zinvolle fysische reflectie. Computerprogramma's als DMS of NEMO (Galema, 1989) bieden geen andere mogelijkheid dan het werken met wiskundige symbolen en formules. Het is de taak van de docent om steeds de relatie met fysische begripvorming te bewaken.

Het dynamische karakter van dit type modelleren houdt in dat het een proces is in de tijd: Het proces begint ergens in het verleden op een bepaald moment en ontwikkelt zich verder in de loop van de tijd. Wat ook heel belangrijk is bij het verkrijgen van een goed modelbegrip, is het besef dat er grenzen zijn aan een model: wat behoort tot het systeem dat je beschouwt en wat ligt daar buiten?

Ik ga nu dieper in op de basiskennmerken van dynamisch modelleren aan de hand van een simpele modelregel uit een groter model.

Modelregel:

$$\text{Inhoud}_{\text{nieuw}} = \text{Inhoud}_{\text{oud}} + (\text{Instroom} - \text{Uitstroom}) \cdot \Delta t$$

In woorden:

De inhoud verandert en wordt de oude inhoud plus wat er bij komt en wat er af gaat, dat wil zeggen: wat er in stroomt min wat er uit stroomt, vermenigvuldigd met de tijdstap in het proces.

Deze formulering staat heel dicht bij de werkelijkheid op een manier die leerlingen heel duidelijk en vanzelfsprekend blijken te vinden. Voor inhoud kun je ook andere grootheden lezen: lading, materie, aantal konijnen, ge-

boorte, sterfte, kortom al dat soort processen kunnen op deze manier beschreven worden.

De zojuist gekozen formulering is die van een integraalvergelijking. Het is voor ons docenten gebruikelijk dit anders te formuleren, zoals we dat geleerd hebben tijdens onze natuurkunde-studie, namelijk als eerste orde differentiaalvergelijking:

$$d\text{Inhoud} / dt = \text{Instroom} - \text{Uitstroom}$$

Deze differentiaalvergelijking lossen we op en we vinden dan de Inhoud als functie van de tijd. Een eenvoudig voorbeeld dat aan deze structuur voldoet is radioactief verval. Als we uitgaan van een element aan het begin van een vervalreeks, is er geen instroom en geldt:

$$dN / dt = -\text{Uitstroom} = -\lambda \cdot N$$

De analytische oplossing van deze differentiaalvergelijking is de functie:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Veel leerlingen vinden zo'n e-macht moeilijk te begrijpen. Als je dit probleem echter formuleert als integraalvergelijking:

$$N_{\text{nieuw}} = N_{\text{oud}} - \lambda \cdot N \cdot \Delta t$$

en daar een computerprogramma bij gebruikt dat in staat is om dit type modelregel stapsgewijs door te rekenen dan ontstaat na iedere rekenstap een punt van de grafiek van N_{nieuw} als functie van de tijd.

Voor ik overstap naar tweede orde differentiaalvergelijkingen (wetten van Newton) wil ik nog iets zeggen over een belangrijk verschil tussen differentiaal- en integraalvergelijkingen. Laten we eens kijken naar een rechtlijnige beweging. Als differentiaalvergelijking beschrijven we deze beweging als:

$$v = dx / dt$$

Dezelfde vergelijking, geschreven in integraalvorm luidt:

$$x_{\text{nieuw}} = x_{\text{oud}} + v \cdot \Delta t$$

In woorden: De nieuwe plaats is de oude plaats plus de plaatsverandering, die v maal Δt bedraagt.

Zo geformuleerd is integreren de logische manier waarop processen zich in de natuur voltrekken en is differentiëren tegennatuurlijk¹. Denk hierbij aan het bepalen van de helling in een s,t -diagram via de raaklijnmethode: we tekenen de koorde door twee punten, brengen de punten naar elkaar toe, de koorde wordt een raaklijn en de tangens van die raaklijn, de 'steilheid' geeft dan de waarde van de (momentane) snelheid. Dit is een causaal onlogische redenering: snelheid zou op deze manier ontstaan tengevolge van verandering van plaats. Het is juist precies andersom: iets beweegt (heeft snelheid) en daardoor ontstaat een plaatsverandering. Natuurlijke processen in de mechanica verlopen van kracht naar versnelling, versnelling wordt

geïntegreerd tot snelheid en snelheid wordt geïntegreerd tot verplaatsing.

$$F \rightarrow a \rightarrow v \rightarrow x$$

Een dynamisch mechanisch model volgt deze causaliteit op een vanzelfsprekende manier en verduidelijkt daardoor het natuurlijke verloop van bewegingsprocessen.

Een basis mechanisch model

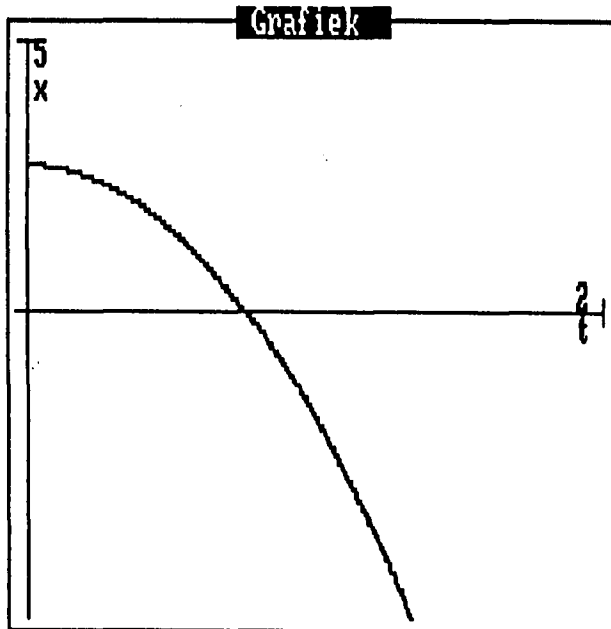
Ieder model dat een beweging beschrijft van een voorwerp met massa m onder invloed van een kracht F voldoet aan een zekere basisstructuur. Deze structuur bouw ik op in een aantal fasen, die ik kort zal toelichten.

Fase-1

$$\begin{aligned} t & \text{ wordt } t + dt \\ v & \text{ wordt } v + dv \\ x & \text{ wordt } x + dx \end{aligned}$$

De klok 'tikt' met stappen 'dt' en loopt dus niet continu. Je kijkt van de ene toestand naar de volgende toestand en doet een voorspelling over de verandering van variabelen na iedere tijdstap. Wat er tijdens de tijdstap gebeurt is principieel onbekend. Je kunt wel de tijdstap kleiner kiezen, maar het proces blijft discontinu. Leerlingen blijken dit proces heel vanzelfsprekend te vinden: De klok 'tikt', de snelheid verandert en de plaats verandert.

Let speciaal op het gebruik van het woord 'wordt' in plaats van 'is'. Op basis van praktijkervaringen hebben we gemerkt dat er begripsproblemen ontstaan omtrent de betekenis van '=' bij het werken met DMS. In de wiskunde is $t = t + dt$ een vergelijking die als oplossing $dt = 0$ geeft. Bij dynamisch modelleren is dit geen vergelijking maar een modelregel, waarbij '=' een toekenningsoperator voorstelt. Dit kan beter worden aangegeven via het woordje 'wordt'. In ons nieuwe modelleerprogramma NEMO hebben we daarom ook 'is' en 'wordt' naast '=' als operator toegevoegd.



figuur 1 Valbeweging. $F = m \cdot g$

Fase-2

$$\begin{aligned} t & \text{ wordt } t + dt \\ dv & \text{ is } a \cdot dt \\ v & \text{ wordt } v + dv \\ dx & \text{ is } v \cdot dt \\ x & \text{ wordt } x + dx \end{aligned}$$

Voor dx en dv worden nu modelregels toegevoegd op basis van de betekenis van de begrippen snelheidsverandering en versnelling c.q. plaatsverandering en snelheid. Let op het gebruik van het woord 'is'.

Fase-3

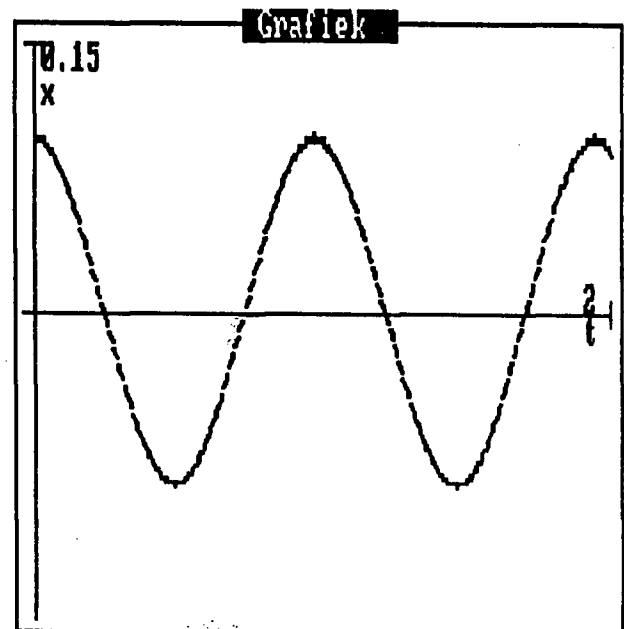
$$\begin{aligned} t & \text{ wordt } t + dt \\ a & \text{ is } F/m \\ dv & \text{ is } a \cdot dt \\ v & \text{ wordt } v + dv \\ dx & \text{ is } v \cdot dt \\ x & \text{ wordt } x + dx \end{aligned}$$

Tot slot wordt de waarde van de versnelling a volgens de tweede wet van Newton als modelregel toegevoegd.

Als leerlingen al wat ervaring hebben opgedaan in het maken van modellen en de begrippen 'is' en 'wordt' duidelijk zijn, kan de 'basisbewegingsbouwsteen' als volgt compact worden geformuleerd:

Basis-bouwsteen

$$\begin{aligned} t & = t + dt \\ F & = \\ a & = F/m \\ v & = v + a \cdot dt \\ x & = x + v \cdot dt \end{aligned}$$



figuur 2 Harmonische Trilling. $F = -c \cdot x$

F moet nog ingevuld worden en daar begint het fysisch denkproces: waar zal de kracht van afhangen? Bij een valbeweging geldt $F = m \cdot g$. Bij een harmonische trilling geldt $F = -c \cdot x$. De analytische oplossingen zijn heel verschillend en leerlingen zien meestal geen overeenkomst tussen 'paraboolbanen' en 'sinusbanen'.

Bij modelleren heeft iedere beweging dezelfde structuur en bepaalt alleen de keuze van de kracht de oplossing. Alle andere modelregels blijven hetzelfde. Bijna altijd ontstaat een 'Aha Erlebnis' bij leerlingen en dat kan zeker als positief resultaat worden aangemerkt.

Vormen van misbruik

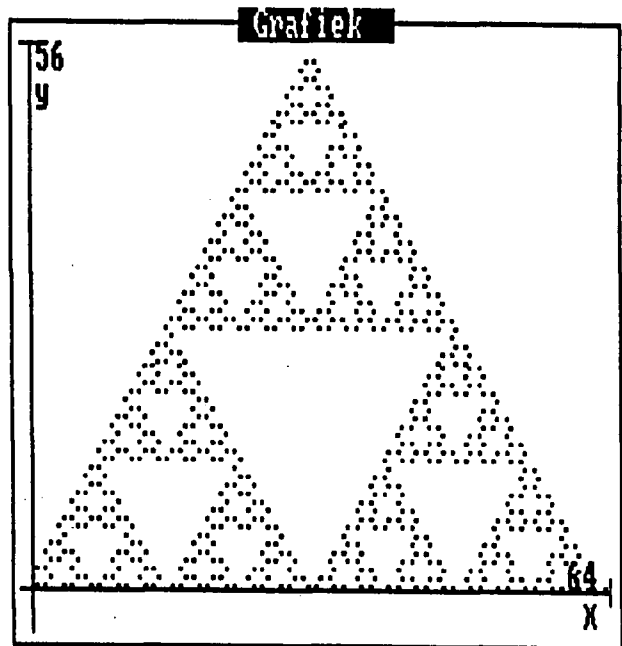
Voordat ik verder ga met de bespreking van een aantal complexere toepassingen in de mechanica wil ik een aantal opmerkingen maken over misbruik van de computer bij het modelleren. Misbruik door leerlingen, maar ook misbruik door docenten.

In de eerste plaats misbruik van analytische oplossingsresultaten in modellen. Ook bij de docentencursussen die we geven blijkt het veel tijd en moeite te kosten het traditionele analytische denken te vervangen door modelleermatig denken. Dat vergt een proces van bewustwording omdat wij, zoals ik al eerder heb opgemerkt, gewend zijn te denken via differentiaalvergelijkingen en we nu via integraalvergelijkingen moeten gaan redeneren. Je ziet heel vaak een mengvorm als leerlingen elementen uit formules die ze via de analytische methode geleerd hebben in modelregels zetten. Als je bij leerlingen een model tegenkomt waarin een analytische functie voorkomt, zoals een sinus, een cosinus of een e-macht, is het dikwijls zo dat daar zo'n type denkfout achter zit. Zuiver modelmatig leren denken moet goed door de docent begeleid worden en dat betekent dat ook docenten een veranderingsproces in hun denken moeten hebben meegemaakt.

Een extreem geval van dit type misbruik is het gebruik van een modelleerprogramma als grafiekengenerator. Zoals bekend is de analytische oplossing van een harmonische beweging een sinusfunctie. Als je een model maakt door de formule $x_t = x_0 \sin \omega t$ in te vullen en de modelklok laat lopen, verschijnt dezelfde grafiek als bij het besproken model met $F = -c \cdot x$, maar dit heeft niets meer te maken met modelleren. Wil je grafieken tekenen op de computer, dan zijn daar betere programma's voor dan DMS of NEMO: VU-grafiek bijvoorbeeld is een uitstekend programma waarmee je de schitterendste grafieken op het scherm kunt toveren.

Een tweede vorm van misbruik zien we bij docenten die fysische problemen via programmeren proberen op te lossen in plaats van via modelleren. Een voorbeeld daarvan is het gebruik van IF...THEN statements in modelregels. Bij de ontwikkeling van NEMO is dit statement bewust weggelaten. Dit leverde uiteenlopende reacties op uit het onderwijsveld: Van 'een verstandige keuze' tot 'mijn DMS-model werkt niet meer'. Meestal bleek echter dat het mogelijk was het model op een andere manier te schrijven wat tevens een betere modelstructuur opleverde. Als grapje laat ik een oplossing zien van een zogenaamd 'fractal'-probleem (figuur 3). Ook dat kan met NEMO 'geprogrammeerd' worden zonder een IF...THEN statement te gebruiken.

Maar wil je dit soort plaatjes maken dan zijn er programma's zoals LOGO die dat veel beter kunnen doen.



figuur 3 Fractal

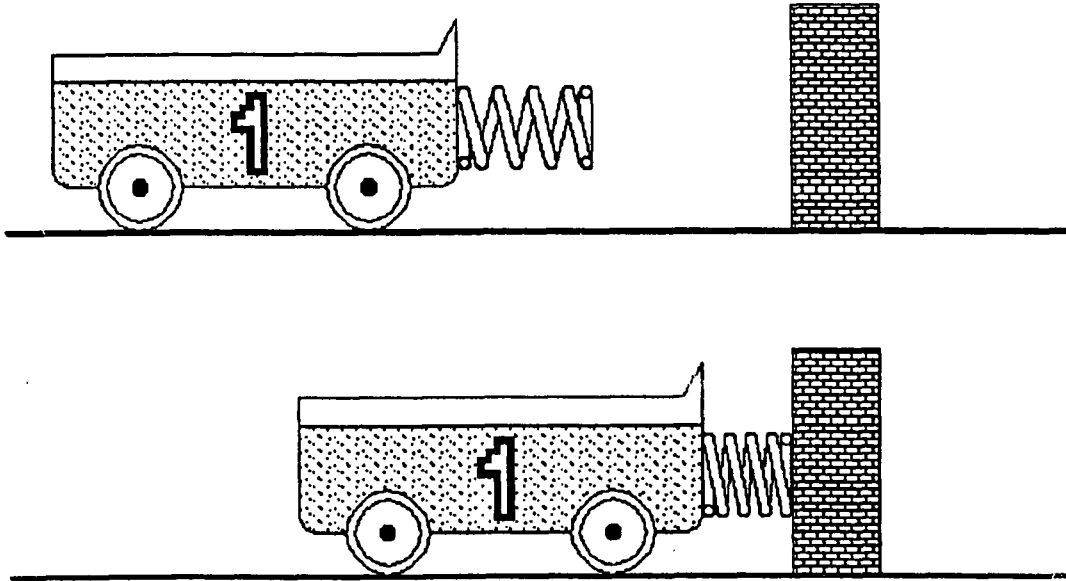
Een laatste vorm van misbruik is de simulatie van experimenten. In een simulatie programma kun je variabelen manipuleren en kijken wat het resultaat is, maar het model dat aan de simulatie ten grondslag ligt, is door de auteur bedacht en ingebouwd. Werken met een simulatieprogramma kan op zich een zinvolle leeractiviteit zijn. Onder modelleren versta ik echter een leeractiviteit waarbij leerlingen zelf een model maken door modelregels op te stellen op basis van eigen veronderstellingen omtrent het gekozen fysische probleem.

Complexere toepassingen

Omdat we besloten hadden in NEMO de IF...THEN mogelijkheid te laten vervallen, werden we gedwongen na te denken over het omzetten van modellen door collega's geschreven in DMS (met IF...THEN) naar NEMO. Een van deze modellen betrof een valbeweging met een elastische botsing met de grond. Voor de beweging omlaag werd in dat model gebruik gemaakt van het reeds eerder beschreven 'val'-model. Voor de beweging omhoog werd gekozen voor een IF...THEN oplossing: als de plaats van het vallende voorwerp negatief zou worden werd het teken van de snelheid omgekeerd en werd dus verder gerekend met een voorwerp dat omhoog werd geworpen. Maar eigenlijk gebruik je op deze manier a priori kennis over snelheidsverandering bij een elastische botsing (die misschien op analytische wijze is verkregen) als beslissingscriterium in je model.

Toen we ons hiervan bewust werden, zijn we gaan nadenken over een botsingsmodel waarin ook de fysica van de botsing zelf tot zijn recht zou komen. Het volgende model gaat over de botsing van een karretje tegen een wand (figuur 4).

Het model van fig. 5 bestaat naast de 'klok' en de 'basis bouwsteen' uit een 'botsingsbouwsteen', die een elastische botsing beschrijft tussen kar en wand. Als de kar de wand tot op een afstand L_0 is genaderd raakt de veer de wand en zal de veer ingedrukt worden.



figuur 4 Botsing tegen een wand

$$t = t + dt$$

$$L = x_w - x$$

$$L = \text{maximaal } L_0$$

$$u = L_0 - L$$

$$F_v = c * u$$

$$F = -F_v$$

$$a = F / m$$

$$v = v + a * dt$$

$$x$$

$$= x + v * dt$$

'de klok'

'lengte veer = $x_{wand} - x$

'lengte veer is maximaal L_0

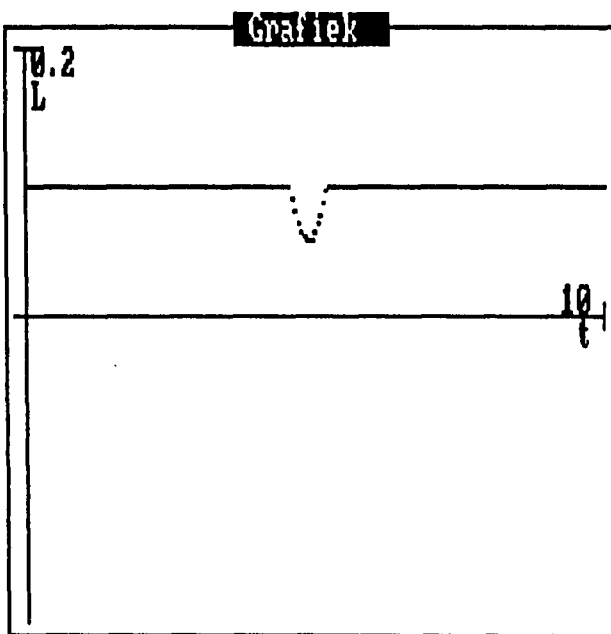
'indrukking $u = L_0 - L$

'veerkracht is evenredig met indrukking

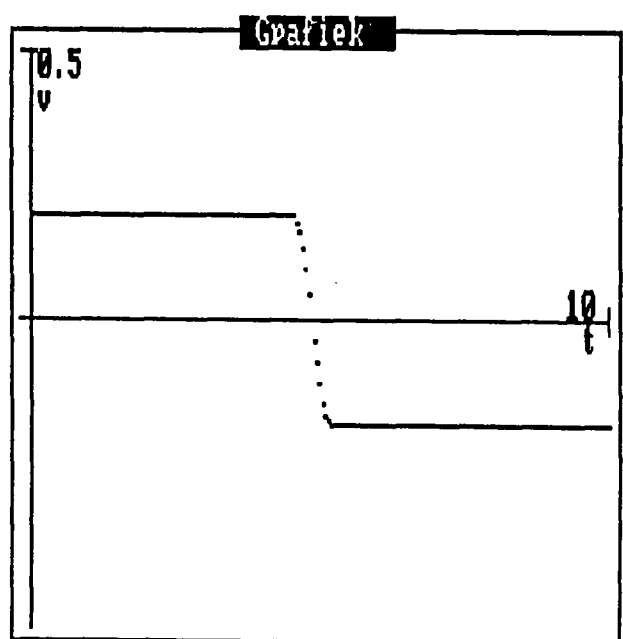
'basis bouwsteen

figuur 5

In figuur 6 en 7 zien we twee grafieken bij dit model.

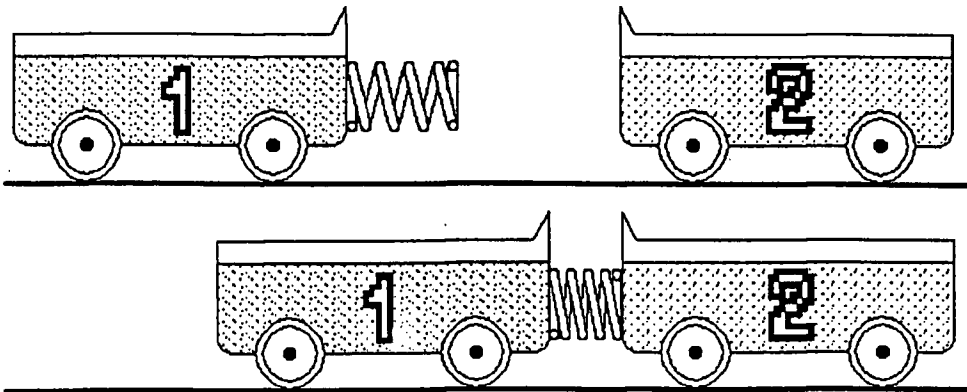


figuur 6 Lengte veer



figuur 7 Snelheid karretje

Een IF...THEN statement wordt hier niet gebruikt en de snelheid voor en na de botsing wordt in figuur 7 stap voor stap uitgerekend. Natuurlijk is dit probleem ook analytisch op te lossen, maar in dit model ontstaat de oplossing op een veel natuurlijker wijze. Een volgende stap is de botsing tegen een karretje (figuur 8).



figuur 8 Botsing tegen een karretje

Het model lijkt erg op het vorige model. We zien hier nu twee basis bouwstenen voor elk van beide karretjes. Het enige verschil met het voorgaande model is de toevoeging van de veerkracht op beide karretjes, geformuleerd volgens de wet: actie is min reactie.

$$t = t + dt$$

$$L = x_2 - x_1$$

$$L = \text{maximaal } L_0$$

$$u = L_0 - L$$

$$F_1 = c * u$$

$$F_1 = -F_v$$

$$a_1 = F_1 / m_1$$

$$v_1 = v_1 + a_1 * dt$$

$$x_1 = x_1 + v_1 * dt$$

$$F_2 = +F_v$$

$$a_2 = F_2 / m_2$$

$$v_2 = v_2 + a_2 * dt$$

$$x_2 = x_2 + v_2 * dt$$

'de klok'

'lengte veer = $x_2 - x_1$

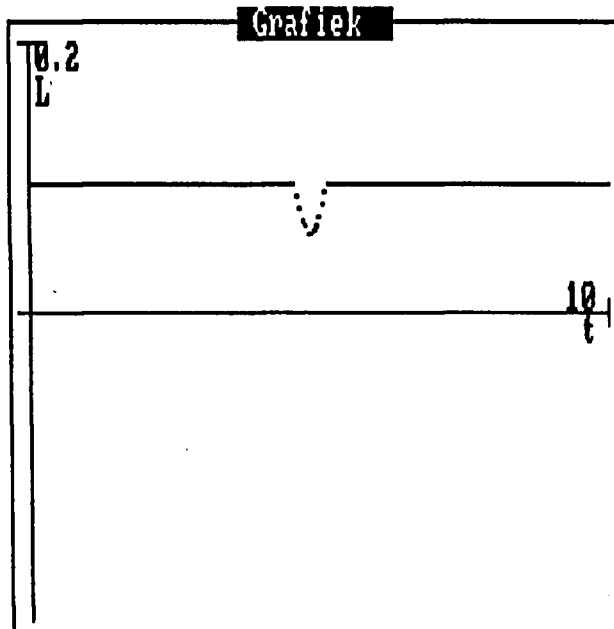
'lengte veer is maximaal L_0

'indrukking $u = L_0 - L$

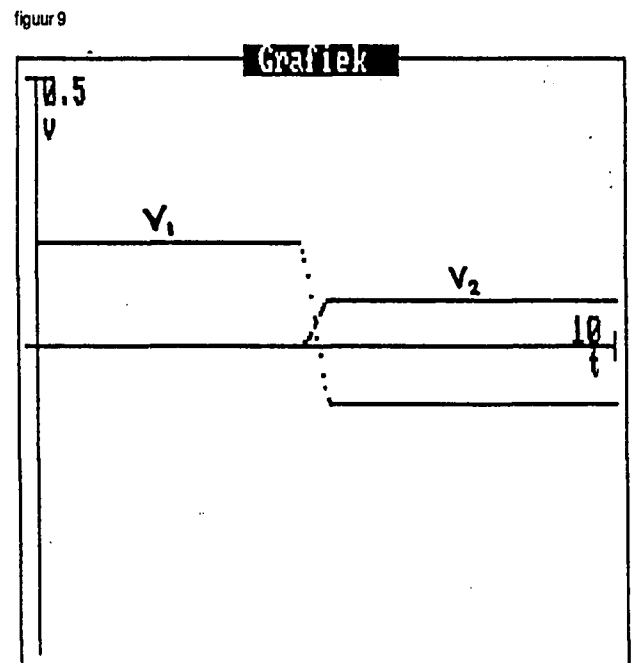
'veerkracht is evenredig met indrukking

'basis bouwsteen karretje-1

'basis bouwsteen karretje-2



figuur 10 Lengte veer



figuur 11 Snelheid karretjes

Het aardige van modelleren is nu, dat er steeds weer nieuwe mogelijkheden ontstaan die tot nader onderzoek uitnodigen. Zo kun je bijvoorbeeld de botsingskracht vervangen door de krachtwerking bij een Rutherford-verstrooiing, etc. etc. Kortom onbeperkte mogelijkheden om te experimenteren.

5. Leeractiviteiten en ervaringen in de klas

Wat is nu de rol van leerling en docent tijdens modelleeractiviteiten in de klas en welke fasen kunnen we in het leerproces onderscheiden?

In de eerste plaats is dat een fase van het verkennen van het systeem. Ik ga er hierbij van uit dat leerlingen dat zelf doen onder begeleiding van de docenten dat daar lesmateriaal voor gemaakt is, dat er werkbladen zijn en dat het geheel geïntegreerd wordt binnen het reguliere onderwijs. Niet een model kant en klaar aanreiken, maar nadenken: wat speelt een rol? Wat hoort er binnen het systeem, wat hoort er buiten?

De volgende fase is het kijken naar de relaties van de variabelen die een rol spelen. Welke hebben met elkaar te maken? In deze fase moeten keuzes gemaakt worden en moeten grootheden geclusterd worden binnen deelproblemen.

De fase daarna begint kwalitatief: hoe hebben de grootheden met elkaar te maken, als de een groter wordt, wordt de ander kleiner, en daarna probeer je dat te kwantificeren tot een aanname als bijvoorbeeld $c \cdot u$ of $c \cdot u^2$. Na het formuleren van de relaties ga je uitproberen of dat model werkt en een en ander bijstellen.

Wij hebben gemerkt dat het in de classesituatie heel goed werkt en heel belangrijk is dat leerlingen van tevoren nadenken en voorspellingen doen. Het blijkt ook heel motiverend te werken als ze daar met zijn tweeën over discussiëren. Als hun voorspelling niet klopt voelen ze een sterke uitdaging om zelf een oplossing te vinden. En als hun voorspelling wel klopt, blijken ze verder te willen onderzoeken hoe complexere situaties in elkaar zitten.

Het is wel belangrijk een dergelijk leerproces goed te kunnen begeleiden. Vaak ontstaat daarbij een probleem voor de docent: het is onbekend terrein en je kunt niet alle mogelijkheden voorzien en voorbereiden. Het is een hele open situatie, er kunnen onverwachte en vreemde dingen gebeuren. Leerlingen komen met situaties aanzetten en hebben vragen waar je niet direct een oplossing voor hebt. Met dit soort onzekerheden moet een docent leren omgaan. Maar het blijft een uitdagend cyclisch proces van denken en redeneren, uitproberen en bijstellen. Dat is het leuke van het modelleerproces.

Tot slot wil ik nog een aantal resultaten vermelden uit de praktijk. Ik zei al: in het voorjaar hebben we DMS-materiaal, dat door ons voor het NIVO ontwikkeld is, uitgeprobeerd op het Jordan lyceum in Zeist (Van 't Hul, 1989). Momenteel zijn we bezig op het Bonifatius College in Utrecht nieuw lesmateriaal uit te proberen, waarbij we gebruik maken van NEMO.

Technisch gezien zijn de bedieningsproblemen die leerlingen met DMS hadden in NEMO opgelost: een betrouwbaar programma met een gemakkelijke en snelle bediening en uitgebreide hulp bij fouten of vergissingen. Didactisch gezien is een aantal wijzigingen uitgevoerd zoals, de reeds genoemde uitbreiding met operatoren als 'wordt' en 'is' en beperking tot voor het modelleerproces relevante instructies en functies.

Het is verheugend dat leerlingen zelf 'modelleren met de computer' overwegend een natuurkunde-leeractiviteit vinden en geen computeractiviteit. Wat ook met NEMO een probleem blijft, is de moeite die het kost om een verschuiving van analytisch denken naar numeriek denken te weeg te brengen. Het kost tenminste een tijdsinvestering van een les of vier voordat leerlingen zeggen, 'hé, nu begin ik het echt leuk te vinden en krijg ik meer inzicht in de methode van werken'. Dit tijdprobleem hebben we ook gemerkt tijdens nascholingscursussen. Docenten vragen zich af waar ze de extra lessen vandaan halen die nodig zijn om leerlingen de basisvaardigheden van het modelleren bij te brengen. Toch gelooft bijna iedereen dat modelleren een belangrijke leeractiviteit is, die kan helpen bij een betere begripsvorming in de natuurkunde. Een zinvolle tijdsbesteding die zich later weer terugbetaalt. Aan de andere kant zijn we pas in een beginstadium bij het zoeken naar de vraag wat modelleren nu precies is of zou kunnen zijn. Om een antwoord te vinden op deze vraag is ontwikkeling gekoppeld aan onderzoek heel belangrijk. Daarbij is het essentieel dat de ontwikkelde lesmaterialen in de praktijk kunnen worden uitgeprobeerd. Ik zou graag op iedereen een beroep willen doen om dat te blijven doen: uitproberen, uitwisselen en kritisch reageren. Ik durf te stellen dat het model van het botsende wagentje niet bedacht zou zijn, als er geen kritische vragen vanuit het onderwijsveld aan ons waren gesteld.

Noot

1. In het Boek 'Principles of Systems (Forrester, 1968) over dynamisch gedrag van sociale systemen wordt hier nader op ingegaan.

Literatuur

Forrester, J. W. (1968) Principles of Systems, MIT, Cambridge.

Galema, M, T. Jutá & A. Moes (1989) Handleiding NEMO, Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen, Rijks Universiteit Utrecht.

Hul, F. E. van 't, F. Kulik & A. Moes (1989) DMS in de klas, *NVON maandblad*, 14, 8, 360-363.

Salzmann, C, W. Kohlberg, (1983) Modellunterricht und Unterrichtsmodell, *Zeitschrift für Pädagogik*, 29, 6, 929-946.

Stachowiak, H, (1973) Allgemeine Modelltheorie, Wien.

Geïntegreerde systemen: mogelijkheden en haalbaarheid.

J.P.M. Titulaer

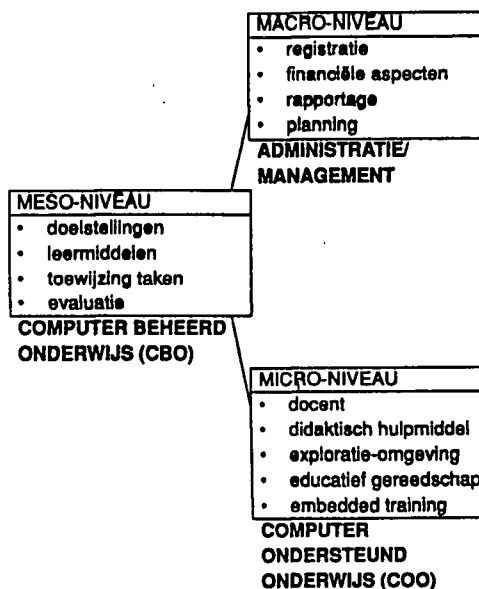


Bij onderwijs en informatietechnologie kunnen we, zoals in zovele andere sectoren, spreken van een vraag- en een aanbodzijde. Aan de vraagzijde bevinden zich dan de overheid, schoolbesturen, schoolleiding en docenten (de leerling wordt hier niet als zelfstandige vraag beschouwd, maar indirect via de docent). Aan de aanbodzijde bevindt zich hardware (de computer en randapparatuur), systeemprogrammatuur (MS-DOS, MS-windows, muisbesturing etc), applicatieprogrammatuur (toepassingsprogramma's van tekstverwerkers tot spelletjes) en invoering (uitgevers, verzorgingsinstellingen etc). Een belangrijke constatering aan de aanbodzijde is het verschil in de snelheid waarin deze verschillende componenten veranderen. We zien dan dat de ontwikkelingen op het gebied van hardware veel sneller gaan dan op het gebied van de systeemprogrammatuur. Op het gebied van achtereenvolgens de applicatieprogrammatuur en de invoering gaat de ontwikkeling weer een orde van grootte langzamer.

De conclusies die we hieraan kunnen verbinden zijn tweeledig:

- de toenemende invoeringsproblematiek dwingt ons meer aandacht te besteden aan organisatie-aspecten.
- de toenemende omvang en complexiteit dwingt tot een meer formele beschrijving van zowel de onderwijs- als de informatietechnologische aspecten. Dit vereist gebruik van inzichten in verworvenheden op het gebied van instructietechnologie, leerpsychologie, cognitieve ergonomie, artificial intelligence en software engineering. Door deze noodzaak tot nauwkeurige beschrijving zal het ontwerpen van educatieve software beter zicht verschaffen op onderwijskundige modellen op micro-instructieniveau.

Na deze conclusies is het vermoedelijk een geschikt moment te vermelden dat ondanks bovenstaande, onderwijs een combinatie blijft van kunst en kunde en zeker geen automatiseerbaar proces.



figuur 1

Bij een overzicht van de mogelijkheden van informatietechnologie in het onderwijs is het zinvol een paar gebieden te onderscheiden (zie fig 1).

Op het gebied van administratie en management gelden de klassieke criteria voor automatisering: grotere efficiëntie en snellere en betere beschikbaarheid van informatie. Externe factoren (kostprijs systemen, schaalvergroting onderwijsinstellingen, lump sum financiering etc.) dragen sterk bij aan een snelle ontwikkeling in dit gebied. Computer beheerd onderwijs is vooral gericht op het beheeren, plannen en evalueren van het onderwijsproces. Daarmee is CBO in eerste instantie een instrument voor kwaliteitsverbetering. Vooral bij de noodzaak de leertrajecten heel specifiek op de leerling af te stemmen, is een dergelijk systeem zinvol gebleken. Het is daarom niet verwonderlijk dat met name in het speciaal onderwijs veel aandacht voor dit type toepassingen bestaat.

Bij computer ondersteund onderwijs neemt de computer één of meerdere taken van de docent met betrekking tot leren en onderwijzen over. Dit kan zowel het presenteren van leerstof, het aanbieden van oefenmogelijkheden, het aanbieden van exploratie-omgevingen, het aanbieden van "educatief gereedschap", als het afnemen van toetsen betreffen.

Omdat de verschillende typen van educatief computergebruik ook verschillende implicaties hebben met betrekking tot het gebruik en de mogelijke koppeling met CBO-en/of administratiesystemen is het zinvol gedetailleerder hierop in te gaan. Een beschrijving van de referentiekaders voor de ontwikkeling van educatieve programmatuur is gegeven in het POCO-referentieboek (ECC B.V. juni 1989). Het is echter belangrijk te benadrukken dat we bezig zijn met onderwijs, niet met een computerprogramma. Dit houdt in dat bij het ontwerpen van educatieve software een modellering van het objectsysteem (de onderwijs-context) gemaakt moet worden waarin het beoogde onderwijs (met daarin de rol van de computer) beschreven wordt (zie fig 2).

MODELLERING VAN HET OBJECTSYSTEEM

1. TE VERWERVEN KENNIS EN VAARDIGHEDEN

KENNIS: feiten, concepten, procedures, principes

VAARDIGHEDEN: cognitief, psycho-motorisch, reactief, interactief

2. ANALYSE VAN DE ONDERWIJSLEERSITUATIE:

LEERSTOF : structuur, inhoud

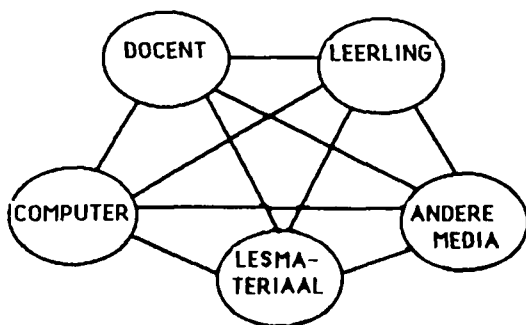
INSTRUCTIESTRATEGIE

LEERLINGTAKEN

3. SYNTHESE VAN DE ONDERWIJSLEERSITUATIE

OBJECTEN: docent, leerling, lesmateriaal, computer, andere media

INTERACTIE TUSSEN OBJECTEN



figuur 2

Essentieel hierbij is dat de rol van de actoren/objecten afhankelijk is van het soort vaardigheid en de mate van (re-)productiviteit die vereist is. Zo zal bij een sterk reproductieve cognitieve vaardigheid als rekenen met breuken een eenvoudige drill te bedenken zijn waarin de leerling en de computer praktisch de enige deelnemers aan het leerproces zijn. De bekende voordelen van dit type computergebruik (tijdwinst door directe feedback, op de individuele leerling toegespitste taken) zijn hier te realiseren. Dit komt omdat er vrij veel bekend is over de specifieke moeilijkheden en de foutencategorieën bij het rekenen met breuken. Hierdoor is adequate feedback en aanbidding van remediërende opgaven op dit gebied mogelijk. Onderzoek heeft echter aangetoond dat er geen verbetering optreedt bij de transfer naar meer productieve vaardigheden.

Naast het ontbreken van deze transfer is ook de onmogelijkheid van adequate feedback een probleem. De interpretatie van het antwoord (of de actie) van de leerling door de docent is afhankelijk van de gehele context, en dan nog blijkt de interpretatie vaak onjuist. De docent krijgt in de normale klassesituatie echter meteen signalen dat zijn interpretatie onjuist is, en zal zijn reactie daaraan kunnen aanpassen. Voor het bepalen van feedback zijn er daarbij twee vaak voorkomende problemen: "hoe weet ik wat de leerling bedoelt" en "wat is goed" ?

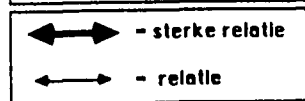
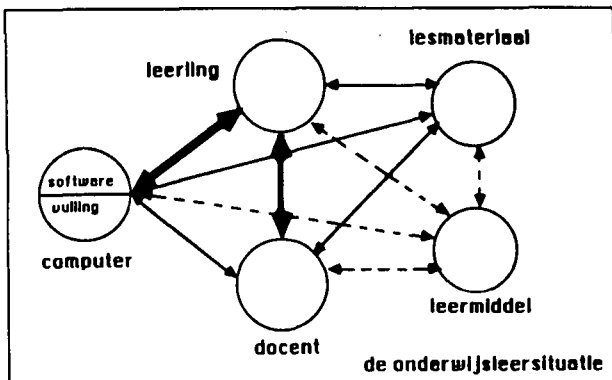
Het eerste geval treedt onder andere op bij antwoordherkenning: de leerling geeft een antwoord dat niet gelijk is aan het verwachte antwoord en krijgt daarover een aanwijzing. Er zijn daarbij legio situaties te bedenken waarin uit alleen het gegeven antwoord niet uit te maken is of de leerling een standaardfout maakt bij het beantwoorden van de vraag, of bijvoorbeeld door slecht lezen een op zich juist antwoord geeft op een andere dan de gestelde vraag. Onjuiste feedback in dit soort gevallen werkt sterk demotiverend.

Het tweede geval treedt vaak op bij de meer productieve vaardigheden: de leerling moet een opdracht uitvoeren, bijvoorbeeld "schrijf een opstel over". Het aantal goede mogelijkheden is zo groot, en zo moeilijk te omschrijven dat zelfs een poging die criteria in voor de computer hanteerbare regels om te zetten, onbegonnen werk is.

Om deze redenen zien we een toenemende interesse voor alternatieve COO-vormen ontstaan naast de klassieke drills en tutorials: leeromgevingen (experimenteer-omgevingen) en open ended programma's (educatief gereedschap). Bij experimenteer-omgevingen is de feedback niet meer aanwezig in de vorm van "goed" en "fout". Het gaat hier veel meer om het zichtbaar maken van de consequenties van acties van de leerling, niet om het beoordelen ervan. Bij educatief gereedschap heeft het programma meestal niet eens "weet" van de opdracht (een meetomgeving als IP-coach kan niet beoordelen of een meting "goed" of "zinvol" is). We zien dan ook dat de relaties tussen de verschillende objecten in deze situaties behoorlijk complex liggen (zie fig 3 en 4).

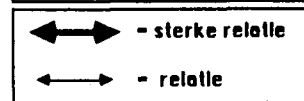
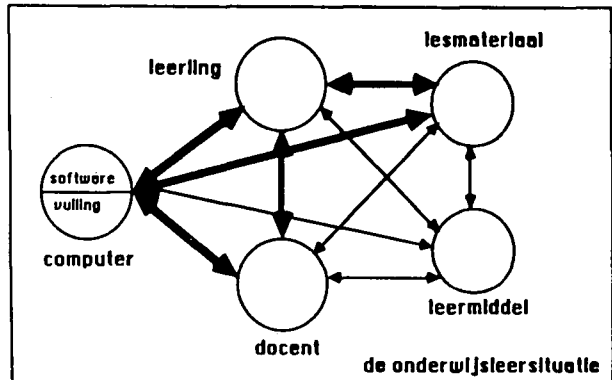
Bij het natuurkundeonderwijs zijn deze twee vormen van educatief computergebruik eerder dan bij een aantal andere vakken geaccepteerd. Dit vindt zijn oorzaak in de ervaringen die bij natuurkunde met het leerlingenpraktikum

de computer als ondersteuning van het leerproces:
de experimenteeromgeving

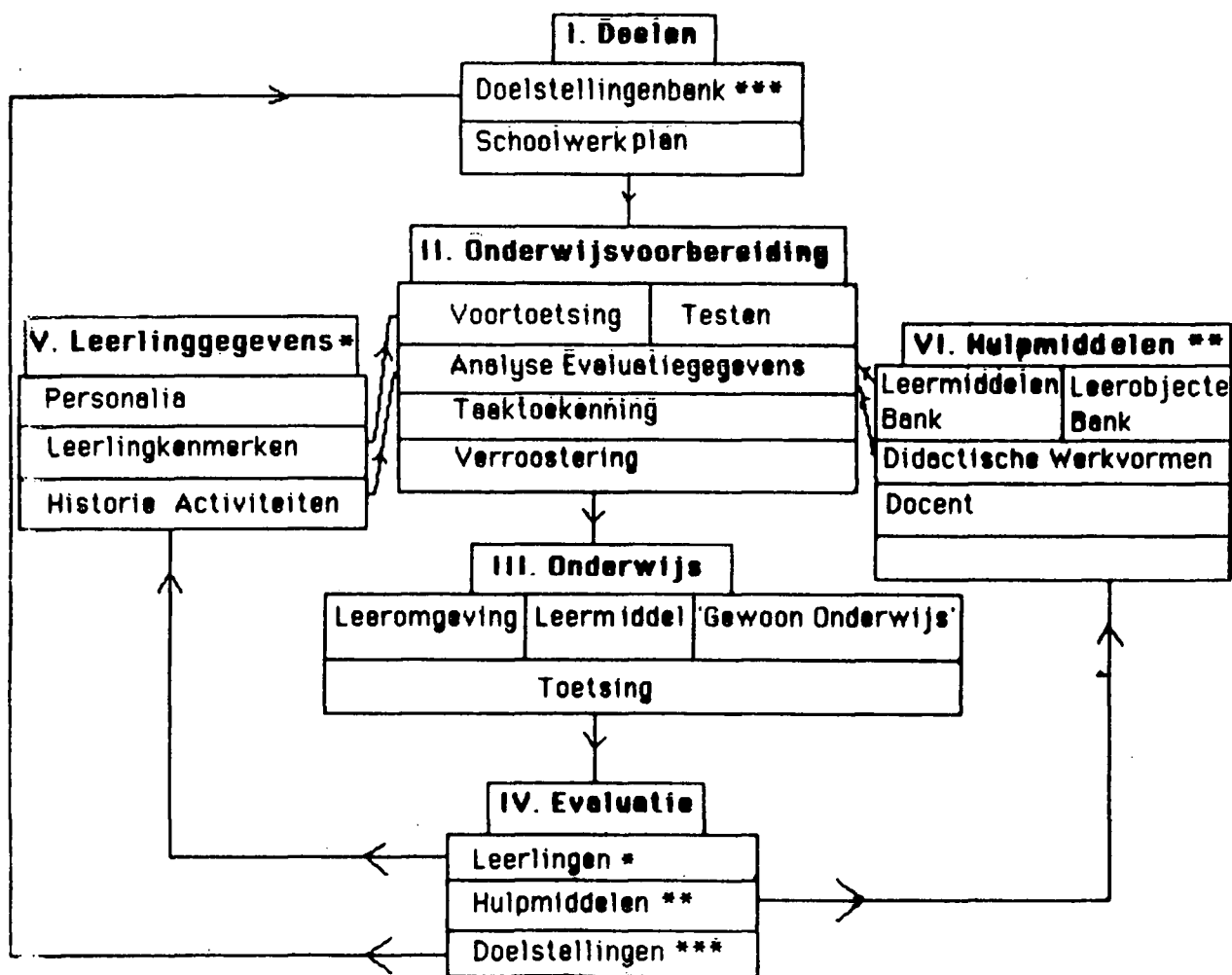


figuur 3

de computer als educatief gereedschap



figuur 4



figuur 5

zijn opgedaan. De didactische werkvormen en de klasorganisatie bij leerlingenpraktikum en bovengenoemde vormen van computergebruik vertonen namelijk veel overeenkomsten.

Wanneer we na deze korte bespreking van computer ondersteund onderwijs terugkeren naar de mogelijkheid van geïntegreerde systemen, dan kunnen we voor de beschrijving een aantal aspecten in eerste instantie buiten beschouwing laten. Dit geldt dan met name voor die aspecten die niet direct gekoppeld zijn aan klasse-activiteiten, maar op het terrein van de schoolorganisatie en onderwijsmanagement liggen. Voorbeelden zijn de financiële administratie, maar ook zaken als personeelsgegevens etc. Het beeld dat dan te voorschijn komt is geschetst in fig. 5.

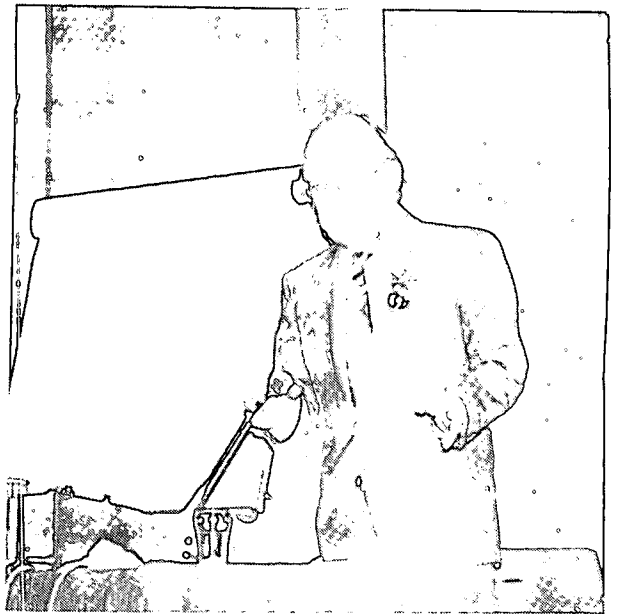
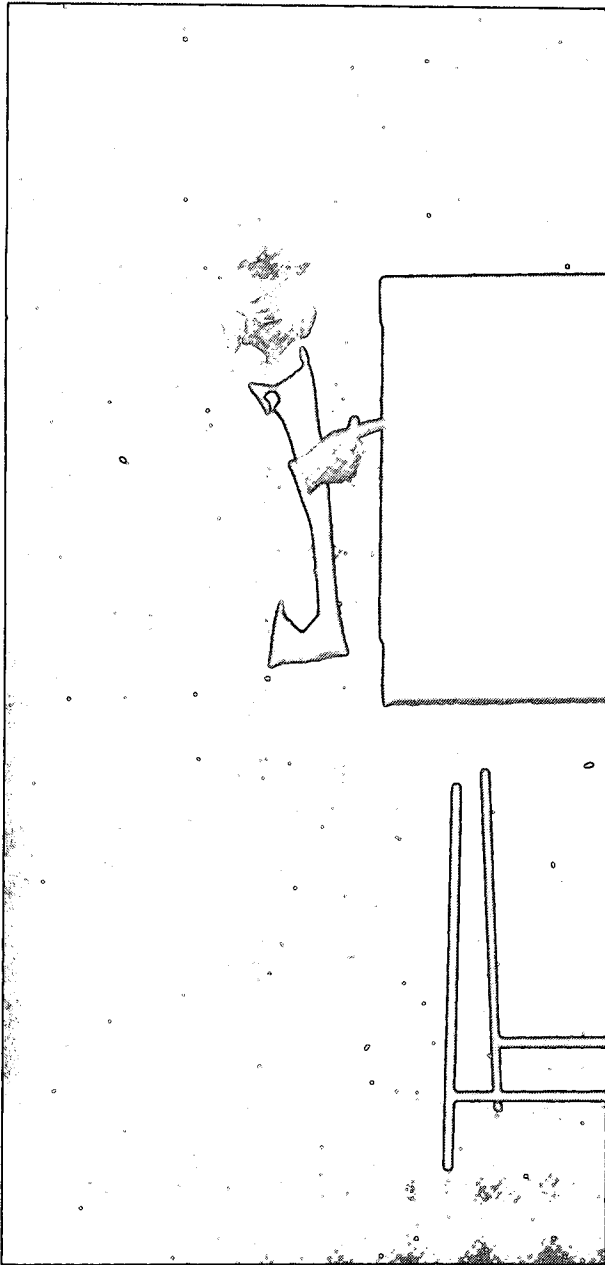
Er zijn enkele duidelijke tendensen te bespeuren die in de richting van dit type geïntegreerde systemen wijzen:

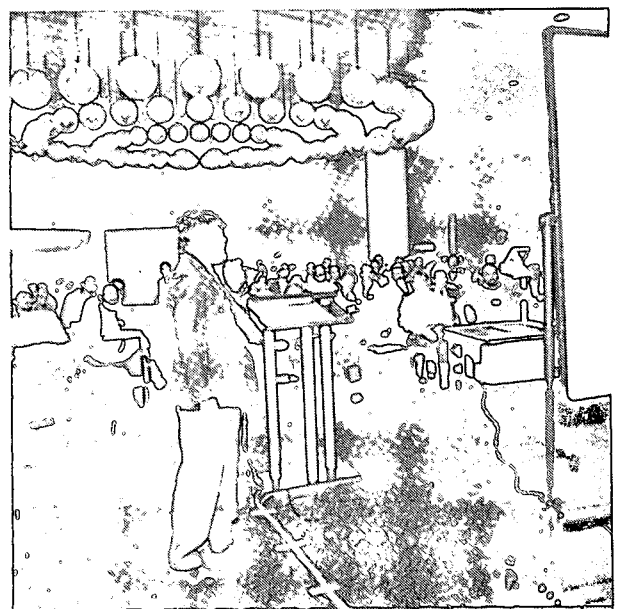
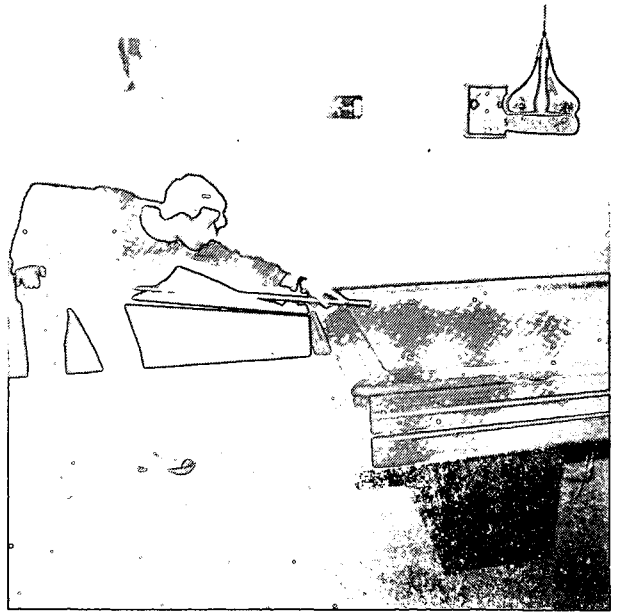
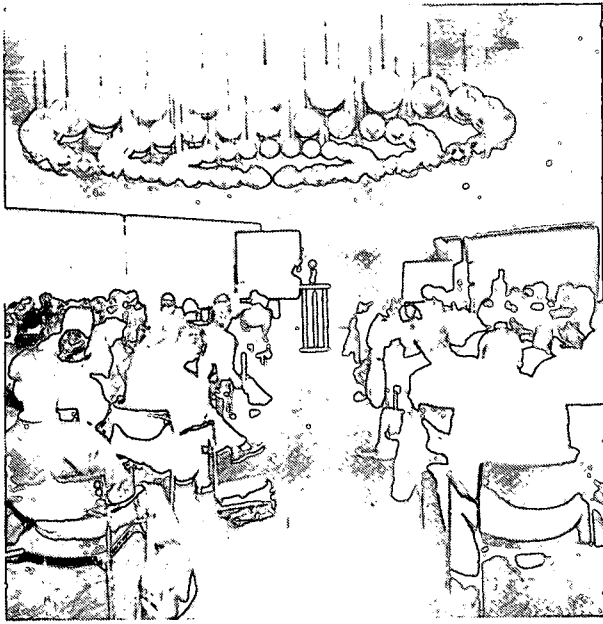
- de toenemende behoefte aan meer "management-informatie" bij overheid, schoolbesturen en schoolleiding.
- de toenemende problemen met betrekking tot systeembeheer op scholen. Een losse brei van aparte educatieve programma's met specifieke configuratie-eisen dreigt steeds moeilijker beheersbaar te worden.
- de bereidheid van gebruikers om tijd te besteden aan "dom overbodig werk" als het (steeds weer) intypen van leerlinggegevens neemt af.

Een nauwkeuriger analyse leert dat koppeling van de meeste natuurkunde-applicaties op korte termijn niet erg waarschijnlijk is. De koppeling wordt zinvol zodra zaken als instelling voor specifieke leerlingen, toetsing, planning van leertrajecten, leerwegregistratie en evaluatie een belangrijke plaats in de applicatie innemen. Dat is vooral het geval bij tamelijk stabiele curricula met een accent op reproductieve vaardigheden. Bovendien moeten voldoende diagnostische gegevens bekend zijn. In eerste instantie komen daarvoor (basisschool-)vakken als spelling en rekenen in aanmerking. Gezien de ervaringen van DBK-natuurkunde zou ook de onderbouw een dergelijk systeem theoretisch tot de mogelijkheden behoren. Omdat natuurkunde in de onderbouw bestaat uit een aantal deelonderwerpen die nogal onafhankelijk van elkaar zijn, levert taaktoekenning echter niet zodanige problemen op dat de noodzaak van een dergelijk systeem ontstaat.

Voorlopig zal de natuurkundedocent dus nog weinig met geïntegreerde systemen voor administratie - CBO - COO geconfronteerd worden. Twee aspecten uit een dergelijk systeem zijn wat dichterbij dan andere:

- de koppeling van leerlinggegevens uit de schooladministratie (vooral naam en klas/groep) met die applicaties die voor leerlingen ingesteld worden of resultaten van leerlingen registreren.
- docenten zullen in toenemende mate te maken krijgen met het aanleveren van data als leerlingresultaten, materiaal voor schoolwerkplan etc. aan schoolinformatiesystemen.





Werkgroepen

Fysische informatica: technische automatisering

Werkgroep 1

C. de Beurs

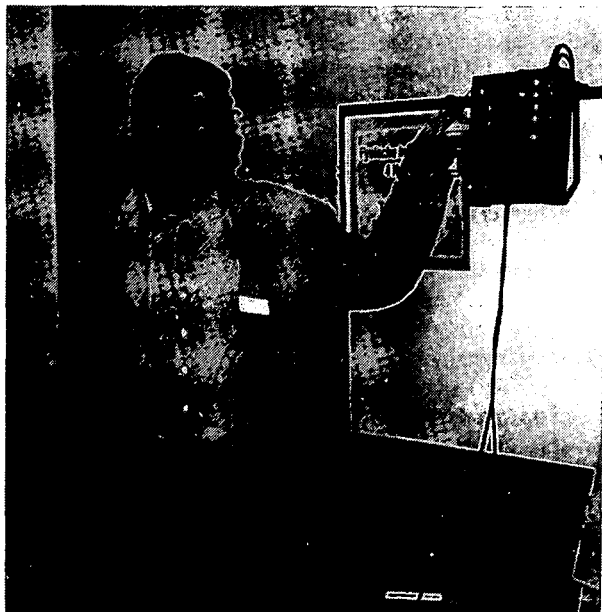
Inleiding

Terugblikkend kunnen we vaststellen dat twee ontwikkelingen bepalend zijn geweest voor de opname van het leerstofgebied **Fysische Informatica** in het natuurkundeprogramma voor havo en vwo:

1. De herbezinning op de doelstellingen van het natuurkunde-onderwijs, wat heeft geleid tot het vernieuwde examenprogramma natuurkunde voor havo en vwo.
2. Het streven van de overheid informatica een plaats te geven in het voortgezet onderwijs. Hierbij is gekozen voor een integratiemodel boven de mogelijkheid informatica een plaats te geven als apart examenvak. Na een algemene basiscursus in de onderbouw en in de vierde klas havo/vwo is het de bedoeling dat verdere verdieping aan de orde komt in een zinvolle vakcontext.

Ook los van het informaticabeleid zou fysische informatica waarschijnlijk wel een plaats hebben gekregen binnen het natuurkundeprogramma. Ontwikkelingen op het terrein van de informatietechnologie hebben de praktijk van het natuurwetenschappelijk onderzoek ingrijpend veranderd. Dit geldt zowel voor experimenteer- en meetmethoden als voor mogelijkheden tot numeriek experimenteren om met theoretische modellen. Ook zijn sterk verbeterde mogelijkheden ontstaan verworven informatie te herleiden tot een vorm waar de mens veel meer aan heeft. In schoolverband zou het gebruik van I.T.-producten wel eens van grote betekenis kunnen zijn voor de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden bij leerlingen. Andersom zijn ontwikkelingen binnen de natuurkunde ook van grote betekenis geweest voor opkomst van de informatietechniek. Theoretische bijdragen vanuit de natuurkunde op het gebied van de vaste stof fysica hebben ten grondslag gelegen aan de centrale betekenis van de micro-elektronica voor automatisering en voor communicatiesystemen.

Een behandeling van automatische meet-, stuur- en regelsystemen sluit aan bij eerdere ontwikkelingen binnen het natuurkundeonderwijs (bijv. de plon-thema's 'elektronica' en 'automatisering'). Bovendien past een dergelijke behandeling bij de 'wen-doelstelling' leerlingen weer-



baarder te maken in een snel veranderende technische omgeving.

Vanuit het gezichtspunt van de informatica is het belangrijk dat leerlingen kennis nemen van toepassingen van informatica. Volgens de huidige beleidsvoornemens zal bij het vak informatiekunde in de onderbouw de nadruk komen te liggen op het gebruik van produkten van informatie technologie en in de bovenbouw meer op ontwerp-activiteiten. Het gaat erom dat bovenbouwleerlingen probleemoplossend leren werken met middelen van de informatica.

Op de afdeling Didaktiek Natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam is voorbeeldlesmateriaal ontwikkeld voor Fysische Informatica.

Het leerstofgebied is uitgewerkt in twee rondes:

- "Technische Automatisering" voor 4 havo en 4 vwo behandelt de opbouw en de werking van technische informatieverwerkende systemen.
- "Computertoepassingen in de Natuurkunde" voor 5/6 vwo gaat over toepassingen van informatietechnologie bij natuurwetenschappelijk onderzoek.

In deze werkgroep beperken we ons tot een bespreking van het thema 'Technische Automatisering'. Het thema 'Computertoepassingen in de Natuurkunde' komt in werkgroep acht aan de orde.

Een afbakening

In de ontwikkeling van de techniek zijn grofweg drie fasen te onderscheiden: materietechniek, energietechniek en informatietechniek.

De eerste fase wordt gekenmerkt door het gebruik van in de natuur aanwezig materiaal om werktuigen te vervaardigen. Materietechniek is in feite zo oud als de menselijke soort zelf; vanaf haar ontstaan gebruikt de mens werktuigen om het leven te vergemakkelijken.

In een tweede fase wordt bovendien gebruik gemaakt van natuurlijke energiebronnen om werktuigen te ontwikkelen tot machines. Het doel van machines is de overname van menselijke arbeid. Deze ontwikkeling vond plaats tijdens de zogenaamde industriële revolutie.

In de derde fase wordt gebruik gemaakt van sensoren en informatieverwerkende onderdelen om machines te ont-wikkelen tot informaten. Met behulp van informaten is het bijvoorbeeld mogelijk zaken als coördinatie en sturing van mensen over te nemen. Een voorbeeld van materie-techniek is een trekkr die wordt voortbewogen door men-selijke of dierlijke spierkracht. Een voorbeeld van energie-techniek is een auto, waarbij gebruik gemaakt wordt van een natuurlijke energiebron om menselijke of dierlijke ar-beid te vervangen. Een voorbeeld van informatietechniek is het ruimtevaartuig dat uitgerust met sensoren en infor-matieverwerkers in staat is zonder menselijke sturing van koers te veranderen.

Als gevolg van recente technologische ontwikkelingen ko-men op steeds meer terreinen automaten beschikbaar die in staat zijn tot complexe informatieverwerking. Produk-tierobots, klimaatregelaars in kassen, kunstmatige or-ganen en giromaten zijn slechts enkele voorbeelden van informatie technologie-toepassingen die inmiddels naad-loos in onze cultuur zijn ingepast.

De opbouw en de werking van informatieverwerkende systemen is het centrale aandachtsgebied bij het onder-deel "Technische Automatisering". Het gaat hierbij om de vraag hoe verwerving, verwerking en de overdracht van informatie gerealiseerd kan worden met behulp van elek-tronische componenten en computersystemen. Aanslui-tend bij de doelstellingen van het algemene informatica-onderwijs ligt de nadruk op probleemoplossend handelen en systeemontwerp.

Het voorbeeldlesmateriaal

De ontwikkeling van voorbeeldlesmateriaal gebeurde aan-vankelijk in opdracht van het NIVO-project. Na de NIVO-periode werd deze ontwikkeling voortgezet in het kader van het PRINT-project (PRoject Invoering Nieuwe Tech-nologieën).

Gebaseerd op de wen-leerstoflijst is getracht eenvoudig en motiverend materiaal te ontwikkelen dat als voorbeeld kan dienen voor relevant onderwijs over toepassingen van informatietechnologie. Naast schriftelijk materiaal is te-vens practicummateriaal ontwikkeld: het systeembord en de stuurtaal. Deze producten vormen het hart van het les-materiaal.

Met behulp van het systeembord kunnen leerlingen, uit-gaande van een concrete probleemstelling, zelfstandig automatische systemen ontwerpen, opbouwen en testen. Elektrische signalen worden verwerkt met behulp van elektronische componenten op het systeembord. Ook kan gebruik gemaakt worden van de computer als elektroni-sche verwerker. In dit laatste geval wordt een stuurtaalpro-gramma gebruikt om de verwerkingsfuncties te simuleren.

Voorbeelden van systemen die met behulp van het sys-teembord kunnen worden gebouwd zijn een temperatuur-regeling, een pakjesteller op een lopende band, een auto-matische deuropener, een ijsdetector en een verkeerslich-ten regeling. Deze en andere voorbeelden worden uitge-breid beschreven in het voorbeeld lesmateriaal.

In het lesmateriaal wordt steeds uitgegaan van een con-crete probleemstelling.

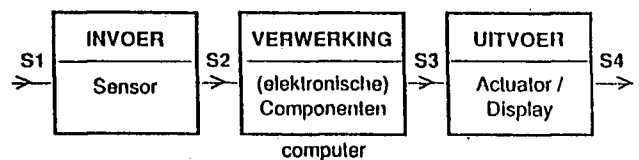
Bijvoorbeeld het ontwerp van een ijsdetector:

Bij gladde wegen zou het handig zijn als in de auto een zoemer aangaat om je te waarschuwen voor slipgevaar.

De zoemer moet een alarmsignaal geven (afwisselend aan en uit) als de temperatuur vlak boven het wegdek lager wordt dan bijvoorbeeld 2 °C. Met behulp van een druk-schakelaar moet de zoemer weer uitgeschakeld kunnen worden.

Het ontwerp van een automatisch systeem om een derge-lijk probleem op te lossen vereist dat leerlingen de func-tie-eigenschappen van de benodigde componenten ken-nen. Het systeemgedrag van de componenten wordt hier-toe op het bord onderzocht met behulp van een voltmeter. Voorts is het van belang dat leerlingen begrijpen hoe in-formatieverwerkende systemen in het algemeen zijn op-gebouwd:

De meeste informatieverwerkende systemen zijn te be-schrijven met behulp van het blokschema dat in figuur 1 is afgebeeld.



figuur 1 Een blokschema voor een informatieverwerkend systeem

Nemen we de mens als voorbeeld van een informatiever-werkend systeem dan kunnen de functies van de blokken bijvoorbeeld worden weergegeven met de termen kijken, denken en doen.

Het **invoerblok** is het deelsysteem dat de taak heeft gege-vens uit de omgeving te verzamelen en het signaal (= dra-ger van gegevens) zodanig aan te passen dat het geschikt wordt voor verwerking (de sensor bij een meet-, stuur- en regelsysteem; het toetsenbord bij een computersysteem).

Het **verwerkingsblok** is het deelsysteem dat de taak heeft een systematische reeks van bewerkingen op een invoer-sig-naal (S2) toe te passen om een specifiek systeemdoel te realiseren.

Het **uitvoerblok** is het deelsysteem dat de taak heeft ver-werkte gegevens in bruikbare vorm aan de gebruiker te representeren (meetsysteem) of op basis van deze gege-vens een actie uit te voeren (stuur-, regel-systeem).

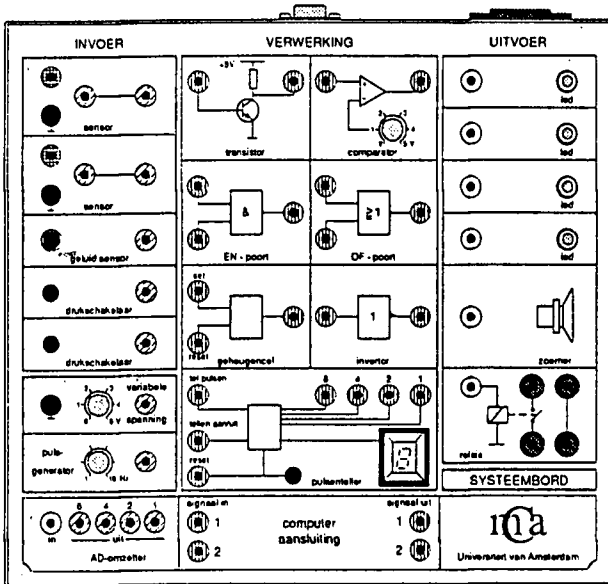
Deze driedeling is ook terug te vinden op de frontplaat van het systeembord. Elk blok met een bepaalde functie is door een apart kader omgeven.

Probleemoplossen met behulp van het systeembord

Leerlingen hebben sterk de neiging problemen op te los-sen via 'trial and error' methoden. Bij eenvoudige proble-men lukt dit nog wel, maar zodra de problemen com-plexer worden is een systematischer aanpak vereist. Systematische probleemaanpak kan gestimuleerd worden door expliciet aandacht te besteden aan methoden van pro-bleemoplossing:

- Laat leerlingen zien hoe je door een goede probleem-analyse complexere problemen kunt opsplitsen in deel-problemen, waarvoor aparte deelsystemen gebouwd en getest kunnen worden.

- Stimuleer planmatig handelen door bij het ontwerp van systemen gebruik te laten maken van afbeeldingen van het systeembord, waarop het eigen ontwerp getekend kan worden vóór het systeem concreet wordt opgebouwd.
- Laat gevonden oplossingen evalueren.



figuur 2 Frontpaneel Systeembord

We illustreren een mogelijke wijze van probleemaanpak aan de hand van een concreet voorbeeld. Dit voorbeeld laat zien hoe een modulaire aanpak van nut kan zijn bij het probleem oplossen. Het oorspronkelijke probleem wordt opgesplitst in deelproblemen, waarvoor afzonderlijke deelsystemen gebouwd kunnen worden. Na het testen van de deelsystemen volgt het probleem van koppeling. Hoe dienen de deelsystemen samen te werken om het totale systeem goed te laten functioneren? Bij de beschrijving van een oplossingsmethode gaan we ervan uit dat de leerlingen al bekend zijn met de eigenschappen van de verschillende componenten op het systeembord.

We ontwerpen een systeem voor een babyfoon dat aan de volgende specificaties moet voldoen:
 Als de baby wakker wordt en begint te huilen (hard genoeg) moet er in de huiskamer een zoemer gaan. Maar alleen als het schreeuwen langer dan bijvoorbeeld 4 s duurt. De babyfoon moet vanuit de huiskamer aan- en uitgeschakeld kunnen worden.

ONTWERP:

fase 1: Invoer en uitvoer;

Het is handig om bij het ontwerpen van een systeem eerst na te gaan welke sensoren en actuatoren nodig zijn voor het verrichten van de gewenste systeemfuncties.

Invoer:

Om het huilen te kunnen waarnemen gebruiken we de geluidssensor op het systeembord, voor het aan en uitzetten van het systeem twee drukschakelaars.

uitvoer:

Een zoemer.

fase 2: Opsplitsing in deelproblemen;

Een nadere analyse van de probleemstelling leidt tot de volgende drie deelproblemen:

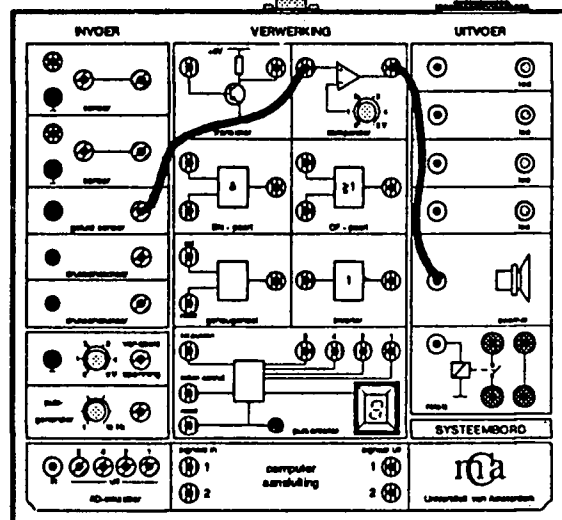
1. Het systeem mag alleen maar reageren op een geluidssignaal van voldoende niveau.
2. Het systeem moet de duur van het signaal (4 s) kunnen meten.
3. Het systeem moet met behulp van drukschakelaars aan- en uitgezet kunnen worden.

fase 3: Implementeren van deelsystemen;

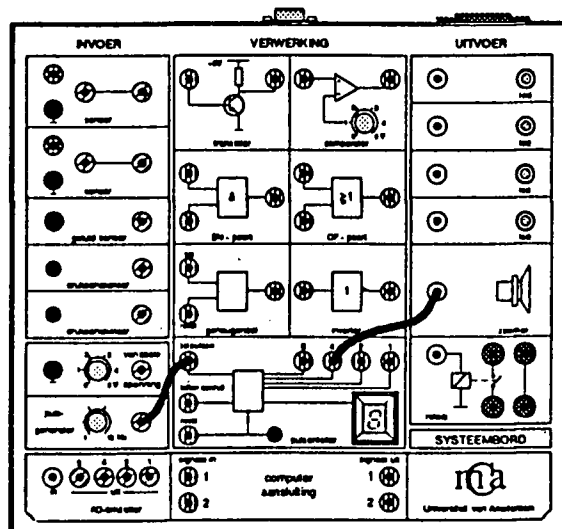
Bij meer complexe problemen is het raadzaam voor elk deelprobleem eerst een afzonderlijke oplossing te bedenken, de bijbehorende deelsystemen te bouwen en te testen en pas daarna het totaalsysteem te ontwerpen.

Deelsysteem 1:

Met behulp van de geluidssensor, de comparator en de zoemer kan een deelsysteem worden gebouwd waarbij de zoemer alleen aangaat als het geluid van voldoende niveau is (niveau afstellen met potmeter onder de comparator).



figuur 2.1 Deelsysteem 1



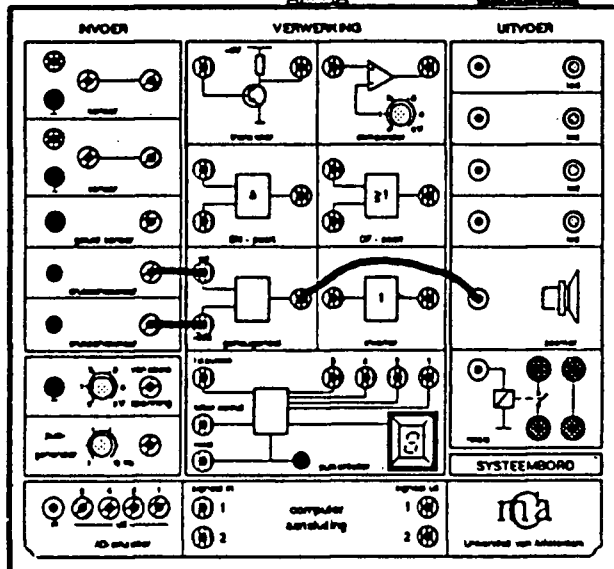
figuur 2.2 Deelsysteem 2

Deelsysteem 2:

Met behulp van de pulsgenerator, de teller en de zoemer is een deelsysteem te bouwen dat een geluidssignaal afgeeft na 4 seconden tellen. Door bijvoorbeeld de pulsgenerator op 1 Hz in te stellen wordt de derde uitgang (0100) na vier seconden hoog.

Deelsysteem 3:

Met behulp van twee drukschakelaars, de geheugencel en de zoemer beschikken we over een deelsysteem waarbij een geluidssignaal wordt afgegeven bij het indrukken van de ene schakelaar (set-ingang) en het zoemen stopt bij het indrukken van de ander schakelaar (reset-ingang).



figuur 2.3 Deelsysteem 3

fase 4: Koppelen van de deelsystemen;

In deze fase gaat het erom de deelsystemen zodanig te laten samenwerken dat alle specificaties uit de probleemstelling correct worden uitgevoerd.

De deelsystemen 1 en 2 koppelen:

Pas als deelsysteem 1 een hoog signaal afgeeft mag het tellen beginnen. De teller moet gereset worden als dit signaal binnen vier seconden laag wordt. Door, met tussenschakeling van een invertor, het uitgangssignaal van de comparator te verbinden met de reset-ingang van de teller kan bereikt worden dat alleen doorgeteld wordt zolang het geluidssignaal hoog is. De zoemer gaat aan als de tellerstand 4 is geworden.

Deelsysteem 3 koppelen:

Door het tellen te stoppen kunnen we voorkomen dat de zoemer wordt aangestuurd. Dit betekent dat de babyfoon in principe uitschakelbaar wordt door de uitgang van de geheugencel te verbinden met de stoptellen-ingang.

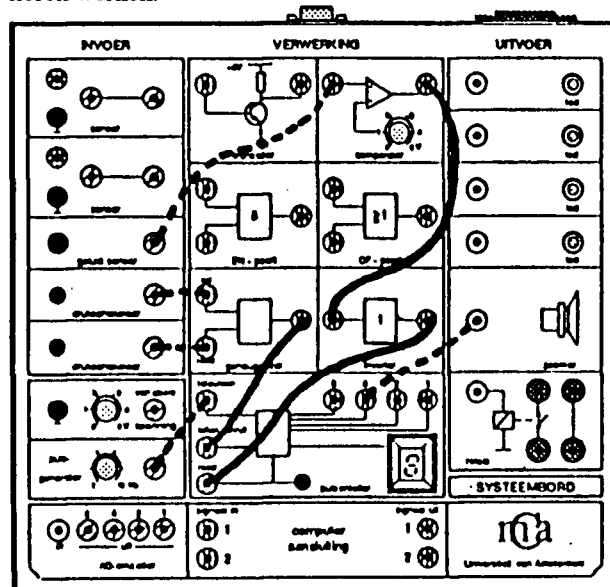
fase 5: evaluatie van de gevonden oplossing

Na de koppeling wordt de babyfoon getest om te zien of onder alle omstandigheden voldaan wordt aan de specificaties in de centrale probleemstelling:

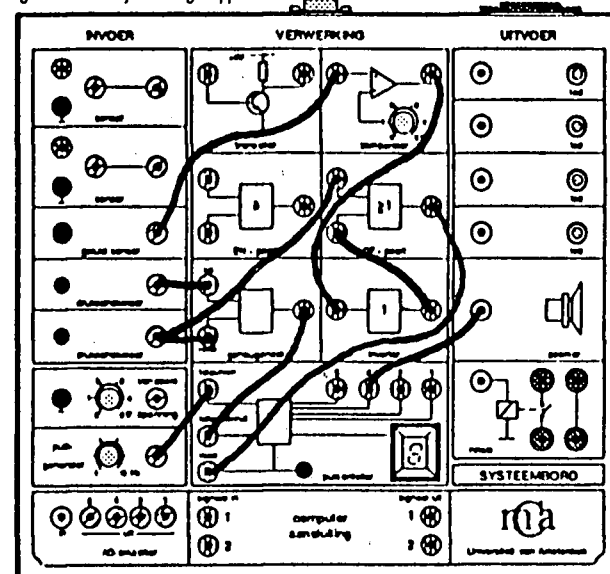
Zoals te verwachten blijkt de babyfoon niet uitschakelbaar tijdens het zoemen.

Dit probleem wordt tenslotte opgelost door het signaal van de drukschakelaar voor het uitzetten van het systeem via een OF-poort tevens te verbinden met de reset-ingang van de teller (figuur 2.5).

Als alles goed geschakeld is, zal de babyfoon naar behoren werken.



figuur 2.4 Deelsystemen gekoppeld



figuur 2.5 De babyfoon

In de praktijk zal bij het ontwerpen van systemen niet altijd even planmatig gewerkt worden. Leerlingen krijgen pas behoefte aan enige systematiek als ze via 'trial and error' niet meer uit het probleem komen. Voor de ontwikkeling van vaardigheden in het oplossen van open problemen is het echter goed tijdens de lessen expliciet aandacht besteden aan de verschillende fasen van systematische probleemoplossing:

probleem-analyse: vooronderzoek van het probleem en zonodig opsplitsing in deelproblemen.

Implementatie: realisering van oplossingen voor deelsystemen, testen van deelsystemen en koppeling van de delen. Testen/ debuggen van het totale systeem.

Integratie: evaluatie van de oplossing en eventueel herformulering van de probleemstelling.

Het gebruik van de stuurtaal

Uiteraard verandert de wijze van probleemoplossing niet als de computer gebruikt wordt voor de verwerking van de ingevoerde signalen. Het betekent wel dat een breder gebied aan problemen kan worden opgelost omdat we niet meer beperkt worden door het aantal verwerkers op het systeembord.

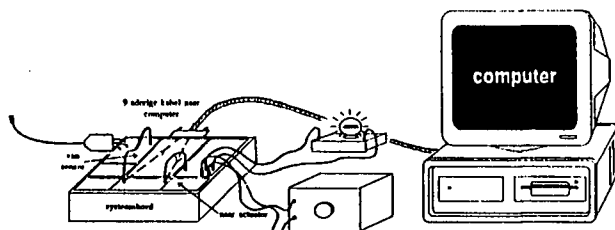
Het stuurtaalprogramma is ontwikkeld om leerlingen te tonen dat de systemen die met de verwerkers op het systeembord gebouwd werden eveneens geconstrueerd kunnen worden door gebruik te maken van de computer als programmeerbare verwerker. In dit geval worden de elektronische componenten van verwerkingsblok op het systeembord niet gebruikt.

De stuurtaal heeft een zodanige opzet dat leerlingen niet over enige programmeervaardigheden hoeven te beschikken bij het zelfstandig ontwerpen van de systemen. Als eenmaal bekend is welke componenten nodig zijn en in welke volgorde zij geschakeld moeten worden, kan het programma in principe worden geschreven door het in de juiste volgorde aanwijzen van benodigde componenten in een commandobalk.

Met behulp van dit pakket kunnen voordelen van een programmeerbare verwerking op directe wijze geïllustreerd worden:

- Er kunnen complexere systemen worden opgebouwd doordat nu een vrijwel onbeperkt aantal componenten beschikbaar is.
- De systemen zijn gemakkelijker veranderbaar.
- Het ontwerpproces is, dankzij ingebouwde tools, eenvoudiger. (aanwijzingen, foutmeldingen, taal in plaats van draadjes
- Er zijn handige debug-faciliteiten aanwezig doordat tijdens de uitvoering van het programma alle signaawaarden eenvoudig gevolgd kunnen worden.
- Bestudering van het systeemgedrag (bijv. oscillaties bij regelsystemen) is eenvoudiger mogelijk doordat de sensorsignalen grafisch kunnen worden afgebeeld.

Een programma voor een etalage verlichting, waarbij het licht aangaat bij avondschemer:



figuur 3.1 De opstelling

ETALAGE 2B	COMMANDO'S:
1: Start	leesSensor
2: Analoge ingang 1 geeft ASign 1	Comperator
3: Sign 1 wordt: VERGELIJKING (Assign 1, 3.50)	Invertor
4: Set Geh 1 met Sign 1	eN-poort
5: Sign 2 wordt: Niet (Sign 1)	Of-poort
6: Sign 3 wordt: VERGELIJKING (Assign 1, 1.50)	Geheugen
7: Sign 4 wordt: Niet (Sign 3)	Resetgeheugen
8: Sign 5 wordt: Geh 1	Leesgeheugen
9: Sign 6 wordt: (Sign 2 EN Sign 5)	Teller
10: Reset Geh 1 met Sign 4	leestellerstand
11: Sign 6 stuurt Actuator (Dig. ulg 1)	stoTeller
12: Einde	rEscuteller
	Actuator
	Herhaal
	Wacht
	einde

figuur 3.2 Het programma

Tot slot

De eerste ervaringen in de klas met dit lesmateriaal zijn veelbelovend. Leerlingen vinden het leuk en uitdagend oplossingen te bedenken voor praktische automatiseringsproblemen en deze ook concreet te realiseren. Sleutelbegrippen uit de informatietechnologie worden spelenderwijze aangebracht en juist de directe terugkoppeling bij het probleemoplossen werkt zeer motiverend. Voorwaarde is wel dat voldoende practicummateriaal aanwezig is: drie à vier leerlingen per systeembord lijkt een absolute bovengrens.

Leren van Microworlds

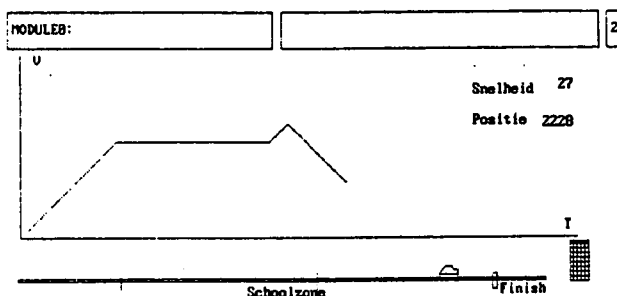
Werkgroep 2

I. de Bruijn

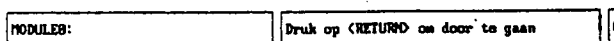
Universiteit Twente

Instructie-programma's op de computer (COO) hebben vaak de vorm van uitleg, oefening of testen. Voor natuurkunde kom je ook nog wel eens een 'gesimuleerde proef' tegen. Al enige tijd onderzoekt men de mogelijkheid programma's met meer en andere leereffecten te maken. Er wordt dan geprobeerd een gesimuleerde omgeving te bieden, waarin de leerling ontdekkend en vaak ook spelenderwijs te werk kan gaan. Die omgeving bevat meestal enkele versimpelingen, waardoor het te onderzoeken verschijnsel beter naar voren komt. Deze 'kleine ervaringswerelden' worden vaak met de Engelse benaming 'microworld' aangeduid. Het bekende programma 'De Trage Inbreker' is er een goed voorbeeld van.

Ik heb geprobeerd enkele voorbeelden van 'microworlds' met behulp van het auteursysteem TAIGA te realiseren. Een tweetal programma's is in de werkgroep vertoond, uiteraard met het verzoek om commentaar en suggesties. Het eerste programma (RACE) gaat over rechtlijnige beweging, waarbij met behulp van toetsen versneld en vertraagd kan worden. Het is een spel, waarbij geprobeerd moet worden een autootje zo snel mogelijk over een finish te brengen. Daarbij word je gehinderd door een zone waarin een maximum snelheid geldt en een muur achter de finish, die geraakt wordt bij te hoge eindsnelheid (figuur 1).



figuur 1



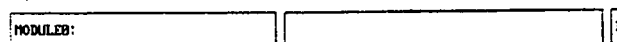
Bij dit spel kan je een blokje "wegschietsen", waarna het in een cirkelbaan (een soort goot) terecht komt. Je kunt kiezen, wat de grootte wordt van de

- snelheid v
- straal van de cirkelbaan R
- zwaartekrachtversnelling g
- massa van het blokje m

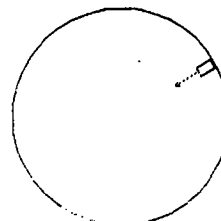
In het plaatje krijg je een pijl, die grootte en richting van de centripetale versnelling aangeeft. Maar je kunt ook kiezen, dat de normaalkracht wordt weergegeven. (in de figuur hieronder staat die pijl nog niet) De bedoeling is, dat je wat gevoel krijgt voor de grootte van al die grootheden, en dat je snapt wanneer het blokje "uit de cirkelbaan valt".



figuur 2



Toets indrukken voor stilzetten.



Snelheid 15.8
Normaalkracht 98.8
Centr. versnelling 58.8

Druk opnieuw een toets in om de beweging te vervolgen

figuur 3

Het tweede programma (CIRKEL) gaat over een beweging in een cirkelbaan, waarbij onderzocht moet worden onder welke voorwaarden het hoogste punt wel of niet wordt bereikt (figuur 2). Het is een gesimuleerde proef: op elk moment kan je de beweging stilzetten en de waarden van snelheid, centripetale versnelling en normaalkracht aflezen (figuur 3).

In de programma's is via menu's een keuze van onderwerpen mogelijk. Zo kan gekozen worden voor een introductie op de proef, voor een uitleg van theorie, voor het uitvoeren van de eigenlijke simulatie of voor het beantwoorden van vragen. In de vragen wordt, bij verkeerde antwoorden, vaak de suggestie gegeven de proef (c.q. het spel) nog eens te doen, teneinde op het spoor van het antwoord te komen.

Met deze programma's is ervaring opgedaan bij een klein aantal leerlingen en ook tijdens de werkgroep-sessies. Nadat de laatste foutjes eruit zijn, blijft het probleem hoe je een sturing van de leer-activiteiten kunt aanbrengen. Als de leerling vrij wordt gelaten, is het zeer belangrijk welk doel aan het begin van het programma wordt gesteld. Zo bleek een leerling op het verkeerde spoor te komen, wanneer de gesimuleerde proef als een 'spel' werd aangekondigd: zij bleef zoeken naar het spelelement en kon dat niet vinden. Bij de gesimuleerde proef moet het ook weer duidelijk zijn, naar welk soort conclusie dient te worden toegewerkt. Het algemene doel 'gevoel voor de situatie opdoen' is te vaag omschreven. Met een serie vragen, die door alle leerlingen wel worden gedaan, is overigens een zekere sturing aan te brengen. Op die manier komen alle leerlingen de essentie van de zaak op den duur wel tegen.

Leerlingen gaan op zeer verschillende manieren door een vrij programma heen. De één kiest voor het direct uitvoeren van de proef, de tweede kijkt eerst de theorie nog even na en de derde begint met de vragen. Allen hebben echter moeite met de idee, dat het antwoord op een (onderzoeks)vraag vanuit de simulatie is te verkrijgen. Kennelijk zijn ze te veel gespitst op het maken van sommetjes, waarbij het antwoord middels formules en dergelijke kan worden gevonden. En leerling verontschuldigde zich zelfs: hij had het antwoord op de vraag 'gespiekt' door het even te proberen!

De claim is dat de programma's een indringende leerervaring opleveren. De eerste indruk is dat dit wel zo is. Zo bleken leerlingen uit 6 vwo pas uit het programma CIRCSEL geleerd te hebben, dat bij het 'uit de cirkel vallen' de normaalkracht nul wordt en de centripetale versnelling niet. Dit tot verbazing van de leraar, die het kort daarvoor nog bij een paar vraagstukken in de klas had behandeld. De leerlingen waren overigens van mening, dat het meeste effect juist wordt bereikt direct na de eerste behandeling van de dynamica van de cirkelbeweging, in de 4e klas dus meestal. Een concretisering van de begrippen is daar broodnodig om het programma zou daarin kunnen voorzien.

Het programma RACE bevat een 'truc', die de nodige stof tot discussie opleverde. Het autootje beweegt alleen, wanneer een toets wordt ingedrukt. De tijd staat dus stil, zolang je niet aan het toetsenbord komt! De eerste reactie is dat dit niet reëel is, het zou beter zijn de tijd zelfstandig te laten doorlopen.

Maar nader beschouwd krijgt dan de behendigheid de overhand en krijgt de leerling niet de gelegenheid onderweg over het verloop van de beweging na te denken. Mijn conclusie is vooralsnog dat het in de huidige vorm leerzamer is. Het is overigens een aardig voorbeeld van de gedachte achter een microworld: de situatie wordt eventueel wat minder realistisch gemaakt, als het leereffect daarmee gediend wordt.

In de naaste toekomst zal het gebruik van de programma's in de klas nader worden onderzocht. Over ca. een jaar zijn de programma's vrij verkrijgbaar.

Tenslotte enkele woorden over het maken van dergelijke programma's. Dit vereist dat, bij gebruik van TAIGA, procedures in de programmeertaal PASCAL worden geschreven voor de animaties. Sommige procedures kunnen later nog eens worden gebruikt, maar elk nieuw programma vereist nog weer nieuw programmeerwerk. Het ligt dan ook niet binnen het bereik van de doorsnee gebruiker om zelf dergelijke programma's te maken of te modificeren. Voor de ontwikkeltijd wordt vaak een norm gehanteerd van 100 uur arbeid voor één uur onderwijs. Dat blijkt voor deze programma's ook ongeveer op te gaan. Daarbij blijkt de tijd voor ongeveer de helft te zitten in het schrijven en testen van bovengenoemde procedures. Als die eenmaal werken, levert het auteursstelsel wel een mogelijkheid om de uiteindelijke versie vlot in elkaar te zetten. Vooral het 'debuggen' gaat vele malen sneller dan bij bijvoorbeeld het direct programmeren in een hogere programmeertaal.

TAIGA geeft overigens ook een gemakkelijke mogelijkheid voor het draaien van de programma's bij gebruik van verschillende grafische kaarten. Het gebruik van een rekenprocessor is echter wel geboden, omdat anders te lange wachttijden ontstaan.

Software en onderwijsdoelen, hoe organiseer je dat?

Werkgroep 3

H.v.d. Rijst

In kort bestek zetten we verschillende types software naast elkaar en de onderwijsdoelen die zij dekken.

Is er een organisatievorm die het best past bij het gebruik van computers in het (natuurkunde) onderwijs? We beschrijven welke software er gebruikt wordt op de Hogeschool Midden Nederland bij het opleiden van natuurkundeleraren en hoe dat georganiseerd is. De situatie op scholen heeft overeenkomsten en verschillen. Daarvan uitgaande zoeken we naar antwoorden op de volgende soort vragen:

- welke lange termijn en korte termijn wensen zijn er ten aanzien van hard en software;
- welke lange en korte termijn wensen zijn er ten aanzien van de inrichting van natuurkunde lokalen of de school zelf;
- hoe zijn die wensen te realiseren.



Procesbesturing

Werkgroep 4

*J. Schimmel & A.
Timmermans*

Het onderwerp procesbesturing, ook wel robotica, in het onderwijs heeft tot doel leerlingen inzicht te geven in de principes die aan allerlei processen in hun omgeving ten grondslag liggen.

De computer is bij uitstek geschikt om kennis te maken met dit onderwerp.

Om processen of robots te besturen moet worden beschikt over lesmateriaal, hardware en software.

In deze werkgroep zal in het kort iets worden verteld over hardware en software die geschikt is voor dit onderwerp.

Aan de hand van uitgewerkte lesvoorbeelden kunt U vervolgens zelf in de praktijk kennis maken met het besturen van diverse processen met behulp van een computer, zoals verkeerslichten, een robotarm, een automatische schuifdeur en een plotter.

Met een discussie over de eisen, wenselijkheden en mogelijkheden van materiaal voor dit onderwerp in het onderwijs wordt de bijeenkomst afgesloten.

Procesbesturing: een kwestie van lesmateriaal, hardware en software.



Rechtlijnige bewegingen.

Werkgroep 5

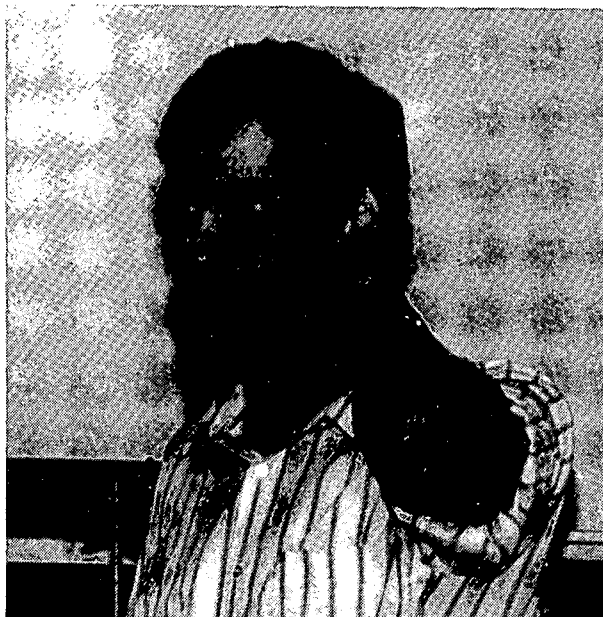
J. de Schipper en T. van de Kooy

De aanleiding tot het houden van deze werkgroep was een recente publicatie in het NVON-maandblad¹⁾ over het registreren van rechtlijnige bewegingen. Behalve de in dat artikel beschreven opstelling en het daarbij te gebruiken computerprogramma zijn op onze school nog enkele andere mechanica demonstraties in gebruik.

Enkele dagen voor de conferentie was bovendien bekend geworden dat de proef, die twee van onze collega's hadden ingezonden voor de UIA/IP-Coach prijsvraag, was gehonoreerd met de eerste prijs.

De drie werkgroepbijeenkomsten hebben het volgende verloop gehad:

1. a. Officiële prijsuitreiking van de UIA/IP-Coach prijs (alleen op vrijdag).
b. Demonstratie van de winnende proef: Het maken van een diagram met behulp van een weerstandsdraad, een kogel, de computer met UIA kaart en het programma IP-Coach.
2. Mechanica demonstraties in de volgorde waarin de mechanica doorgaans behandeld wordt in klas 4 (havo/vwo):
 - a. Tijd en plaatsmeting met lichtpoortjes en een klokprogramma. Korte bespreking van de opstelling uit het NVON artikel.
 - b. Eenparige bewegingen, onder meer met de luchtrail. Het computerprogramma slaat de tijdstippen op en maakt direct een (x,t) -diagram.
 - c. Bepaling van gemiddelde snelheid met een karretje met vaantje en een lichtpoortje.
 - d. Bepaling van de snelheid op een tijdstip t uit een meetserie met een steeds kleiner vaantje.
 - e. Bepaling van de versnelling van een eenparig versnelde beweging met twee lichtpoortjes en een karretje met vaantje, waarbij twee onderbrekingstijdsduren en de tijdsduur tussen die twee onderbrekingen worden gemeten.
 - f. Niet-eenparige bewegingen. Meting van tijd en plaats. Een programma toont direct het plaats,tijd en het (v,t) -diagram.



g. De valproef met een elektromagneet die de UIA-klok start. (x,t) - en (v,t) -diagram. Berekening van de valversnelling daaruit. (alleen op vrijdag).

h. De tweede wet van Newton, afgeleid uit een meetserie met een sleetje op de luchtrail, een koord, een katrol en gewichtjes aan het afhangende koordeinde.

i. Onelastische botsing op de luchtrail. (x,t) - en (v,t) -diagram voor en na de botsing.

3. Tijdens de demonstraties, de vragen en de discussie aan het slot is geprobeerd de didactische meerwaarde van dit soort demonstraties aan te geven ten opzichte van de situatie zonder, of met andere meetopstellingen:

a. Doorzichtigheid.

De "13-tijdenopstelling" uit het NVON artikel is zo eenvoudig en doorzichtig mogelijk gehouden. De leerlingen zien op welke plaats een lichtstraal onderbroken wordt en kunnen zich voorstellen dat de computer het moment waarop dat gebeurt onthoudt, of, zoals een van de bezoekers van de werkgroep zei: "Ik laat wel eens op het sportveld iemand rennen en op een aantal plaatsen zet ik leerlingen neer met een stopwatch. Bij de 13-tijdenopstelling staan bij de lichtpoortjes als het ware mijn leerlingen met hun stopwatch."

b. Nauwkeurigheid.

Het is mogelijk de 13-tijdenopstelling zo te gebruiken dat er een hoge mate van nauwkeurigheid bereikt wordt. (Men zou van elektronische stopklokken eenzelfde nauwkeurigheid moeten verwachten.) Tijdens onze valproefexperimenten van een kogel die met een elektromagneet wordt losgelaten zijn de variaties in het tijdstip na 1 meter bij herhaling van hetzelfde experiment steeds in de orde van enkele tiende milliseconden en blijft de meetfout in de valversnelling binnen 2%. Er is geen enkele noodzaak om nog hogere nauwkeurigheid na te streven tijdens klassedemonstraties. Als niet alles optimaal is opgesteld is het resultaat minder perfect. De discussie over het ontstaan van meetfouten moet men, ook met de klas, niet uit de weg gaan. We blijven tenslotte natuurkunde doen.

c. Mogelijkheden.

Voor het meten en onthouden van veel tijdstippen en het laten berekenen en tekenen van grafieken is de computer een uitstekend hulpmiddel.

d. Interactief werken.

Maak een beweging, laat de leerlingen zeggen (berekenen) hoe het (x,t)-diagram eruit ziet, laat dit diagram verschijnen, leg het nog eens uit of doe het over of laat de leerling zelf een beweging maken, praat over steilheid en snelheid, laat ook dit weer zien, enz. Evenzo met het (v,t)-diagram. Op deze wijze wordt snel het gevoel ontwikkeld voor het juiste diagram dat bij een beweging hoort. Het kost geen extra lestijd.

4. Enkele toepassingen (soms ontstaan na suggesties van leerlingen of leraren) zijn genoemd, maar niet alle gedemonstreerd:

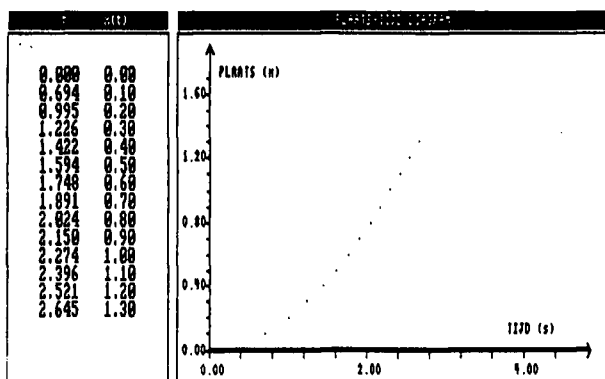
- a. Trillingstijdbepaling.
- b. Metingen met behulp van een katrol met gaatjes die "gezien" worden door een lichtpoortje.
- c. pH metingen bij titraties en berekening van de bijbehorende grafieken.

Kleine wijzigingen in het programma maken zulke metingen met de computer mogelijk.

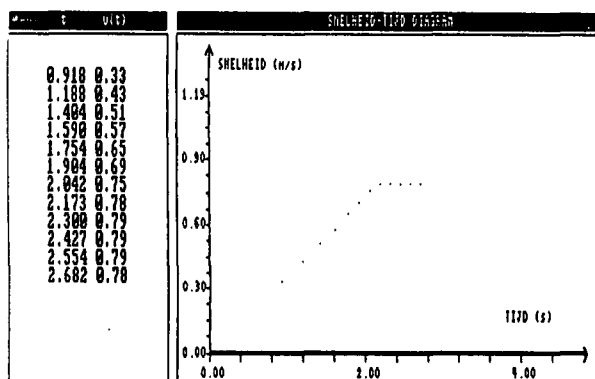
5. De programma's die gebruikt zijn bij de demonstraties zijn nog niet allemaal geschikt gemaakt voor verdere verspreiding, maar zullen te zijner tijd met een proevenbundeltje worden aangeboden via het NVON maandblad.

6. Bij de figuren: twee voorbeelden van (x,t)- en (v,t)-diagram van rechtlijnig bewegende voorwerpen.

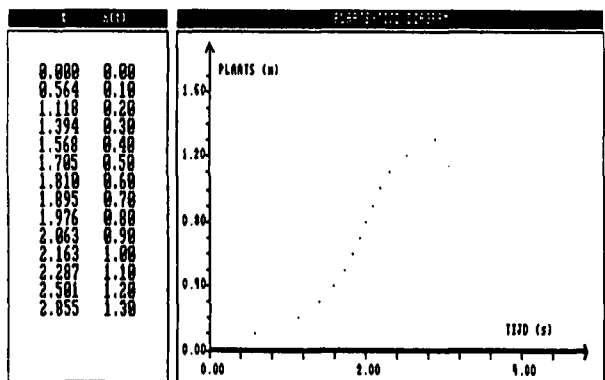
- 1) J.A. de Schipper en T. van der Kooij.
Rechtlijnige bewegingen met de UIA-interface.
NVON-maandblad no. 7, 1989, pag. 311-313.
Botsingen met de UIA-interface.
NVON-maandblad no. 9, 1989, pag. 394.
- 2) Het Christelijk Lyceum te Alphen aan den Rijn.
- 3) Rechtlijnige bewegingen met een weerstandsraad.
André van der Graaff en Bas Blok.
Signaal no. 3, uitgave CMA.



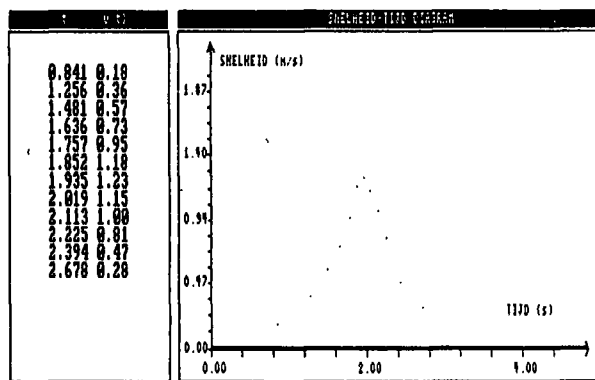
figuur 1a



figuur 1b



figuur 2a



figuur 2b

IP-COACH bij demonstratie en practicum

Werkgroep 6

*J. Robijn, P. Hulshoff,
B. van Putten en
A. de Haan*

IP-Coach is een programma waarmee je kunt meten en metingen kunt verwerken. Er is eenvoudig mee te werken en het is daarom goed te gebruiken voor demonstraties en practica in klasseverband en dan vooral in de bovenbouw. Voor het verwerken van de gegevens is enige kennis van afgeleiden en dergelijke nodig.

Veel van de docenten van deze workshop wilden niet alleen kennis maken met IP-Coach, maar wilden vooral meer weten over de wijze waarop je IP-Coach in de les kunt gebruiken. Een groot aantal van onze bezoekers had het programma wel op school in de kast liggen, maar maakte er geen gebruik van.

We hadden vier computers met IP-Coach meegenomen naar de conferentie, maar dat was te weinig om aan alle belangstellenden plaats te bieden; drie man per computer is het echte maximum om iedereen aan de slag te laten gaan.

De workshops werden door één van ons kort ingeleid en na zo'n vijf minuten gingen de docenten in twee- of drietallen aan de slag. Tijdens het werken liepen sommige groepjes nog wel eens vast omdat ze de handleiding niet volgden. In z'n geheel gezien verliepen de workshops zonder problemen, niets ging kapot en niets liep fout zonder dat daar een verklaring voor was te geven. De reacties die we van onze bezoekers kregen liepen nogal uiteen. Hoewel de meeste opmerkingen positief waren over IP-Coach, hoorden we ook wel een aantal bezwaren die het programma met zich brengt.

Tot slot geven we een aantal opmerkingen van docenten over het programma en het werken ermee op school.

- Het leren kennen en werken met het programma kost te veel vrije tijd.
- Het verwerken is abstract en daarom niet in elke klas te gebruiken.
- Kunnen de leerlingen wel volgen wat er allemaal gebeurt?
- Het snel kunnen uitvoeren van metingen achter elkaar.
- Het is boeiend voor de leerlingen, vooral in deze tijd van computers.
- Goed geschikt voor havo-vwo, met name in de bovenbouw.
- Goed te gebruiken als ondersteuning van lesstof.
- Vrije eenvoudig programma om mee te werken.



Hieronder staan de opstellingen die op de workshop waren te bewonderen met hun handleiding.

Proef 1: Module MULTISCOOP en VERWERKING

De kleine beschikbare signalen moeten eerst worden versterkt en bovendien worden 'geoffset' - verschoven -. Dit laatste is nodig omdat het signaal vaak een bepaalde hoogte heeft, waar omheen een fluctuatie optreedt. Meestal gaat het juist om die fluctuatie!

De hartslagsensor is gemakkelijk zelf te maken.

De druksensor is kant-en-klaar; de ruis op het signaal kan via een extra condensator over de ingang of via 'Verwerking' worden weggewerkt.

Proef 2: Modules MULTISCOOP en VERWERKING

Bij deze proef zijn vele variaties te bedenken:

- op 3 kanalen meten met Multiscoop: V, I en Licht;
- V en I tegen elkaar uitzetten met 'Verwerking'; lampjes en weerstand vergelijken;
- invloed van 'traagheid' van het lampje nagaan;
- inschakelverschijnsel met gelijk- en wisselspanning.

Proef 3: Modules IJKING en MULTISCOOP en VERWERKING

Eerst de schuifweerstand ijken met 'Ijking', daarna in 'Multiscoop' meten. Aangezien de meetversterker van de UvA, die behoort bij het meetpaneel een verschilversterker als ingangsversterker heeft kan meten voor het gewone 'dag'licht worden gecompenseerd.

In 'Verwerking' kan de functie Intensiteit (r) kan worden onderzocht.

Proef 4: Module IJKING en MULTISCOOP en VERWERKING

Een meerslagspotmeter wordt eerst geijkt en vervolgens als plaatssensor gebruikt. Door de massa's te variëren kunnen verschillende versnellingen worden bepaald.

In verwerking kan de helling in verschillende punten worden gemeten.

De handleidingen zijn te vinden in bijlage 1.

Creatieve Electronica

Werkgroep 7

E. Walinga/Schoeman



- Basisprincipes en bewerkingen
- Algemene eigenschappen operationele versterkers
- Op-amps instellen naar wens
- Geschikte typen op-amps
- Verkrijgbaarheid
- Bouwen op prikbord (demo-model)
- Werken met dictaat interfacing

A. Basisprincipes en bewerkingen

Sensoren geven spanningen af die een relatie hebben met de grootte die ze meten. Deze meet-spanning moet naar de computer gevoerd worden op een voor de computer acceptabele manier. Gedacht moet worden aan het feit dat bij IP-coach de spanning op de analoge ingang dient te liggen tussen 0 en 5 Volt. Bij Cintech is dit tussen 0 en 2,55 Volt. Zonder meer aansluiten van de sensoren op IP-Coach of Cintech zal meestal niet gaan omdat de uitgangsspanning van de sensor niet tussen 0 en 5 Volt ligt of een te klein deel van de spanning tussen 0 en 5 Volt beslaat. (Bijvoorbeeld: 100 graad temperatuurvariatie komt overeen met een spanningsvariatie van 0,6 naar 0,7 V. Zo'n geringe spanningsvariatie houdt in dat er maar weinig meetpunten van de A/D-conversie worden gebruikt (255 meetpunten over 5 V).

Op grond van bovenstaande overwegingen wordt het duidelijk dat sensor-spanningen bewerkt moeten worden om optimaal koppelbaar met de computer te zijn.

Eenvoudige bewerkingen, uitvoerbaar met minimale elektronica zijn: optellen, aftrekken, versterken, verzwakken, inverteren (= van teken wisselen).

voorbeeld:

sensor geeft spanning af van 0,6 naar 0,7 V over zijn meetgebied.

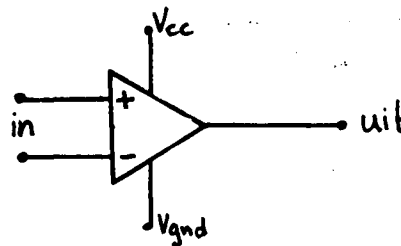
Stap 1: trek 0,6 Volt van de sensorspanning af.

Stap 2: versterk de resterende 0,1 Volt met 50 maal.

B. Algemene eigenschappen van operationele versterkers

De OP-AMP is in theorie een complex opgebouwde 'verschilversterker' van gelijkspanningen.

Het schema is in figuur 1 getekend.



figuur 1 Aansluiten van OP-AMP

De voedingsaansluitingen worden meestal niet getekend. De volgende kenmerken zijn van belang in schakelingen met OP-AMP's:

- De versterking is zo groot (in de orde van 105) dat in de praktijk de spanning van beide ingangen gelijk kan worden gesteld.
- De impedantie van beide ingangen is oneindig hoog, er loopt dus geen stroom via de ingangen.

In de praktijk komt dit erop neer dat de versterking zowel als de ingangsimpedanties door externe componenten bepaald kunnen worden.

In de gegeven schakelingen zijn de formules dan ook vrij eenvoudig te herleiden.

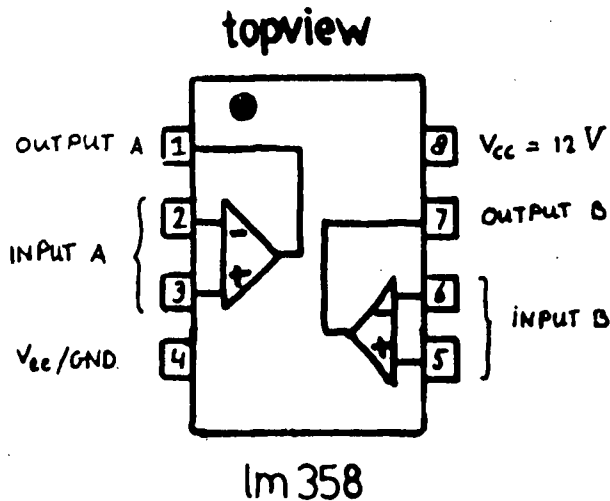
C. OP-AMPS instellen naar wens

- Het uitgangssignaal van de hierna te bouwen sensors worden in principe steeds teruggebracht op het spanningsbereik van 0 tot 2,55 V! Met andere woorden: waar nodig zal gebruik gemaakt worden van de nodige elektronica om het uitgangssignaal te verzwakken of te versterken.
- De sensor zelf moet ook optimaal aangepast zijn aan de proefomstandigheden.
- De benodigde elektronica bestaat steeds uit basisschakelingen rond een zogenaamde OP-AMP, de LM358.
 - De LM358 bevat twee OP-AMPS in één behuizing die echter onafhankelijk gebruikt kunnen worden.

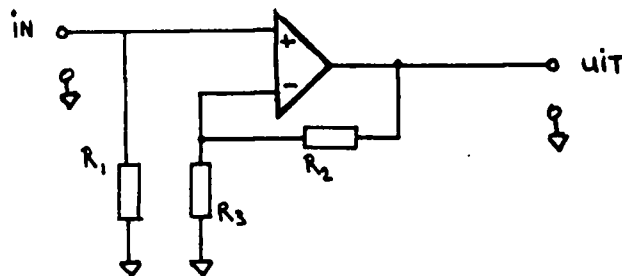
Verder is een enkele voedingsbron voldoende: er hoeft niet meer met een negatieve en een positieve voedings-

spanning gewerkt te worden. Dit is handig want dan kunnen we de I/O-unit als voedingsbron gebruiken.

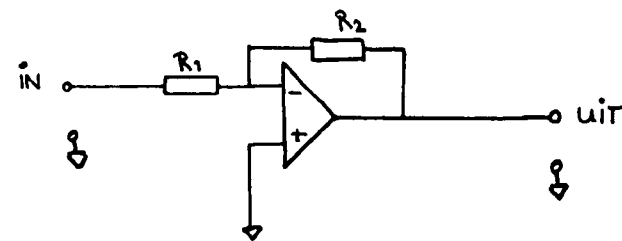
- De aansluitwijze van het I.C. is getekend in figuur 2.
- De gebruikte basisschakelingen met de bijbehorende formules voor het berekenen van de versterking is te vinden in figuur 3.



figuur 2 Aansluitschema van IC



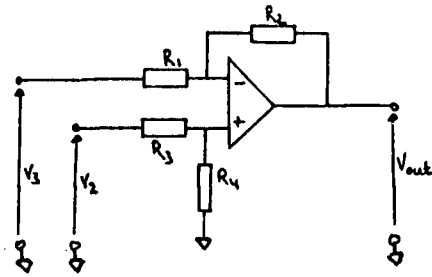
figuur 3 Niet-inverterende versterker
 R_1 bepaalt de ingangsimpedantie.
 $A = + (R_2 / R_3 + 1)$
 Kies R_2 en R_3 1 kOhm



figuur 4 Inverterende versterker
 R_1 bepaalt de ingangsimpedantie
 $A = - (R_2 / R_1)$ R_{21} 1 kOhm

D. Geschikte typen OP-AMPS

Bij de veelvuldige experimenten op de Hogeschool Windesheim blijken twee typen op-amps uitstekende diensten te verrichten, betrouwbaar te zijn en ook nog breed inzetbaar.



figuur 5 Verschilversterker
 $V_3 = R_1 / (R_2 + 1) \cdot (R_4 / (R_3 + R_4)) \cdot V_2 - R_2 / R_1 \cdot V_1$

TL072

Daar inzetten waar de belasting op de sensor heel lang moet zijn (hoge ingangsimpedantie). Met plus en min 15 Volt voeden. Verwerkt door de dubbele voeding zowel positieve als negatieve in- en uitgangssignalen.

LM358

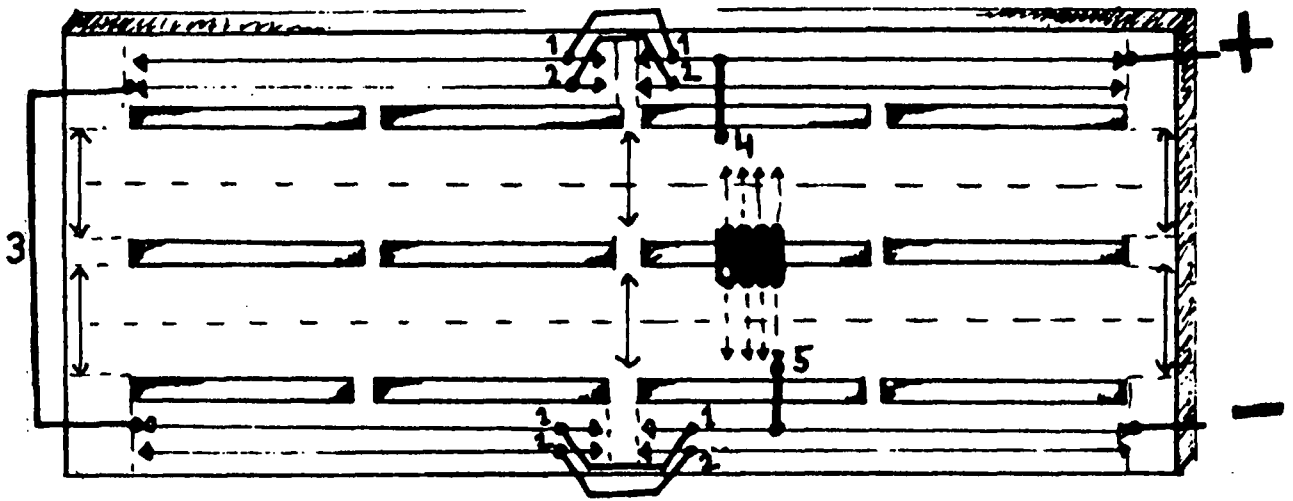
Heeft redelijk lage (10E5-ohm) ingangs-impedantie. Kan enkelzijdig gevoed worden met positieve spanning V_0 . De uitgangsspanning kan daarbij variëren van 0 tot $V_0 - 2$ Volt. Zodra negatieve ingangsspanningen aan dit IC worden aangeboden dient men er voor te zorgen dat die spanning op de inverterende ingang komt (immers dan wordt de uitgangsspanning positief en dat kan dit IC verwerken).

E. Verkrijgbaarheid

Dit geldt voor alle componenten zoals weerstanden en IC's en condensatoren. Voor sensoren gelden vaak bijzondere adressen. Verkrijgbaarheid in: elektronica detail zaak, de Windmolen (05428-2000), Texim, Dil enz.

F. Bouwen op prikbord

1. De set heeft als basis een experimenteer-bordje. Hiervan zijn de smalle stroken gaatjes aan weerszijden doorverbonden over de hele lengte als verbinding 1 en 2 worden gemaakt (zie figuur). Gebruik deze vier rijen gaatjes als aangegeven. De voedingsaansluitingen komen dus uiterst rechts. Leg de min van de voeding aan de beide kanten door verbinding 3 te maken.
2. De twee brede stroken gaatjes op het bordje hebben ieder in de breedte - richting steeds vijf gaatjes doorverbonden. Als dus het IC als aangegeven wordt gemonteerd (en let daarbij op de richting) kan iedere aansluiting van het IC goed bereikt worden.
3. Hou zo mogelijk de output van de schakeling rechts. Hoe methodischer gewerkt wordt hoe minder kans op storingen en fouten.
4. Voor de draadverbindingen gebruikt u de bij het setje hoordende doos met voorgebogen draadjes. Buig deze zo min mogelijk. Dat geldt ook voor de aansluitingen van weerstanden en dergelijke. Dan kunnen ze vaker gebruikt worden.
5. Het experimenteer-bordje. De verbindingen 4 en 5 verbinden het IC op de juiste manier met de voedingsspanningsaansluitingen. De verbindingen 1, 2 en 3 maken de voedingsspanning over het hele bordje goed bereikbaar.



figuur 6 Het experimenteerbord

Fysische informatica: Computertoepassingen in de natuurkunde.

Werkgroep 8

C.H.T. Mulder,

Universiteit van Amsterdam, Didaktiek Natuurkunde.



1. Inleiding.

Het leerstofgebied **fysische informatica** zoals dat door de W.E.N. in het nieuwe eindexamen is opgenomen kan uitgewerkt worden in twee rondes, te weten:

- **Technische Automatisering** bestemd voor 4/5 havo en 4-vwo;
- **Computertoepassingen in de natuurkunde** bestemd voor 5/6 vwo.

De achtergronden en uitwerking van Technische Automatisering zijn beschreven in het verslag van werkgroep 1 van C. de Beurs.

Om inzicht te krijgen in het leerstofgebied **fysische informatica** is het belangrijk te weten, dat dit tot stand is gekomen door combinatie van twee ontwikkelingen:

1. De aanpassing van het examenprogramma natuurkunde door de W.E.N.;
2. Het beleid van de overheid informatica in de bovenbouw van havo/vwo niet als apart vak in te voeren, maar geïntegreerd in de daarvoor in aanmerking komende vakken.

Redenen om fysische informatica in het examenprogramma op te nemen zijn van zowel vakinhoudelijke als maatschappelijke aard. Enerzijds is er binnen het vakgebied natuurkunde een richting fysische informatica ontstaan, die de noodzakelijke onderbouwing in de experimentele fysica levert voor data-acquisitie en -verwerking en de theoretische fysica heeft uitgebreid met het nieuwe terrein "computational physics". Anderzijds valt te constateren dat informatica zo diep ingrijpt in onze samenleving, dat wij om redenen van maatschappelijke aard - democratisch burgerschap, toepasbaarheid in de samenleving, algemene ontwikkeling - leerlingen moeten onderwijzen in de fysische informatica.

2. Invoering Fysische Informatica.

Om een adequate invulling te krijgen van het leerstofgebied fysische informatica heeft de W.E.N. gebruik gemaakt van het onderzoek van Didaktiek Natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam. Dit onderzoek richtte zich op de leerdoelen en leerinhouden van informatietechnologie voor de bovenbouw natuurkunde. Uiteraard is en-

kel een leerstoflijst niet voldoende om een nieuw examenonderwerp in te voeren. Voor fysische informatica is dan ook een invoeringsstrategie ontwikkeld die stoelt op:

1. ontwikkeling van lesmateriaal;
2. ontwikkeling van practicumateriaal;
3. extra budget voor de scholen voor practicumateriaal;
4. ondersteuning van de voorloopscholen;
5. ondersteuning auteurs van leerboeken;
6. nascholing;
7. onderzoek.

Het PRINT-project (de opvolger van NIVO) ondersteunt financieel het project ITN (informatie-technologie toegepast in de bovenbouw natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam), dat les- en practicumateriaal ontwikkelt. Elke havo/vwo school krijgt van het ministerie van O&W eenmalig een extra budget van f. 7.700,= voor practicumateriaal. Dit is niet bestemd voor de aanschaf van computers of software, omdat elke school hiervoor elk jaar een normbedrag (ca. f. 8.000,=) ontvangt voor de afschrijving van computers en ca. f. 2.000,= voor software. De W.E.N. invoeringscommissie ondersteunt de voorloopscholen en auteurs. Het project Deskundigheidsbevordering Fysische Informatica (DFI) regelt met PRINT gelden de nascholing. Voor elke school is er minstens één plaats beschikbaar op één van de dertig nascholingscursussen. Het onderzoek op het terrein van leerinhouden en begripsontwikkeling wordt betaald door de Universiteit van Amsterdam, waarbij ondersteuning wordt verkregen uit het P.B.N.-project.

3. Computertoepassingen in de natuurkunde.

3.1 De achtergronden.

Voor het uitwerken van het leerstofgebied fysische informatica met lessenseries voor twee rondes zijn een aantal argumenten te geven:

1. Het organisatorische argument.
De leerstof van het havo is kwa onderwerpen een deelverzameling van die van het vwo. Veel havo-leerlingen vervolgen hun studie op het vwo.
2. Het maatschappelijk argument.

Willen we zoveel mogelijk leerlingen onderwijzen in informatietechnologie - vooral de wens vanuit informatica - dan komt zowel de havo als 4-vwo als tijdstip moment in aanmerking omdat voor veel leerlingen dit voor wat betreft natuurkunde eindonderwijs is.

3. Het wetenschappelijk vakinhoudelijk argument.

Het voorbereidend wetenschappelijk niveau bereikt in elk geval de vwo leerling.

Deze argumentatie heeft er toe geleid dat fysische informatica is uitgewerkt in twee rondes, n.l. Technische Automatisering en Computertoepassingen in de natuurkunde. Bij Technische Automatisering zijn trefwoorden te noemen als: een brede groep natuurkunde leerlingen motiveren; veel maatschappelijke aspecten (algemene ontwikkeling, democratisch burgerschap, toepassingsgericht); een sterke verbinding met informatica in de andere vakken. In Computertoepassingen in de natuurkunde komt de verbinding met de wetenschappelijke natuurkunde sterker naar voren.

Voor de lessenserie "Computertoepassingen in de natuurkunde" hebben we dan ook als leidraad gekozen: het toepassen van informatietechnologie bij Natuurwetenschappelijk onderzoek.

Vergelijken we de examenlijst voor fysische informatica van het havo met de vwo, dan constateren we dat bij het vwo het programma is uitgebreid met de onderwerpen: signaalconditionering, signaaltransport en het gebruik van softwarepakketten voor meten, verwerken en modelrekening.

De lessenserie "Computertoepassingen in de natuurkunde" dient ook voortzetting te zijn van "Technische Automatisering". Dit betekent vooral de informaticalijn doorzetten. Dit vindt zijn uitwerking in enerzijds het systeemconcept toepassen bij het meten met de computer en anderzijds het opstellen en werken met modellen (De integratie van informatica in wiskunde B zal vooral betrekking hebben op de achtergronden van het werken met modellen).

3.2 De lessenserie.

De uitwerking door Didaktiek Natuurkunde van "Computertoepassingen in de natuurkunde" in een lessenserie met als leidraad informatietechnologie in de natuurkunde, heeft de volgende inhoudsopgave:

1. Oriëntatie.

- oriëntatie op de lessenserie. Voorbeeld van een modern fysisch onderzoek.

2. Experimenten met de microcomputer.

- aan de orde komen het meetsysteem, aandacht voor ijking, bemonsterfrequentie, AD-omzetting, resolutie van het meetsysteem.
- nieuwe aspecten van het meetsysteem, n.l. signaalconditionering (noodzaak van versterking, filtering).

3. Signaalconditionering.

- versterking via Op-Amp's.
- ontstaan van ruis, filtering, signaalleidingen.

4. Verwerking met de computer.

- het gebruik van de computer bij het bestuderen van een natuurkundig verschijnsel.
- data-acquisitie via IP-COACH.
- modelberekening via DMS.

- data-verwerking via IP-COACH.

5. Projecten.

- het afsluiten van de lessenserie met kleine onderzoeksopdrachten, b.v.
- literatuurstudie naar computergebruik in vakwetenschappelijke situaties.
- opdracht in het kader van de open onderzoeksopdracht of praktisch schoolonderzoek.
- bestudering van het weer met satellietfoto's, toepassingen in het ziekenhuis, etc.

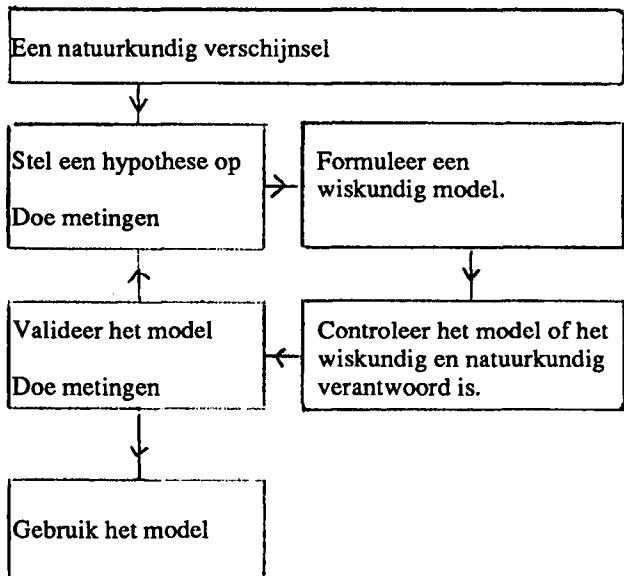
In het practicum wordt gebruik gemaakt van de NIVO vakcomputer met de UIA-kaart. Als software wordt gebruik gemaakt van IP-COACH en DMS. In principe is het mogelijk de meetexperimenten met de computer te demonstreren en de meetgegevens met IP-COACH in het computerlokaal te verwerken.

Voor het practicum signaalconditionering is een OpAmp-bord ontwikkeld.

3.3 Een voorbeeld.

Tijdens de werkgroep zijn van de hoofdstukken 2,3,4 voorbeelden getoond van het lesmateriaal en hoe dit te gebruiken in de klas. Ter illustratie zullen wij hier iets laten zien over modelvorming.

Het proces van werken met modellen is hieronder schematisch weergegeven:



Het werken met een model onderscheidt zich van het tot op heden werken met een model door de activiteit. Wij bedoelen met "werken met een model": stel een eenvoudig model, valideer het, doe het opnieuw, pas je model aan, valideer het, doe het opnieuw etc. Dit lijkt op het eerste gezicht omslachtig, en dat is ook zo als de leerling zelf alle berekeningen en grafieken tekenen opzich moet nemen. Maar dit wordt nu juist door de computer overgenomen.

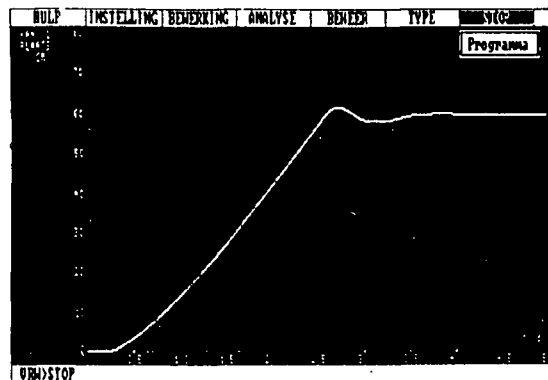
Ook zullen we veelal te maken krijgen met modellen, die we enkel door numerieke methoden betekenis krijgen. De resultaten van dit soort modellen hebben dan ook meestal de vorm van een grafiek, tabel of de functie van een benaderingskromme.

Wij werken voornamelijk met dynamische modellen. Dit zijn modellen die uitgaande van een beginsituatie, stapsgewijze de volgende toestand berekenen. Het model is een soort oplossingschema (numerieke integratie van een differentiaalvergelijking). Opvallend aan dit soort modellen zijn hun eenvoud, vooral als men bedenkt dat een analytische oplossing via de integraalrekening te hoog gegrepen is voor de meeste leerlingen. Vaak zijn de differentiaalvergelijkingen niet oplosbaar, terwijl de numerieke methode een goede benaderde oplossing biedt.

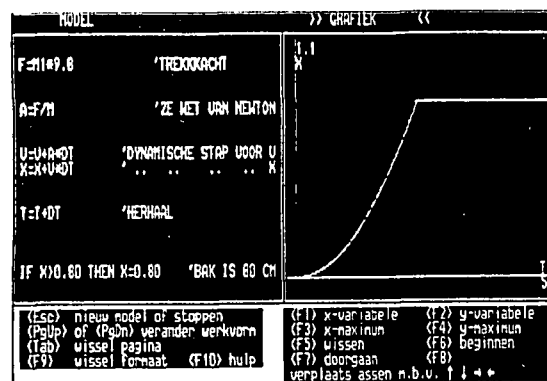
Voorbeeld:

Zie de figuren. Toelichting bij figuur:

1. Probleem het varende bootje. We willen een beschrijving van zijn beweging.
2. We doen metingen aan het bootje. Met IP-COACH krijgen we de plaats-tijd grafiek.
3. a. In DMS proberen we een model voor de plaats-tijd op te stellen. We kunnen onze mechanica kennis toepassen en de computer vele malen het model laten doorrekenen.
b. Bekijken we de resultaten van het model met de gemeten waarden, dan zien we dat de boot in $t=2,5$ s de plantenbak doorvaart. In DMS is dit $t=2,3$ s.
4. Het vermoeden bestaat dat de boot wrijving ondervond en er daarom langer overdeed. We proberen ons model nu te corrigeren voor wrijving. We doen een uitspraak over de relatie wrijvingskracht en snelheid. We kunnen dat eventueel via onderzoek uitzoeken, bijvoorbeeld met hypothesen als $F_w = \text{constant}$, $F_w = C \cdot v$, $F_w = C \cdot v^2$.
5. Gebruiken we $F_w = C \cdot v^2$, dan is bij een wrijvingscoëfficiënt van 0.25 de tijdsduur $t=2,5$ s.
6. Maar wat betekent dit nu voor de snelheid? We laten DMS nu de v-t-grafiek berekenen. Ons valt op dat de snelheid bij deze waarde een maximale waarde bereikt.
7. Is dit nu ook zo in het werkelijke experiment? Meet bijvoorbeeld op twee kanalen de plaats-tijd grafiek.
8. We bewerken daartoe met IP-COACH de meetwaarden van het tweede kanaal. Met behulp van AFGELEIDE krijgen we de v-t-grafiek. En inderdaad in werkelijkheid bereikt de snelheid ook een maximale waarde. Deze waarde is 30 cm/s en dat komt mooi overeen met de theoretische waarde uit DMS.



Figuur 2.



Figuur 3.

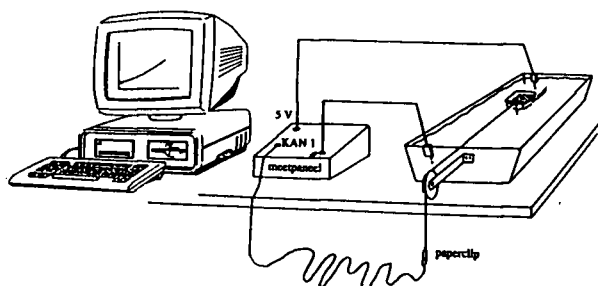
Hypothesen : $F_w = \text{constant}$

$$F_w = C \cdot V$$

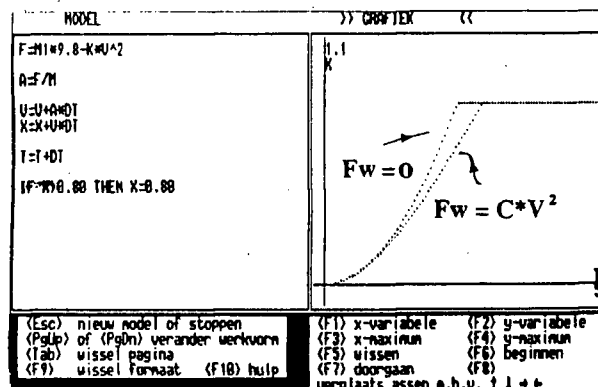
$$F_w = C \cdot V^2$$

Figuur 4.

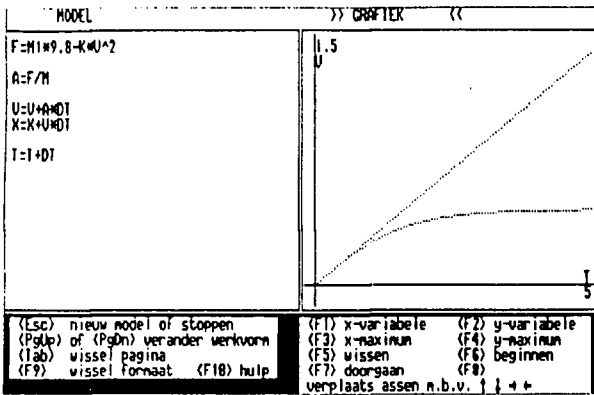
Proefopstelling " VAREND BOOTJE "



Figuur 1.



Figuur 5.



Figuur 6.

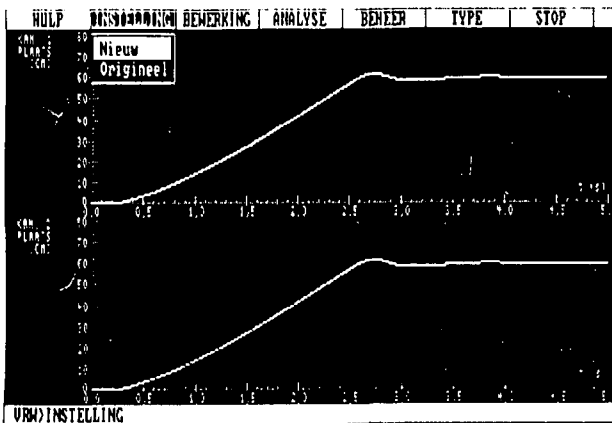
3. Het practicum en het practicummateriaal worden positief beoordeeld.
4. Opvallend is de niet al te kritische houding van leerlingen met betrekking tot het beoordelen van de meet- en bewerkingfouten door het gebruik van de computer.
5. Problemen zijn te vinden bij concepten als ijking, resolutie, numerieke oplossingsmethoden.

4. Begripsproblemen

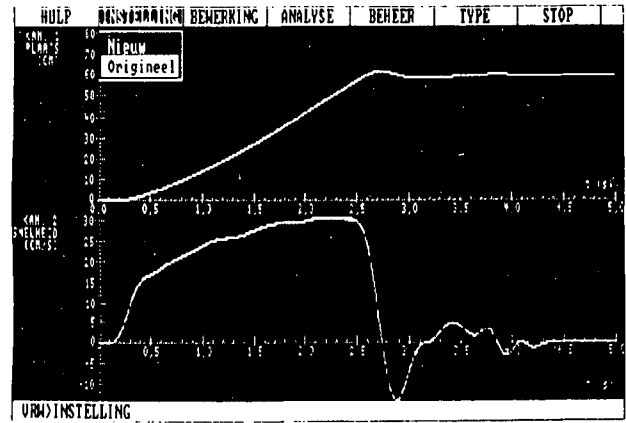
Thans zijn we begonnen met het in kaart brengen van begripsproblemen, die leerlingen ondervinden bij dit onderdeel van fysieke informatica.

Het gaat hierbij om begrippen uit de informatica zoals, de algemene opbouw van informatieverwerkende systemen, informatie via gegevens en signalen, representatie van gegevens, analoge versus digitale signalen, werken met modellen, procesregeling. Maar ook om begrippen die bij het meten en de natuurkunde horen zoals, nauwkeurigheid van systemen, frequentie-afhankelijkgedrag, sensor karakteristieken, de "natuurwetenschappelijke methode", numerieke methoden.

In eerste instantie zullen we denkbeelden van leerlingen in kaart brengen. Om het stukje natuurkunde op te bouwen, waarvan wij willen dat ze dat begrijpen zullen we rekening moeten houden met hoe leerlingen onze diverse begrippen denken en wat ze ervan weten.



Figuur 7.



Figuur 8.

3.4 Het uitproberen.

Het lesmateriaal is uitgetoetst in twee VWO klassen van de RSG Schagen. Een handicap bij het uitproberen ligt in het gegeven, dat van de leerlingen wordt verondersteld dat zij in 4 vwo of op het havo Technische Automatisering gehad hebben. Enkel op de RSG Schagen was aan deze voorwaarde gedaan, omdat we daar in het verleden met Technische Automatisering hebben geëxperimenteerd. Uit de observaties via interviews en enquêtes kregen we het volgende beeld:

1. Over het algemeen waren de leerlingen positief over de lessenserie. Ze vinden de lessen interessant, leuk en leerzaam.
2. Over de moeilijkheidsgraad lopen de meningen uiteen.

Interactieve Media

Werkgroep 9

F.H.J. Havekes

Computer Ondersteund Onderwijs is langzamerhand algemeen bekend. Veel minder bekend zijn toepassingen waarin de beperkte presentatiemogelijkheden van COO worden verbeterd door de toevoeging van beeld en geluid. Deze integratie van verschillende media heeft de naam interactieve media of interactieve video gekregen.

Toepassingen van deze systemen zijn in drie hoofdcategorieën in te delen:

- Opleiding en Training,
- Informatie verstrekken,
- Archivering.

Tijdens de werkgroep zullen aan de hand van voorbeelden de kenmerken en mogelijkheden van interactieve media worden getoond. Bovendien zal worden ingegaan op toekomstige ontwikkelingen en de betekenis daarvan voor het onderwijs.

Aardmagneetveld met computer gemeten

Werkgroep 10

W. van Dijk &
J.L. van Koeveringe

Resonantie (BBC-computer)

Een luidspreker staat voor een met lucht gevulde buis (één kant open). We meten tegelijkertijd de frequentie en de amplitudo van het signaal, dat de microfoon in het vaste eind opvangt.

De interface bestaat uit twee versterkertjes (chip CA 3140); door de computer gevoed). De ene versterker levert zijn signaal aan de AD-converter; de andere versterkt veel meer en het signaal gaat naar de USER-poort, nadat het tot blokspanning omgevormd is. De frequentie-meting gebeurt met een stuk machinetaalprogramma; het aantal klokpulsen van de computer tijdens één periode van het geluidssignaal wordt geteld.

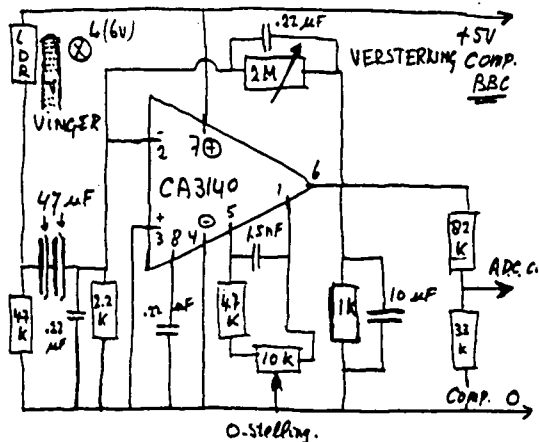
Op deze wijze wordt ongeveer 50 keer per seconde de amplitudo en de frequentie gemeten en meteen op het scherm in grafiek gezet.

Met de toongenerator wordt de frequentie langzaam opgevoerd. Als de buis b.v. 85 cm lang is zien we netjes de resonantiefrequenties bij 100 (niet op de plaat); 300; 500; 700 Hz enz. Als het nog een lukt om dat ook op een MS-DOS-computer te doen, dan is de beschaving weer een stapje verder!

Programma (BBC-basic) en schakelschema is gratis verkrijgbaar.

Hartfrequentie

We houden onze vinger op een LDR, terwijl er een lampje door de vinger schijnt. Door de variatie in vulling van de capillair-vaten treden er kleine veranderingen op in de intensiteit van het doorgelaten licht. Daardoor ontstaan er ook kleine veranderingen in de weerstand van de LDR en in de lading van de condensatoren van 47 micro-Farad. De laad- en ontladstroompjes veroorzaken weer een klein spanningsverschil over een weerstand en dat wordt weer versterkt (met een CA 3140) en aan de AD-converter toegevoerd. Een eenvoudige Basic-programma verwerkt de signalen verder. Er staan twee condensatoren in serie omdat een elektrolyt- of tantaal-condensator niet geheel vrij van lekstromen lijkt te zijn! De vinger moet goed warm en doorbloed zijn. De grootte van de oplegkracht is kritisch; een waarde tussen de 0,5 en 1 N voldoet meestal. Programma (BBC-Basic) en schema is gratis verkrijgbaar.

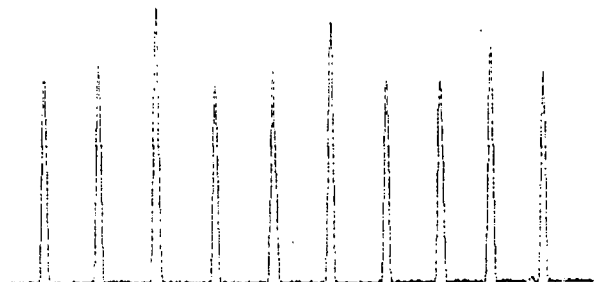


figuur 1 Versterker voor de hanslagmeter

```

%*
)*GDUMP 5 2
$lagno.: 11.
Escape at line 198.
)*B/=2
50 . 60 . 70 . 80 . 90 . 100 . 110 . 120

```



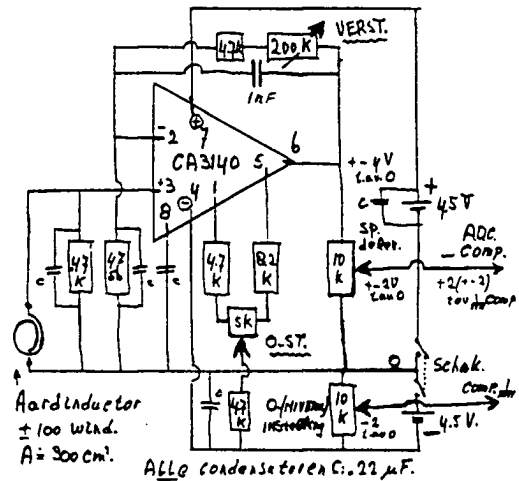
Aardmagneetveld

We draaien de aardconductor (ongeveer 100 windingen; $A=300 \text{ cm}^2$) een halve omwenteling. De draaiingsas staat horizontaal (Oost-West) en we beginnen met het spoelvlak horizontaal; zodoende meten we de verticale component van het aardmagneetveld.

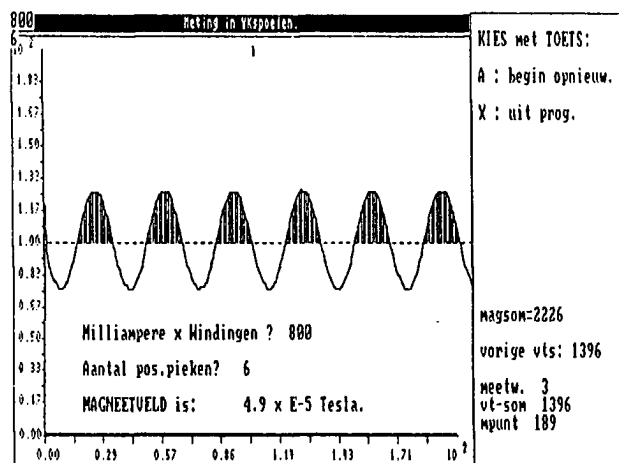
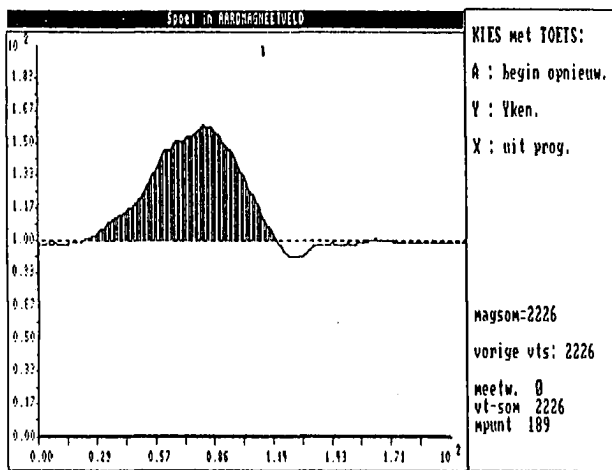
De optredende spanningspuls wordt door de versterkerchip (CA 3140 met batterijvoeding) meer dan 1000 x versterkt en toegevoerd aan de AD-converter van de computer (MCA-kaart).

De grafiek van de spanning als functie van de tijd wordt op het scherm getoond en vervolgens (na goedkeuring) numeriek geïntegreerd. (MAGsom). Dan plaatsen we een stel Helmholtz-spoelen om de aardinductor; daardoor zenden we een wisselstroom (+/- 3Hz; 40 mA eff.) en we meten de stroomsterkte. Het daardoor opgewekte magnetveld is met de bekende formule te berekenen; dit veld dient dus als YK-veld.

De grafiek van de inductiespanning als functie van de tijd wordt weer getoond en hierna geïntegreerd. (YK-som). Het aantal geïntegreerde pieken wordt evenals de stroomsterkte in de Helmholtz-spoelen aan de computer opgegeven. Met behulp van de verhouding MAG-som/YK-som wordt dan het magnetveld berekend.



figuur 2 Versterker voor het meten van het aardmagnetveld



Het computerprogramma (.EXE en .PAS in PASCAL 4.0) is evenals het schakelschema gratis verkrijgbaar. Stuur daartoe een disk (5) naar:

W. van Dijk - J.L. van Koevinge
afd. Natuurkunde-Informatica
Christelijke Scholengemeenschap Walcheren
Elzenlaan 4
4334 BW Middelburg

tel. school: 01180-33015
tel. huis W. van Dijk: 01181-1944
tel. huis J.L. van Koevinge: 011103-1470

Meten met BBC-computer

Werkgroep 11

F.Spijkers

De computer wordt in de natuurkundeles veelal gebruikt als simulatie- of rekenenheid. Een derde mogelijkheid is de computer te gebruiken als meetinstrument. Zo'n meetinstrument heeft een aantal prettige eigenschappen:

- met een interface en bijbehorende aansturing is dit meetinstrument makkelijk te bedienen;
- zowel analoge als digitale signalen kunnen worden aangeleverd;
- metingen met een kleine reactietijd (of nog beter) kunnen worden gedaan;
- er zijn allerlei mogelijkheden de meetwaarden fraai te presenteren;
- op een eenvoudige manier kunnen de meetwaarden meteen bewerkt worden.

Met behulp van een simpele (32 K) BBC-microcomputer en een (Unilab)interface wordt een aantal verschillende metingen getoond onder andere tijds-, snelheids- en versnellingsmetingen op de luchtkussenbaan en metingen aan vallende en trillende magneten. Gesproken zal verder worden over het gebruik van de computer door leerlingen bij bijvoorbeeld het schoolonderzoek practicum.

Fieldvision

Maxwell in the computer

Werkgroep 12

Leon Vogels



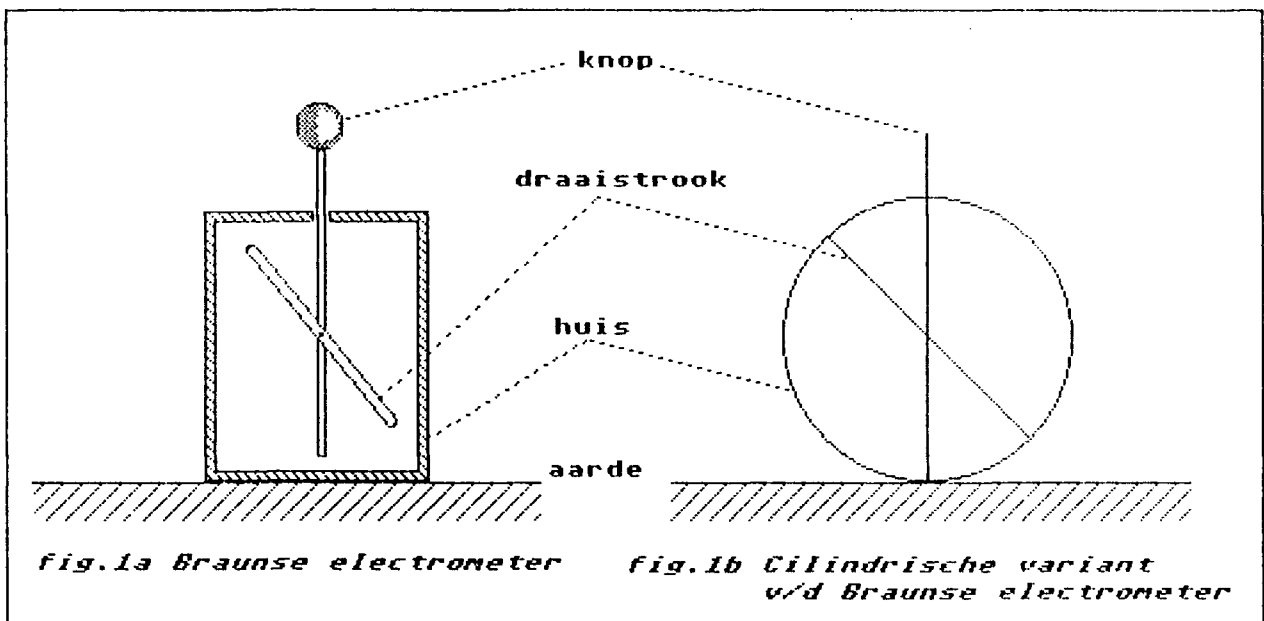
Inleiding

Stel er wordt een bijzonder kind geboren dat in staat is om elektromagnetische velden te zien. In het kinderhoofdje zal een visuele representatie van het elektromagnetische veld verschijnen, die zou kunnen lijken op veldlijnpatronen die Faraday, Maxwell en Hertz gebruikten. Wanneer dat kind volwassen is geworden, zit in zijn hoofd een grote hoeveelheid kennis over het elektromagnetisch veld (EM). Die is als vanzelf ontstaan doordat het vaak onder verschillende omstandigheden velden heeft gezien. Iemand met deze ervaring hoeft geen Maxwellvergelijkingen op te lossen om iets zinnigs te kunnen zeggen over het gedrag van EM-velden. Net zo min als wij hydrodynamische vergelijkingen hoeven op te lossen om iets te kunnen zeggen over de beweging van water.

Hoe zal iemand die van jongs af elektromagnetische velden ziet, de wereld begrijpen? Zal hij/zij een beter begrip

hebben van de (fysische) wereld? Het vermoeden bestaat dat dit inderdaad zo is. Onze wereld is - fysisch gezien - immers niets anders dan een enorm elektromagnetisch verschijnsel. Wat zou er gebeuren wanneer dat veld werd uitgeschakeld? Alle mensen, dieren, planten en objecten zouden onmiddellijk uiteen vallen in die bouwstenen, die voor hun bestaan niet afhankelijk zijn van die EM-krachten. De wereld zou een berg gruis worden, waarin alleen de zwaartekracht en de kernkrachten nog enige structuur zouden aanbrenge. Alle mogelijkheden om te communiceren, zowel over nano-meters als lichtjaren, zouden eveneens verdwijnen. Transport van energie en informatie vindt immers plaats via EM-velden.

Kortom: een beter (fysisch) begrip van de wereld hangt nauw samen met een goed begrip van EM-velden.

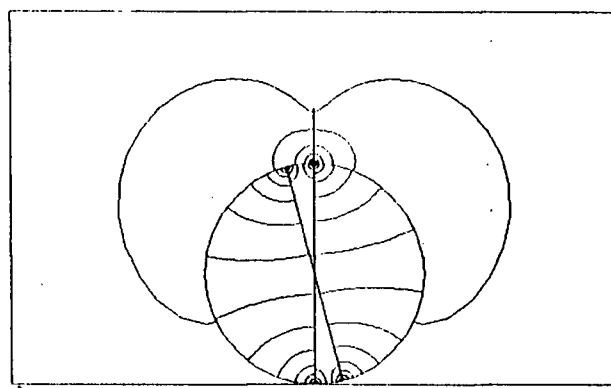
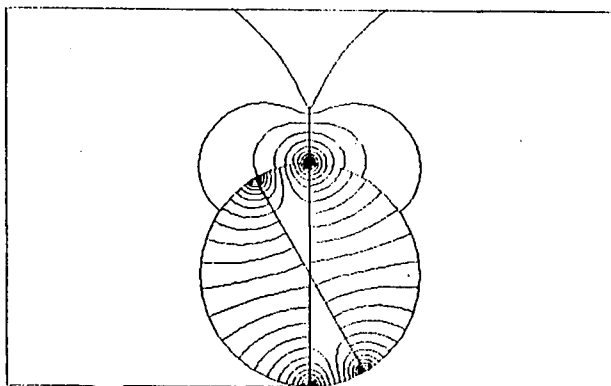


Het idee

Het idee voor het Fieldvision-project is begin 1987 geboren uit een samenwerking met dr. Hans Beltman¹. Hans was indertijd bezig met het schrijven van een aantal artikelen betreffende de elektrodynamica. De centrale geachte achter deze artikelen is dat een dieper begrip van "simpel" fysische situaties uit de schoolboeken tot stand komt door het complete elektromagnetische veld in de betreffende situatie te analyseren.

Een voorbeeld van zo'n "simpele" fysische situatie is de Braunse elektrometer (elektroscoop zie fig. 1a). Een alledaags schoolinstrument waarover bij velen van ons geen klaarheid bestaat wat deze nu precies meet. Dit wordt pas duidelijk wanneer ook het elektrische veld in zo'n elektrometer in de analyse wordt betrokken. Men herkent dan de combinatie huis-binnenwerk als de "platen" van een condensator waar tussen een elektrisch veld zit opgesloten. In feite is de Braunse elektrometer niets anders dan een variabele condensator; de stand van de variabele plaat wordt bepaald door de spanning over de condensator c.q. elektrometer.

Het hoofdelement bij het oplossen van het veldprobleem is cilindrisatie. Een systeem is cilindrisch wanneer het invariant is onder alle translaties in een bepaalde richting d.w.z. in een richting zijn aan alle doorsneden identiek. Door cilindrisatie wordt een 3-dimensionaal veldprobleem gereduceerd tot een 2-dimensionaal probleem. Op deze manier kan men van alle klassieke schoolexperimen-



figuur 2 Veldlijnenpatroon bij de cilindrische Braunse elektrometer voor verschillende potentiaalverschillen. Rekenteken tijd ca. 2 min. per plaatje

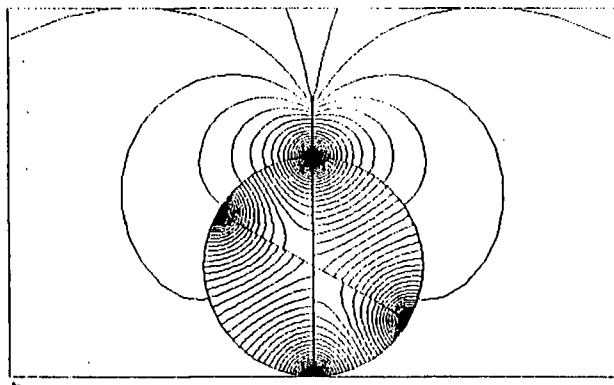
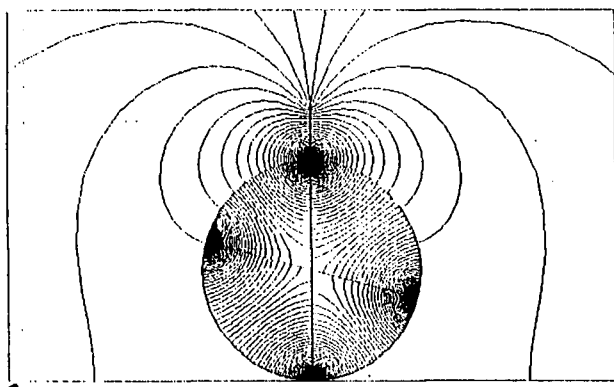
ten cilindrische varianten maken. Deze gedragen zich (zeer waarschijnlijk) niet anders als het oorspronkelijke systeem. In fysisch opzicht verliezen we dus niets door de overstap naar cilindrische varianten.

Voor de cilindrische variant van de Braunse elektrometer (zie figuur 1b) is het elektrische veld exact te berekenen voor elke stand van de draaistroom met behulp van de techniek van conforme transformaties (zie figuur 2a,b,c,d).

Naar aanleiding van de succesvolle veld-aanpak bij de elektrometer kwam het idee op om in het elektriciteitsonderwijs leerlingen consequent de hele werkelijkheid te tonen; dus inclusief de veldlijnenpatronen in de ruimte rond materiële objecten.

Om te kunnen onderzoeken of dit een vruchtbaar idee is, moet men over apparatuur beschikken, die in staat is snel veldrepresentaties te visualiseren bij bepaalde proefopstellingen die een belangrijke rol spelen in het elektriciteitsonderwijs. Hierbij denken we aan:

- een geweven plastic buis in de buurt van stukjes diëlectricum (aantrekken afstoten);
- een geweven plastic buis in de buurt van metalen voorwerpen (influentie e.d.);
- twee magneten;
- een magneet en een stuk ijzer;
- een magneet in de buurt van een stroomvoerende draad (Oersted experiment);
- een draaiende magneet in de buurt van een draadraam (dynamo);
- een lampje aangesloten op een batterij.



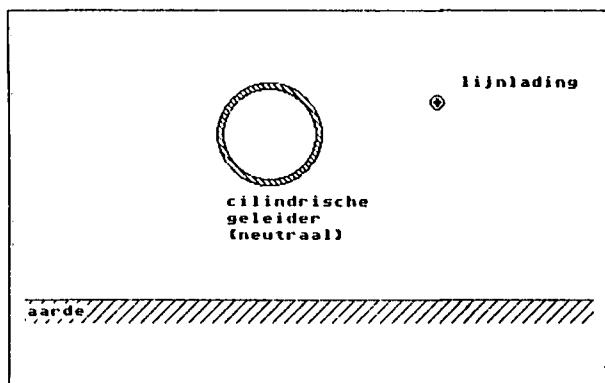
Kortom: FIELDVISION; met als doelstelling het ontwikkelen van een didactiek voor het elektriciteitsonderwijs, waarin het elektrische veld als visuele representatie centraal staat.

De methode

Nadat het gelukt was om bij een elektroscop met een willekeurige lading het veldlijnenpatroon te tekenen, hebben we onze aandacht gericht op de vraag of het ook mogelijk zou zijn het proces van het opladen van de elektroscop in beeld te brengen. Dit zou kunnen op de manier, zoals dat ook bij een tekenfilm gebeurt. Om zo'n tekenfilm op een computerscherm te realiseren zijn korte rekentijden noodzakelijk. De techniek van de conforme transformatie, zoals die is toegepast bij de cilindrische variant van de Braunse elektrometer, vereist voor een micro-computer nogal wat rekentijd. In het kader van het fieldvision-project is een methode ontwikkeld die beter geschikt is voor een micro-computer. Hieronder volgt een korte beschrijving van deze methode. In een te verwachten publicatie in het NVON-blad over dit project zal dieper worden ingegaan op de wiskundige en computertechnische aspecten.

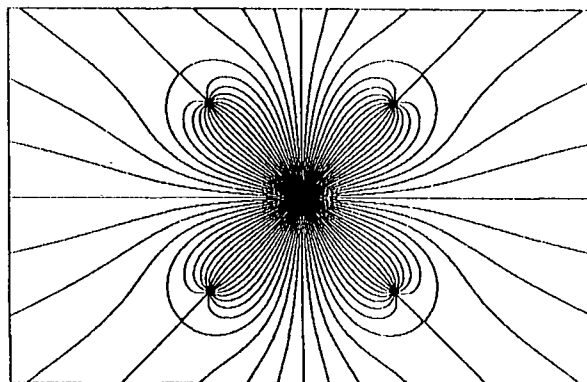
Korte beschrijving van de methode

Het hierboven geschetste schoolexperiment (geladen staaf in de buurt van een elektroscop) is een voorbeeld van **influentie**. Een eenvoudige versie van het influentieprobleem is geschetst in figuur 3. Voor onze doeleinden hebben we weer de cilindrische variant genomen. Het bijbehorende veldlijnen patroon is nu identiek aan het patroon behorende bij een bepaalde configuratie van lijnladingen, die uit de getekende situatie te verkrijgen is met behulp van de "spiegelmethode" van Sir W. Thomson [1]. De methode voor het construeren van de veldlijnen rond lijnladingen is ontleend aan Maxwell.

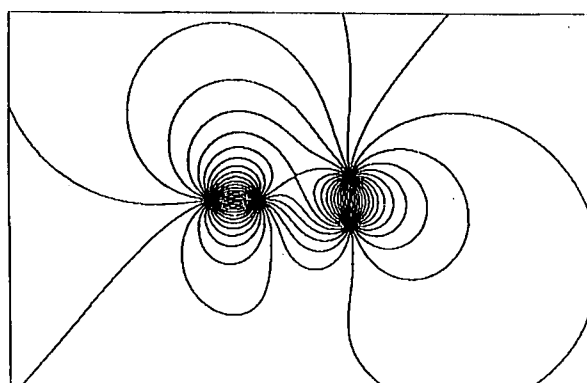


figuur 3 Een cilindrische variant van influentie

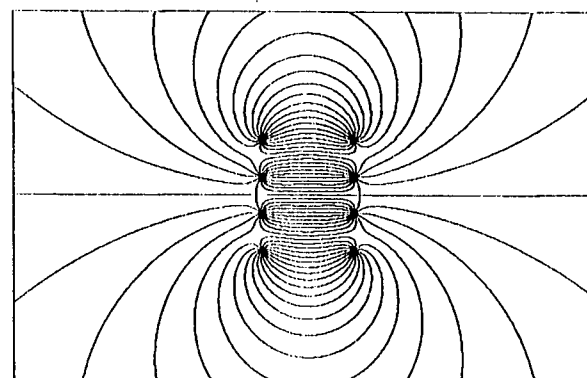
Maxwell beschrijft in zijn boek "A treatise on electricity & magnetism" een methode om het veldlijnenpatroon rond puntladingen in het platte vlak te construeren. Deze methode is echter beperkt tot puntladingen die op een rechte lijn liggen. Met gebruikmaking van het feit dat een lijnlading de cilindrische variant van een puntlading is kunnen we de methode van Maxwell herformuleren. Hierbij valt de beperking van de lijnladingen op een rechte lijn moeten liggen weg. Op deze manier zijn we in staat voor een willekeurige configuratie van lijnladingen het veldlijnenpatroon te construeren.



figuur 4a 10 lijnladingen. Centrum +6. Tijd: 2,5 s



figuur 4b Twee "dipolen". Tijd: ca. 1 s

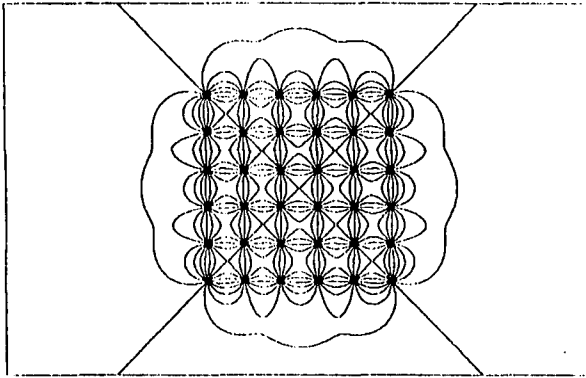


figuur 4c Geladen "Condensator". Tijd: 2,3 s

Het mooie van deze methode is nu dat zij op eenvoudige wijze te digitaliseren is, met andere woorden ze is zeer geschikt voor de computer.

Software

Voor een micro-computer (ATARI) is een programma, geschreven in machinetaal, ontwikkeld waarmee veldlijnen rond lijnladingen op een monitor "getekend" kunnen worden (zie figuur 4a,b,c,d). Dit programma wordt als basis gebruikt bij het ontwikkelen van software (geschikt voor MSDOS-computer) waarmee een aantal experimenten uit het elektriciteitsonderwijs kan worden gesimuleerd.



figuur 4d Rooster + en - ladingen "NaCl". Tijd: 7,3 s

Hardware

Naast het ontwikkelen van software wordt ook gewerkt aan hardware, dit met het doel de snelheid van de veldlijngeneratie verder op te voeren. Hierdoor zal het mogelijk zijn veranderingen in elektrische en magnetisch veldlijnpatronen met "tekenfilm snelheid" op een monitor zichtbaar te maken. Met deze hardware-apparatuur is het bijvoorbeeld mogelijk het volgende experiment uit te voeren:

Een leerling krijgt twee magneten. Om beweging mogelijk te maken, zijn ze gemonteerd op draaitafels. De configuratie van de beide magneten wordt voortdurend door de fieldvision-hardware geanalyseerd en vertaald in een veldlijnenpatroon. De leerling ziet dus het actuele veld van de al dan niet bewegende magneten. Tevens zal de leerling de krachten tussen de magneten waarnemen wanneer hij/zij de magneten met de handen roteert.

De verwachting is dat dit samenspel tussen direct waarneembare fenomenen en de veldpatronen de fantasie op gang brengt. Met behulp van dit soort experimenten is didactisch onderzoek naar begripsvorming en -ontwikkeling bij leerlingen over EM-velden mogelijk.

Slot

Een curriculum dat gebaseerd is op FIELDVISION heeft als groot voordeel dat het dieper ingaat op de elektromagnetische structuur van onze wereld. Op dit moment wordt het EM-veld nauwelijks behandeld in het voorgezet onderwijs vanwege de complexiteit van de Maxwell-vergelijkingen. FIELDVISION zou hierin verandering kunnen brengen.

Noot

1. Toenmalig hoofd van de afdeling Didaktiek Natuurkunde van de K.U.N., overleden op 35 mei 1988.

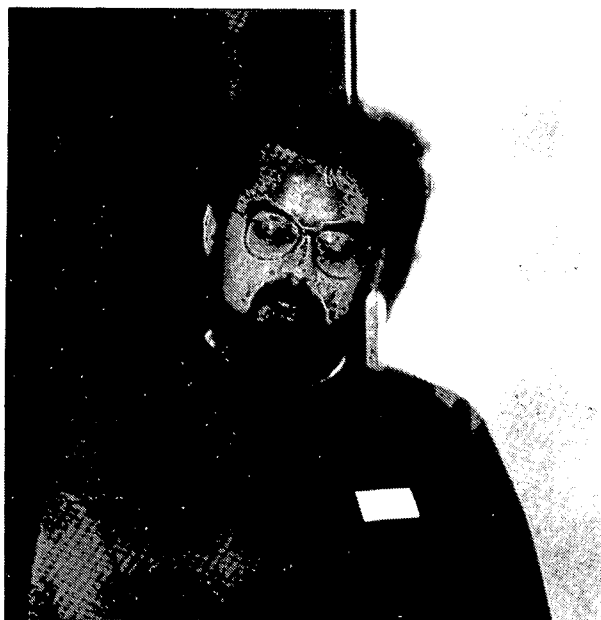
Literatuur

[1] James Clerk Maxwell, "A treatise on electricity & magnetism" (Dover): hoofdstuk 11.

Docenten informatie systeem

Werkgroep 13

H. Verstappen



Docenten oordelen vaak op grond van punten en op grond van subjectieve waarnemingen. Tijdgebrek en het niet beschikbaar zijn van meetinstrumenten verhinderden een andere gang van zaken.

Een idealere situatie zou een situatie zijn, waarin docenten oordelen op grond van een evaluatie van de verkregen gegevens aangevuld met subjectieve waarnemingen. Bovendien moet de leerling informatie krijgen over zijn prestaties, niet als losstaande feiten, maar gerelateerd aan zijn/haar vorige cijfers, aan de prestaties van de medeleerlingen en aan de gegeven lessen. Terugkoppeling is de enige mogelijkheid om tot betere prestaties te komen en bovendien werkt het motiverend.

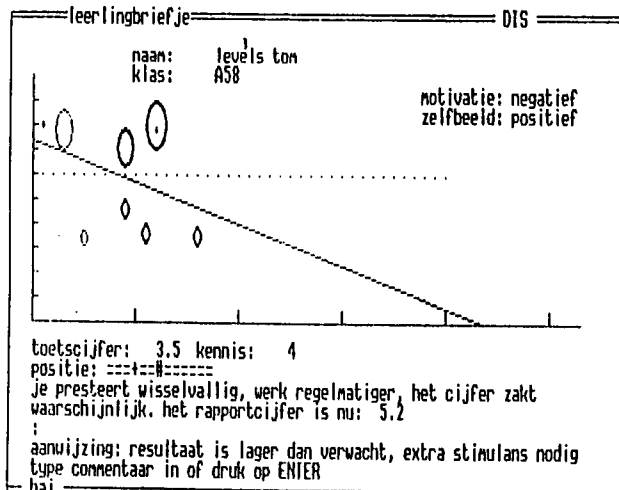
In deze workshop kunt U ondervinden hoe met normale toetsen en met behulp van een computer meer informatie uit de toetsen gehaald kan worden over het curriculum, hoe de leerling en de ouders een betere feedback krijgen op zijn/haar prestaties en hoe de docent een betere kijk krijgt op de leerling. Een gedeelte van de kennis van de docent zit in het systeem, waardoor dit in staat is uitgebreider en duidelijker commentaar te geven op prestaties dan in de vorm van een cijfer alleen kan.

TOETSEN GEVEN MEER INFORMATIE DAN ALLEEN EEN CIJFER

	onderdeel			
	1	2	3	4
p-waarde	65	89	46	39
	k	k		
gem:	6.4	gem	p-waarde:	6.0
			stand.afw:	2.0

een onderdeel toetst KENNIS, als

- P-WAARDE hoog is
- de DOCENT het aangeeft



Fourieranalyse & Alternatieven

Werkgroep 14

Drs. J.C.J. Masschelein



In deze werkgroep kwamen twee onderwerpen aan de orde: in een eerste deel werd onderzocht hoe een computer gebruikt kan worden om het spectrum van een geluidstrilling te onderzoeken. Tevens werd een lespakket voor 5/6 VWO over signaalanalyse voorgesteld. Hierbij wordt geen gebruik gemaakt van de UIA-adapter. In het tweede deel werd gedemonstreerd hoe computerapparatuur geschikt gemaakt kan worden als meet- en regelsysteem zonder gebruik te maken van de UIA-adapter. Hierbij werd zowel PC- als niet-PC-achtige apparatuur bekeken.

Hieronder volgt een samenvatting van de lezing en de demonstraties.

I. Spectrumanalyse

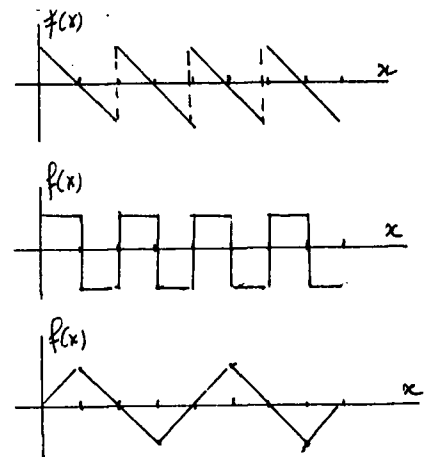
Het gedemonstreerde lespakket vertrekt van fourierreeksen. Dat zijn reeksen die zich in het algemeen laten schrijven als een som van sinus- en cosinusfuncties.

Op de computer kunnen leerlingen zaagtandreeksen, blokreeksen of driehoekreeksen opbouwen door opeenvolgend 1, 2, 3 enz. termen uit de reeks te nemen, en te kijken wat er op het scherm gebeurt.

$$f(x) = \sin x + \frac{1}{2} \sin 2x + \frac{1}{3} \sin 3x + \dots$$

$$f(x) = \sin x + \frac{1}{3} \sin 3x + \frac{1}{5} \sin 5x + \dots$$

$$f(x) = \sin x - \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \sin 3x + \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot \sin 5x \dots\dots$$



figuur 1

Voor leerlingen blijkt het erg verrassend te zijn dat je 'hoekige' figuren kunt opbouwen door goniometrische functies op te stellen.

Daarna wordt aan leerlingen uitgelegd dat je een willekeurige trilling in principe opgebouwd kunt denken uit een som van harmonische trillingen. Het komt erop aan om de coëfficiënten van de verschillende termen (harmonischen) die in de reeksontwikkeling voorkomen te bepalen. Hiervoor is een wiskundige techniek ontwikkeld die de fourieranalyse genoemd wordt.

$$f(x) = A_1 \cdot \sin 1x + A_2 \cdot \sin 2x + \dots + B_1 \cdot \cos 1x + B_2 \cdot \cos 2x + \dots + \text{konstante}$$

of

$$f(x) = C_0 + C_1 \cdot \sin(1x + P_1) + C_2 \cdot \sin(2x + P_2) + \dots$$

met

$$C_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad \text{en} \quad \tan P_n = \frac{B_n}{A_n}$$

figuur 2

In de lezing werd vervolgens ingegaan op de achtergronden van de fourieranalyse: Als $f(x)$ een continue functie is met eindige afgeleiden, en periodiek in 2π geldt figuur 2.

$$1) \int_0^{2\pi} \sin x \cdot dx = 0 \quad \int_0^{2\pi} \cos x \cdot dx = 0$$

$$2) \int_0^{2\pi} \cos Mx \cdot \cos Nx \cdot dx = \begin{cases} 0 & \text{als } M \neq N \\ \pi & \text{als } M = N \end{cases}$$

$$3) \int_0^{2\pi} \sin Mx \cdot \sin Nx \cdot dx = \begin{cases} 0 & \text{als } M \neq N \\ \pi & \text{als } M = N \end{cases}$$

$$4) \int_0^{2\pi} \sin Mx \cdot \cos Nx \cdot dx = 0$$

figuur 3 Om de coëfficiënten te bepalen die in de reeks voorkomen kan van orthogonalisatie-eigenschappen gebruik gemaakt worden.

* Om C_0 te bepalen:

$$\int_0^{2\pi} f(x) \cdot dx = \int_0^{2\pi} C_0 \cdot dx \Rightarrow C_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cdot dx$$

* Om A_n te bepalen:

$$\int_0^{2\pi} f(x) \sin nx \cdot dx = A_n \cdot \pi \Rightarrow A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx \cdot dx$$

* Om B_n te bepalen:

$$\int_0^{2\pi} f(x) \cos nx \cdot dx = B_n \cdot \pi \Rightarrow B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx \cdot dx$$

figuur 4 De opeenvolgende coëfficiënten kunnen hiermee bepaald worden.

Besluit

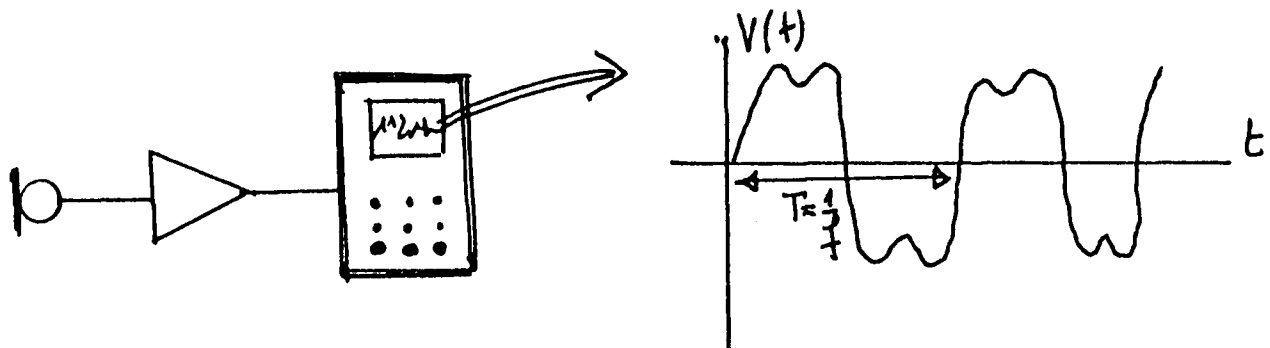
Stel dat je een periodiek geluidssignaal opneemt met een microfoon. Als T de fundamentele periode voorstelt kun je de signaalspanning $V(t)$ schrijven als in figuur 5.

$$v(t) = \frac{1}{2} B_0 + A_1 \sin 2\pi ft + A_2 \sin 4\pi ft + A_3 \sin 6\pi ft + \dots$$

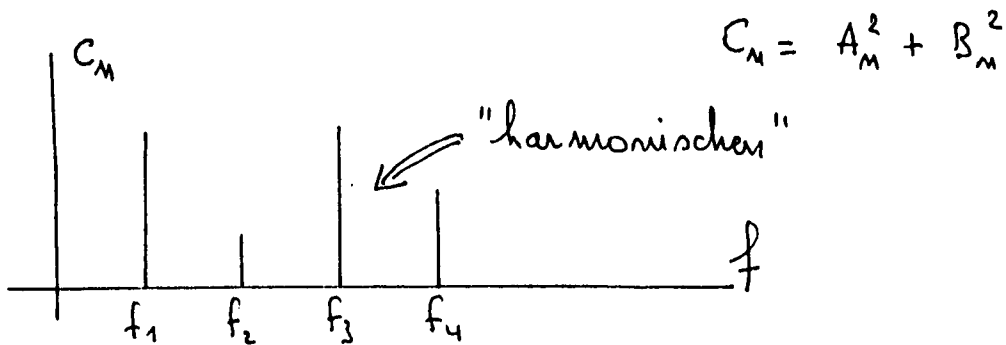
$$+ B_1 \cos 2\pi ft + B_2 \cos 4\pi ft + B_3 \sin 6\pi ft + \dots$$

Met $A_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \sin n \cdot 2\pi ft \cdot dt$ en $B_n = \frac{2}{T} \int_0^T v(t) \cos n \cdot 2\pi ft \cdot dt$

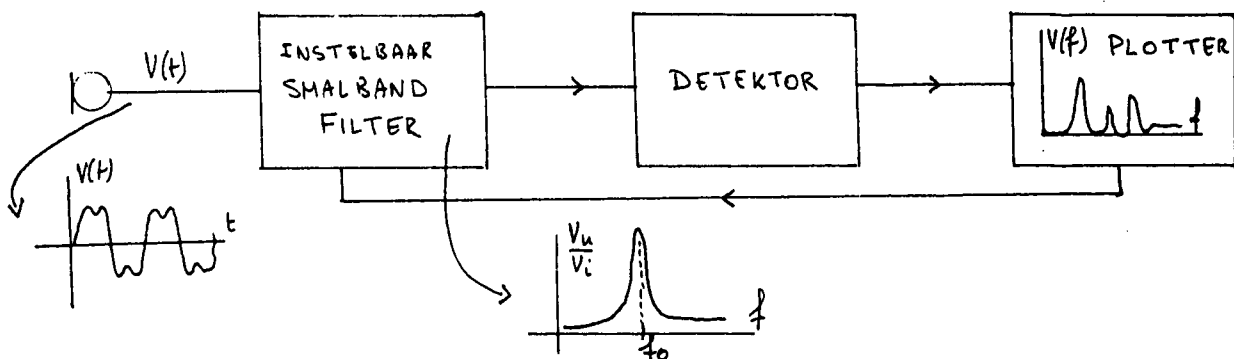
figuur 5



figuur 6 Anders bekeken: Met een microfoon, een versterker en een oscilloscoop kun je een signaalspanning afbeelden in het tijd domein.



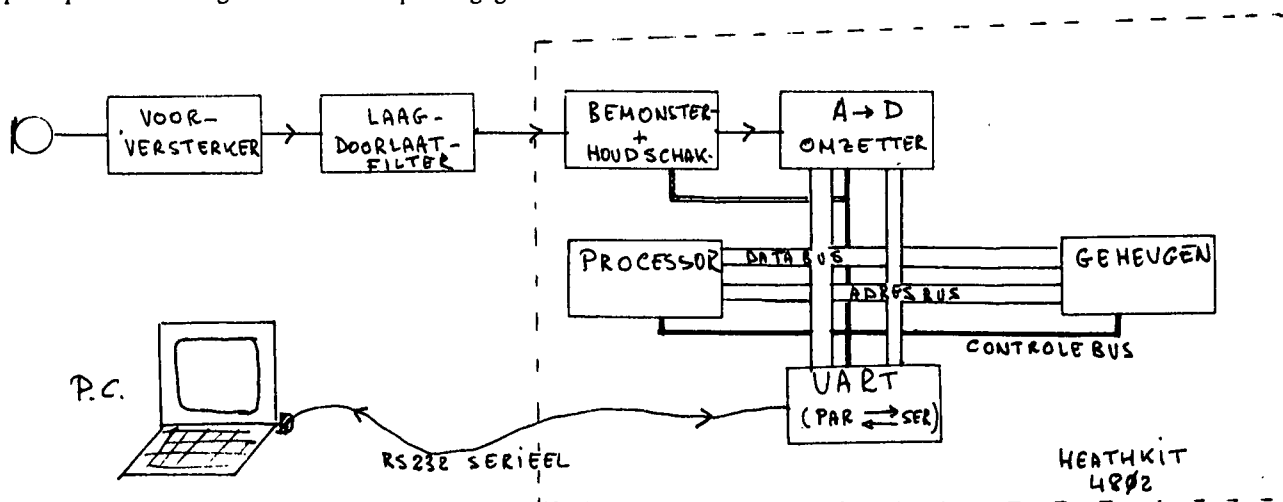
figuur 7 Via fourieranalyse proberen we een afbeelding in het frequentiedomein te verkrijgen.



figuur 8 Met een real time spectrum-analyser

Deze aanpak is voor leerlingen betrekkelijk doorzichtig. Daar staat tegenover dat voor serieuze metingen betrekkelijk dure instrumentatie nodig is, die buiten het bereik van een doorsnee natuurkundesectie aan een doorsnee-school ligt. Naar een van de aanwezigen opmerkte zou er binnen het PLON aan een dergelijke aanpak gewerkt zijn.

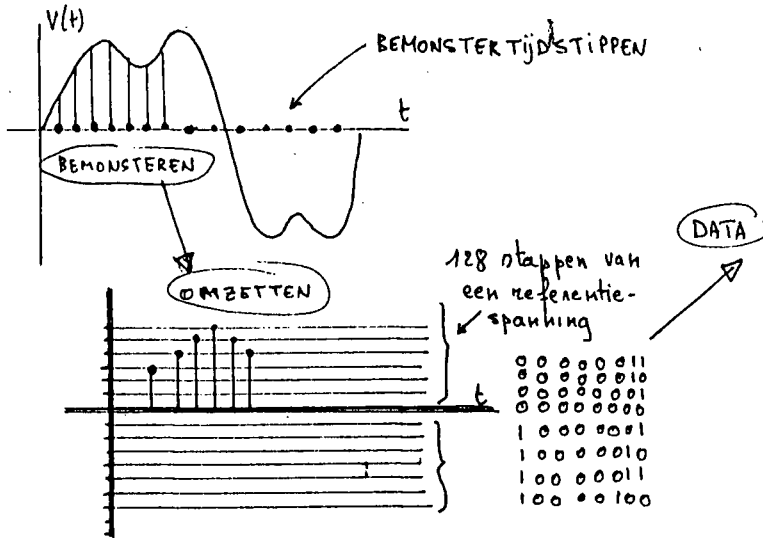
In deze aanpak - die in de lezing verder uitgediept werd - wordt een signaal bemonsterd en via een A/D-omzetter in een reeks van getallen omgezet. In het lespakket wordt gebruikt gemaakt van een digitale oscilloscoop van het merk HeathKit (type 4802, prijs \$399,-). Hieronder is het principe van deze digitale oscilloscoop weergegeven.



figuur 9 Met een data-acquisitiesysteem

In feite is het een subsysteem dat een signaal bemonsterd, en de monsters via een seriële poort naar een PC stuurt. Met behulp van software worden de monsters omgezet in de PC in een oscillogram. Het is echter ook mogelijk om de monsters in een file op te slaan en dan later verder te verwerken. Deze methode wordt in het lespakket gebruikt.

De illustraties van figuur 10 maken het bemonsterproces anschouwelijk. Tevens is een stukje van een bemonsterfile afgedrukt.



148	148	147	145	141
113	110	109	111	113
139	143	145	146	145
124	121	118	116	115
124	128	131	135	138
139	137	133	130	127
122	124	124	124	124
110	110	111	114	118
154	156	158	159	157
127	122	120	118	118
140	142	143	142	140
113	109	106	104	105
134	139	143	145	146
130	127	123	121	119
125	128	131	133	134
132	129	126	124	123
139	142	144	146	145
117	110	104	98	93
115	125	132	140	145

figuur 10

Bij bemonsteren moet met de volgende factoren rekening gehouden worden:

- De bemonsterfrequentie moet ten minste het dubbele bedragen van de hoogste frequentiecomponent. Dit staat bekend als het bemonstertheorem van Nyquist. In de praktijk moet daarom een laagdoorlaatfilter opgenomen worden in de bemonsterschakeling waarmee het frequentiebereik begrensd wordt.
- Ook de resolutie van de A/D-omzetter speelt een belangrijke rol. Een 8-bit omzetter 'meet' de signaalspanning in stapjes van 1/255-ste van de referentiespanning. Dit houdt in dat variaties van ongeveer 10 mV bij een referentiespanning van 5 V niet meer gezien worden.
- Na bemonstering beschikt men niet meer over de continue signaalspanning $V(t)$, maar over een verzameling van equidistante meetpunten. Er moet dan een speciale fouriertransformatie, een zogenaamde DFT (discrete fouriertransformatie) worden toegepast (zie fig. 11).

$$v(t) = \frac{1}{2} B_0 + \sum_{k=1}^{N-1} (a_k \sin 2k \frac{t}{T} + B_k \cos (2k\pi \frac{t}{T})) + \frac{B_N}{2} \cos 2\pi k \frac{t}{T}$$

(2N monsters over T)

$$\text{met } A_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{2N-1} V(t_n) \cos (2k\pi \frac{t_n}{T}) \quad B_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{2N-1} V(t_n) \sin (2k\pi \frac{t_n}{T})$$

($V(t_0) \dots V(t_{2N-1})$ zijn de monsters)

figuur 11

Hierbij doen zich een paar vervelende problemen voor:

1. Er moeten een groot aantal berekeningen uitgevoerd worden. Om de rekentijd beperkt te houden is een betrekkelijk snelle computer nodig. Er zijn overigens speciale transformatietechnieken ontwikkeld, die het rekenwerk aanzienlijk versnellen (het zogenaamde Tukey & Cooley-algoritme).
2. Er moeten een even aantal monsters ($2N$) genomen worden equidistant over de fundamentele periode. Deze eis is technisch gesproken niet realiseerbaar. In het rekenproces kan hiermee echter rekening gehouden worden (de zogenaamde 'windowing'-techniek).

In het voorgestelde lespakket bemonsteren leerlingen een geluidssignaal. Via een handmatige procedure wordt de fundamentele periode aangewezen. Daarna wordt met behulp van een DFT het spectrum van het geluidssignaal bepaald. Voor de leerlingen is de DFT een 'black-box'-rekenmethode.

Het softwarepakket bij dit lespakket kon na afloop door de deelnemers vrij gecopieerd worden. Het blijft voor geïnteresseerden vrij bij de auteur.

II. De computer als meet- en regelsysteem

Vooreerst dient er gewezen te worden op de grote verdienste van de UIA-kaart die voor een doorbraak op dit terrein gezorgd heeft. Toch kleven er aan deze kaart een aantal bezwaren:

- Alleen geschikt voor een PC;
- De software (IP-Coach) werkt alleen samen met een SGA-controller;
- De A/D-omzetter heeft slechts een 8 bit resolutie;
- Op de kaart is geen D/A-omzetter aanwezig;
- Op de kaart is geen (stappen-)motor besturing aanwezig;
- De kaart is nogal prijzig.

Er is een aantal redenen op te sommen om alternatieven voor de UIA-aanpak te onderzoeken:

- op school is vaak andere (oudere) computerapparatuur aanwezig die nu staat weg te kwijnen;
- door hiervan gebruik te maken kunnen een aantal vaste practicumopstellingen gebouwd worden;
- het opbouwen tot een meet- en regelsysteem is zeer leerzaam voor docent of amanuensis.

Toch moet er ernstig rekening gehouden worden met de problemen die opdoemen bij deze alternatieve aanpak:

- de software zal zelf geschreven en aangepast moeten worden;
- de grafische mogelijkheden zijn vaak beperkt (vooral bij oudere computersystemen);
- de hardware moet (soms) aangepast worden;
- de snelheid van oudere systemen is vaak beperkt
- leerlingen krijgen te maken met diverse systemen.

Bij het opzetten van een meet- en regelsysteem kan men uit twee mogelijkheden kiezen:

1. de bus-georiënteerde aanpak

In deze aanpak wordt het meet- en regelsysteem direct verbonden met de hardware (databus, adresbus, controlebus) van de computer.

Voordelen

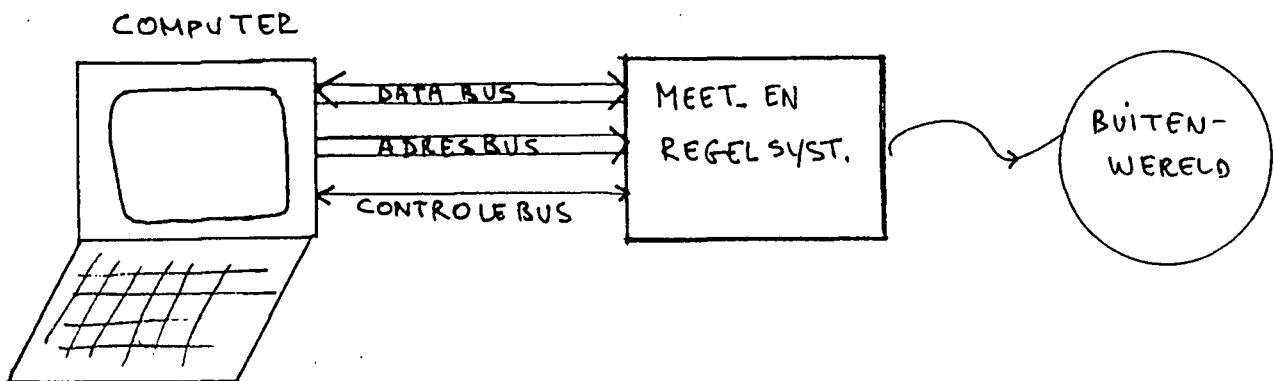
- Snelheid
- Prijs

Nadelen

- Machinespecifiek
- Eist kennis van de hardware van het computersysteem
- Alleen bruikbaar in combinatie met computer
- Afstand computer-experiment moet klein zijn
- Beperkt uitbreidbaar

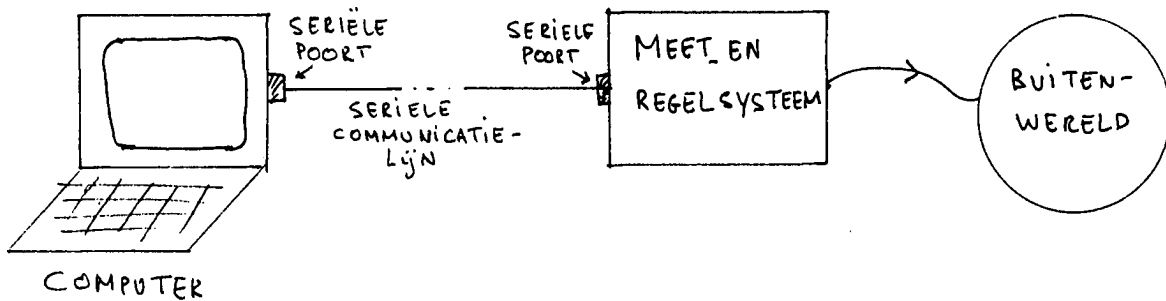
Voorbeelden

- UIA-kaart
- Graf-systeem (PC)



2. De communicatie aanpak

LabPack (PC) In deze aanpak wordt het meet- en regelsysteem via een meestal serieel uitgevoerd communicatiekanaal verbonden met de computer. Vanuit de computer bekeken gedraagt het meet- en regelsysteem zich als een printer of een modem,....



Voordelen

- Machine-onafhankelijke
- Bruikbaar over grote afstanden (ev. via modem)
- Sterk uitbreidbaar
- Kan vaak ook stand-alone werken

Nadelen

- Snelheid beperkt door communicatiesnelheid
- Prijs

Voorbeelden

- Multi-IO (Malmberg)
- Heath-kit digitale oscilloscoop
- Velleman (met serieelmoeder-board)
- Impo toongenerator (Malmberg)

Daarna werden via een aantal practicumopstellingen de mogelijkheden van diverse apparaten gedemonstreerd.

Te zien waren o.a.

- Het opwekken van laagfrequentie wisselspanningen (en het meten van faseverschuivingen) met een Velleman D/A-omzetter op een Aster computer
- Het leegstromen van een waterkolom (met de Multi-IO en een PC)
- Bepaling van het smelttraject van natriumthiosulfaat (met multi-IO en een PC)

Mogelijkheden met spreadsheets in het natuurkunde onderwijs.

Werkgroep 15

H. Jordens



Spreadsheets zijn overzichtelijk en betrekkelijk gemakkelijk in het gebruik. Specifieke kennis van programmeertalen is niet nodig. Evenmin hoeft men zich bij grafieken zorgen te maken over de schermindeling. Het is natuurlijk wel zo dat naarmate men meer van een spreadsheet verlangt, de kennis omtrent de werking ervan groter zal dienen te zijn.

Tijdens de werkgroep zijn verschillende mogelijkheden met LOTUS-123 aan de orde geweest: van eenvoudige berekeningen in tabellen tot gecompliceerde simulaties van aangedreven gedempte trillingen. Een paar voorbeelden volgen hieronder:

De lenzenformule

We hebben het spreadsheet als volgt ingevuld:

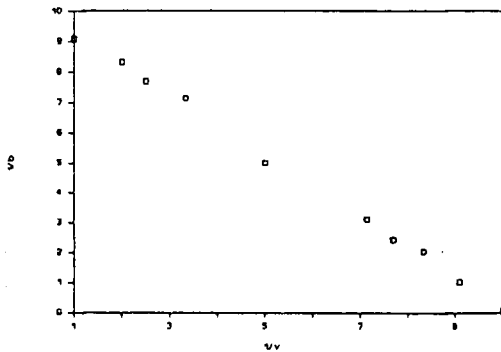
	v	b	1/v	1/b	1/v + 1/b	LENZEN
1	0.10	9.7				- Start: <ALT>+s
2	0.11	0.98				- Geef v en b
3	0.12	0.49				- Druk: <ALT>+r
4	0.13	0.41				
5	0.14	0.32				f =
6	0.20	0.20				
7	0.30	0.14				- Grafiek v-b:
8	0.40	0.13				<ALT>+f
9	0.50	0.12				- Grafiek 1/v-1/b:
10	1.00	0.11				<ALT>+g

Na op de ALT-toets tegelijk met r gedrukt te hebben, worden de berekeningen uitgevoerd en krijgen we het tweede spreadsheet te zien.

	v	b	1/v	1/b	1/v + 1/b	LENZEN
1	0.10	9.7	10.0	.11	10.1	- Start: <ALT>+s
2	0.11	0.98	9.1	1.0	10.1	- Geef v en b
3	0.12	0.49	8.3	2.0	10.3	- Druk: <ALT>+r
4	0.13	0.41	7.7	2.4	10.1	
5	0.14	0.32	7.1	3.1	10.2	f = 0.097
6	0.20	0.20	5.0	5.0	10.0	
7	0.30	0.14	3.3	7.1	10.4	- Grafiek v-b:
8	0.40	0.13	2.5	7.7	10.2	<ALT>+f
9	0.50	0.12	2.0	8.3	10.3	- Grafiek 1/v-1/b:
10	1.00	0.11	1.0	9.1	10.1	<ALT>+g

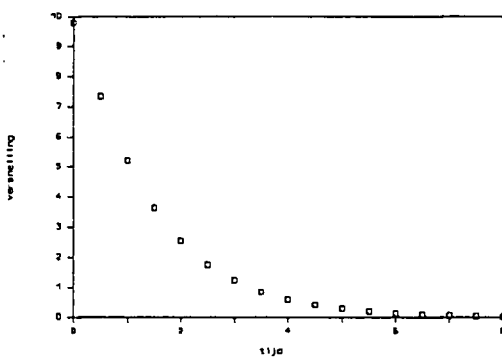
Met ALT+f krijgt men een grafiek van b als functie van v, en met ALT+g de grafiek van 1/b als functie van 1/v:

Grafiek van 1/b als functie van 1/v

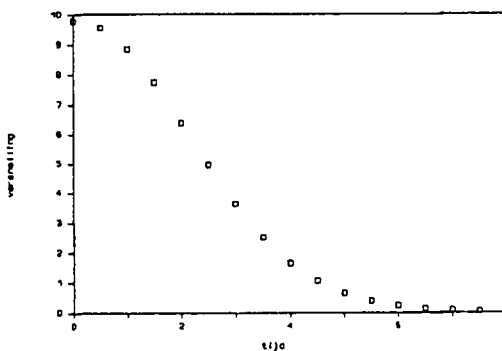


Maar er zijn ook hele andere mogelijkheden, zoals het maken van simulaties. Hieronder volgt een voorbeeld van een lineaire beweging, waarbij de wrijving afhangt van de snelheid. Links de grafiek van de versnelling als functie van de tijd voor het geval dat de **wrijvingskracht evenredig** is met de **snelheid**, rechts als de die evenredig is met de **snelheid in het kwadraat**.

a - t grafiek met $F_w = c \cdot v$



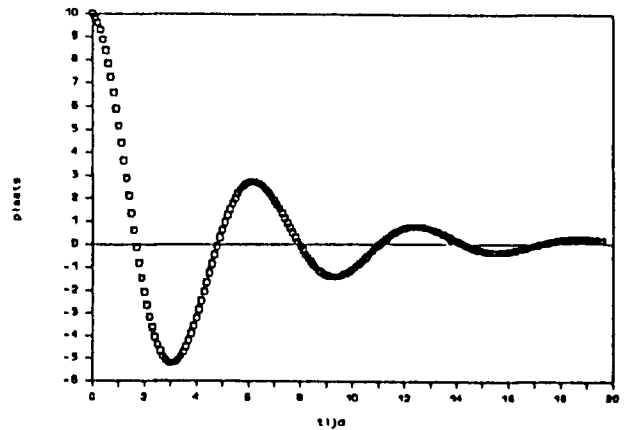
a - t grafiek met $F_w = c \cdot v^2$



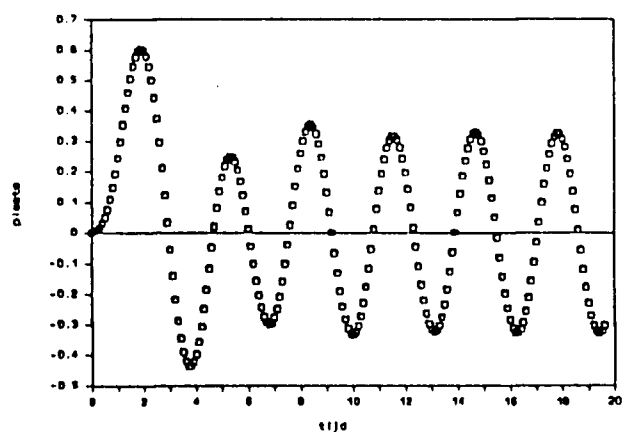
Vanzelfsprekend krijgt men in het spreadsheet ook de numerieke waarden van de simulatie. Door in één bepaalde cel de formule aan te passen, hetzij door een andere dempingsfactor te kiezen, hetzij door een ander verband te nemen (kwadratisch i.p.v. lineair), kan een leerling direct het effect daarvan in de simulatie bestuderen en zo inzicht krijgen in de voor de beweging bepalende factoren.

Een ander voorbeeld van een simulatie is die van een **vrije, gedempte trilling**, zoals in het linker plaatje te zien is. Het rechter plaatje laat een simulatie zien, met **hetzelfde spreadsheet**, van een **gedwongen, gedempte trilling**.

Plaats - tijd grafiek



Plaats - tijd grafiek



Het enige verschil is het toevoegen van een extra term, namelijk $\sin(\omega t)$, in de vergelijking. Ook hierbij is het mogelijk om door variatie in de demping of van de frequentie van de opgelegde trilling, verschillende gevallen te bestuderen.

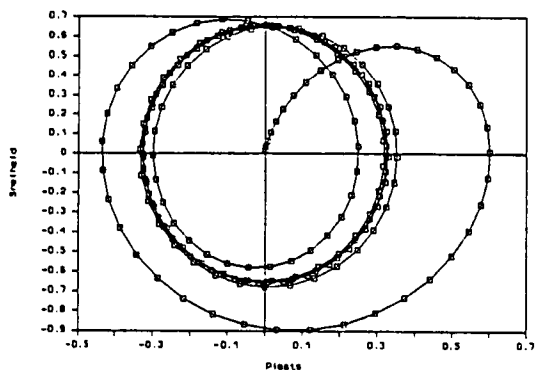
Het faseplaatje van de gedwongen trilling ziet er als volgt uit:

Heel duidelijk wordt zichtbaar dat de trilling, nadat het inschakelverschijnsel is uitgedempt, een stabiele trilling wordt.

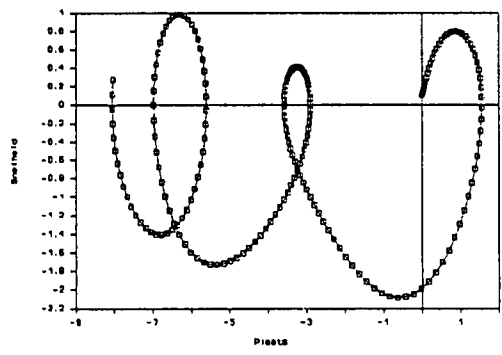
Met hetzelfde spreadsheet kan, door de term die evenredig met de uitwijking is te vervangen door de sinus van die uitwijking, het verschijnsel **CHAOS** gedemonstreerd worden.

Beide plaatjes zijn gemaakt voor identieke bewegingen, met dit verschil dat er links geen beginsnelheid was en rechts een zeer kleine beginsnelheid. Het verloop van de bewegingen is (op den duur) volstrekt verschillend.

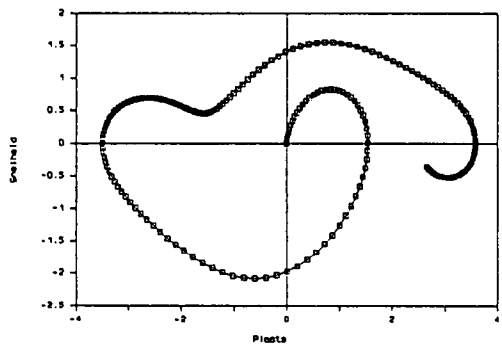
Snelheid - plaats grafiek (faseplaatje)



Snelheid - plaats grafiek (faseplaatje)



Snelheid - plaats grafiek (faseplaatje)



Computer Ondersteund Onderwijs (COO)

Werkgroep 16

R. Staal

COO is een onderwijsvorm die een waardevolle aanvulling kan zijn op de reeds bestaande onderwijsvormen. Leerlingen zijn er enthousiast over en leren er dingen van waar een docent soms niet aan toe komt in zijn lessen. Dit stelt echter wel eisen aan de computerprogramma's die bij COO gebruikt worden.

In deze werkgroep zal één COO-programma worden bekeken op het gebied van Mechanica. Dit programma is ontwikkeld voor het 1e jaar van de HTS, maar biedt voldoende elementen die ook in de middelbare school natuurkunde voorkomen. Het belangrijkste zijn echter de algemeen geldige principes voor COO: het aanbieden van veel interactie, niet alleen verbaal/tekstmatig, maar ook grafisch en het geven van terugkoppeling op de handelingen die de leerlingen verrichten, soms direct, soms op een later tijdstip in het programma.

Na het bekijken van het programma wordt kort ingegaan op de opbouw van dit type COO-materiaal.

Tot slot zal gediscussieerd worden over het gebruik van COO-programma's in de praktijk van het onderwijs. Daarbij zullen ook ervaringen van deelnemende docenten aan bod kunnen komen.



Werkgroep 17

K. Neuvel

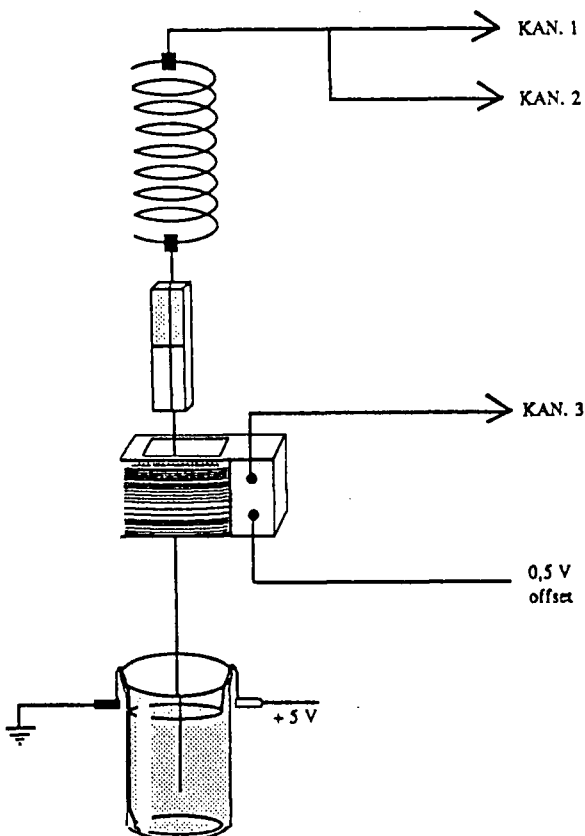


Experimenten met IP-COACH en DMS.

Met behulp van IP-COACH en de UIA-kaart kunnen we de computer inzetten bij vele experimenten. Meten en verwerken met de computer is dan mogelijk. De meetresultaten kunnen we vergelijken met de uitkomsten van een fysisch model dat we in DMS opstellen.

Voorbeeld 1. Inductiespanning.

Als de magnetische flux in een spoel verandert, ontstaat aan de uiteinden van de spoel een inductiespanning. In het experiment onderzoeken we hoe de inductiespanning varieert ten gevolge van een magneet die in de spoel op en neer danst.



Opstelling.

Een staafmagneet hangt onder een schroefveer aan een statief. De uitwijking van de magneet wordt bepaald via een waterpotmeter: de spanning van de middenaftakking wordt gemeten via kanaal 1 en kanaal 2. De waterpotmeter moet worden geijkt: spanning (0 tot 5 volt) uitw (-0,03 tot +0,03 m); De inductiespanning tussen de uiteinden van de spoel wordt rechtstreeks gemeten op kanaal 3. De spoel wordt zo aan het statief bevestigd, dat in de evenwichtsstand het midden van de magneet samenvalt met het midden van de spoel. Tijdens het trillen mogen de polen van de magneet niet in de spoel komen.

Instelling voor IP-COACH.

Tijdsduur: 5,0 s.

Selectie kanalen: 1, 2, 3.

Geen triggervoorwaarden.

Kanaal 1,2 (ijking):

- Grootte: u;
- Eenheid: m/s;
- Maximum: 0,03;
- Minimum: -0,03.

Kanaal 3:

- Grootte: V IND;
- Eenheid: volt;
- Maximum: 0,05;
- Minimum: -0,05.

Verwerking.

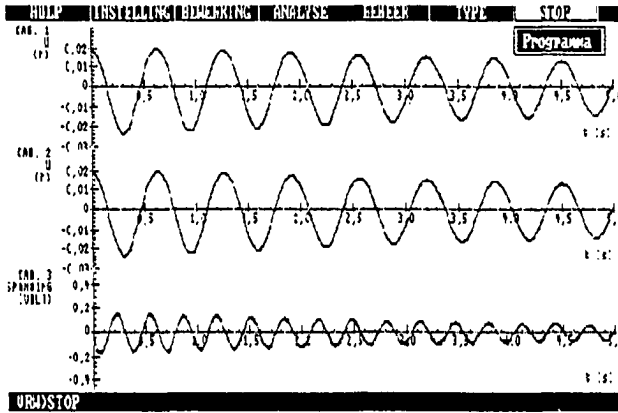
Kanaal 2:

- haal de ruis uit de grafiek;
- bepaal de afgeleide grafiek;
- haal de ruis uit de afgeleide grafiek.

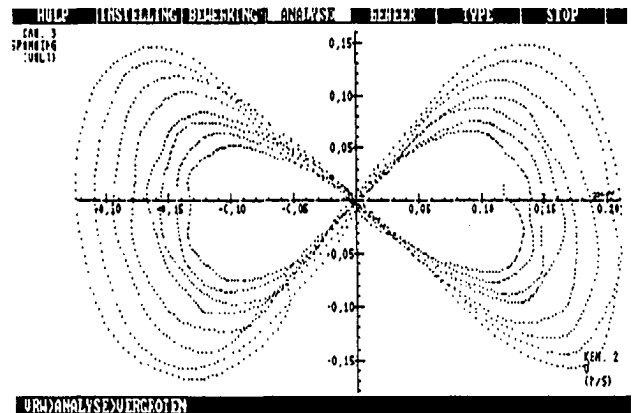
Kanaal 3:

- haal de ruis uit de grafiek.

Zet de inductiespanning (kanaal 3) uit tegen de snelheid (kanaal 2).



figuur 2. De meetresultaten voor bewerking



figuur 3. Inductiespanning (kan. 3) tegen Snelheid (kan. 2)

Een model met DMS.

Met een dynamisch (reken)model moeten de resultaten van het experiment kwalitatief kunnen worden voorspeld/verklaard. Met de juiste constanten en startwaarden moet het model ook kwantitatief met de meetresultaten overeenstemmen.

In het model is gebruik gemaakt van: $V_{ind} = -N \cdot d\Phi/dt = -N \cdot (d\Phi/du) \cdot (du/dt)$;

- waarin du/dt de snelheid van de magneet voorstelt,
- waarin $d\Phi/du$ (gr) de verandering van de omvatte flux als functie van de verplaatsing is.

Een functievoorschrift voor $d\Phi/du$ kan worden afgeleid uit de meetresultaten.

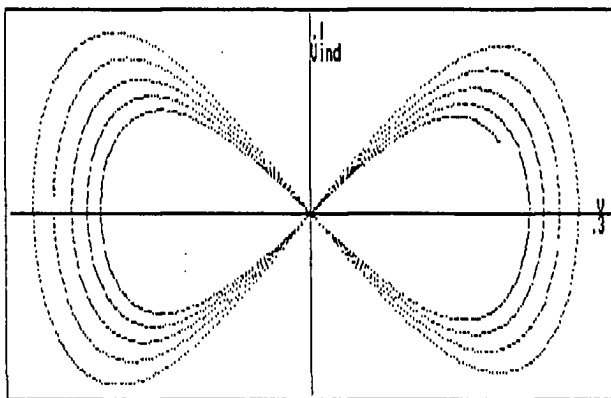
Inductiespanning van een trillende magneet in een spoel
Model

$F = -C1 \cdot u - C2 \cdot v \cdot ABS(v)$	'Hooke+luchtwt
$a = F/m$	'versnelling
$dv = a \cdot dt$	'snelheidstoename
$v = v + dv$	'snelheid
$du = v \cdot dt$	'verplaatsing
$u = u + du$	'plaats
$gr\Phi = K1 \cdot u$	
$V_{ind} = -N \cdot gr\Phi \cdot v$	
$t = t + dt$	'tijd

Constanten en Startwaarden

$C1 = 20$	'kg.s-2
$C2 = 0.15$	'kg.m-1
$m = 0.1$	'kg
$K1 = 0.02$	'T.m.s-1
$N = 1.6E3$	
$u = 0.02$	'm
$v = 0$	'm.s-1
$t = 0$'s
$dt = 1E-3$'s

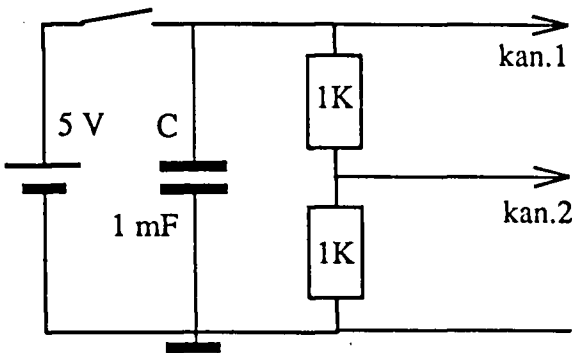
Zonder de vetgedrukte regels staat hierboven het model voor een gedempte trilling.



figuur 4. Inductiespanning tegen Snelheid volgens het model

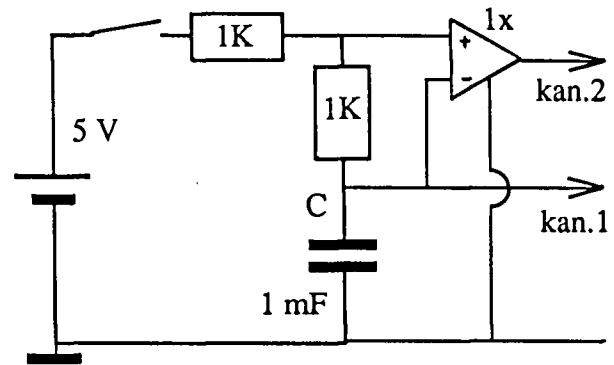
Voorbeeld 2. Laden en ontladen van een condensator.
 Het ontladen van een condensator hoort op veel scholen standaard thuis in het leerlingpracticum. Meestal wordt een condensator ontladen over de weerstand van een hoogohmige voltmeter. Leerlingen meten op een aantal tijdstippen de bijbehorende waarden van de spanning. Daarna worden de meetwaarden verwerkt en geïnterpreteerd.

Schakelschema.



figuur 5. Ontlaadschema voor een condensator

Met IP-COACH kan dit practicum worden uitgebreid. In de klas wordt gedemonstreerd hoe het spanningsverloop er uit ziet bij: verschillende waarden van de weerstand; verschillende waarden van condensator; twee condensatoren in serie; twee condensatoren parallel. Door de mogelijkheid om op meerdere kanalen te meten, kan zowel de spanning over de condensator als de stroomsterkte door de weerstand worden gemeten.

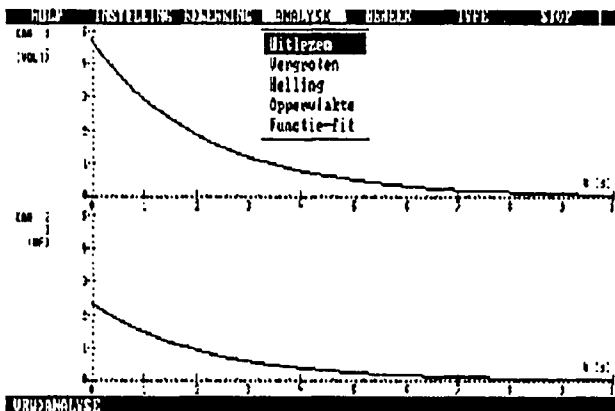


figuur 6. Laadschema voor een condensator

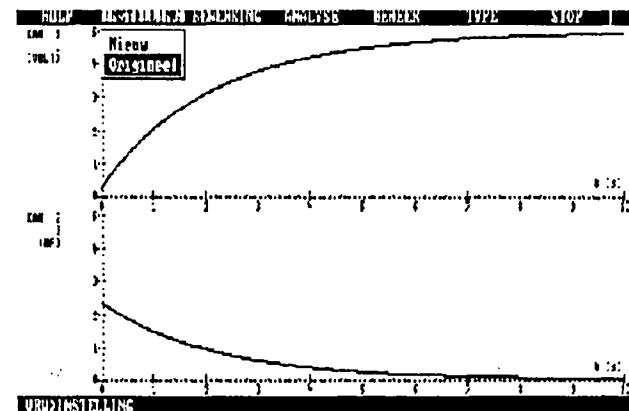
Instelling voor IP-COACH.

Tijdsduur: 10 s; Selectie kanalen: 1, 2; Trig.kan: 1; Pretriggertijd: 0 s;
 Triggerhoogte: 95%; Triggerflank: ↓; (ontladen).
 Triggerhoogte: 5%; Triggerflank: ↑; (laden).
 Kanaal 1: Grootheid: V; Eenheid: volt; Maximum: 5; Minimum: 0.
 Kanaal 2: Grootheid: I; Eenheid: mA; Maximum: 5; Minimum: 0.

Het meten zal in het algemeen worden gedemonstreerd. De verwerking van de meetresultaten kan door leerlingen worden gedaan in het computerlokaal. Voor de verwerking is geen UIA-kaart nodig. Door van te voren meetbestanden te prepareren, bent u niet afhankelijk van het meer of minder goed slagen van de meetresultaten tijdens de demonstratie. In principe kan deze werkwijze bij veel experimenten worden toegepast.



figuur 7. Ontlaadkrommen van een condensator



figuur 8. Laadkrommen van een condensator

Suggesties voor verwerking.

- bepalen van de weerstand waarover is geladen of ontladen (helling in I, V-grafiek);
- bepalen van de karakteristieke (ont)laadtijd (uitlezen in V, t-grafiek);
- bepalen van de waarde van de condensator uit en R;
- bepalen van de functie en de coëfficiënten (functiefit bij V, t-grafiek).

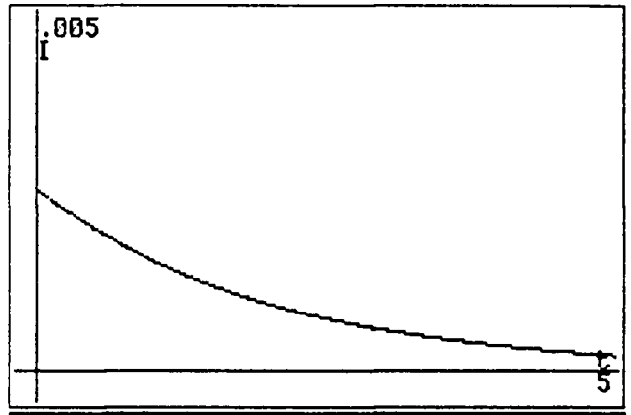
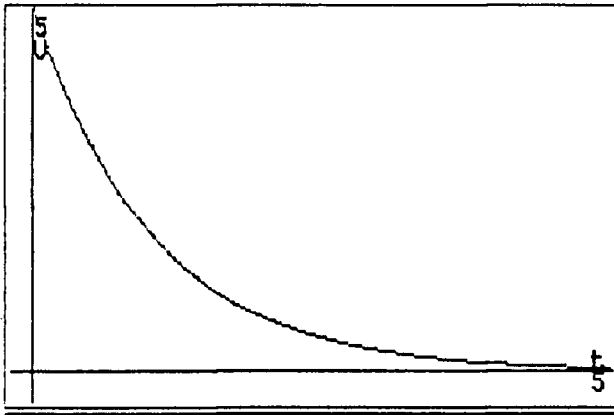
Modellen in DMS.

Ontladen van een condensator (C) over een weerstand (R):

<i>Model</i>	<i>Toelichting</i>	<i>Constanten en Startwaarden</i>	
$V_c = Q/C$	'spanning over condensator	$C = 2.2E-3$	'C.V-1
$I = V/R$	'stroomsterkte door R	$Q = 5 \cdot C$	'C
$dQ = -I \cdot dt$	'afname van lading op C	$R = 470$	'Ohm
$Q = Q + dQ$	'lading op C	$dt = 0.01$'s
$t = t + dt$		$t = 0$'s

Laden van een condensator (C) over een weerstand (R)

<i>Model</i>	<i>Toelichting</i>	<i>Constanten en Startwaarden</i>	
$V_c = Q/C$	'spanning over condensator	$C = 2.2E-3$	'C.V-1
$I = (V_{btt} - V_c)/R$	'stroomst door R	$V_{btt} = 5$	'V
$dQ = I \cdot dt$	'toename van lading op C	$R = 470$	'Ohm
$Q = Q + dQ$	'lading op C	$dt = 0.01$'s
$t = t + dt$		$Q = 0$	'C
		$t = 0$'s



figuur 9. Links V,t-grafiek en rechts I,t-grafiek van ontladen in DMS

De lichtintensiteit van een gloeidraad.

De gloeidraad moet bij de aangegeven voedingsspanning wit licht uitstralen. Dit gebeurt bij een temperatuur van circa 3200 K is. Voor de gloeidraad moeten we rekening houden met de volgende grootheden.

De weerstand, R in Ω , van de draad:

l (m) = lengte

A (m^2) = oppervlakte van de doorsnede

ρ ($\Omega \cdot m$) = soortelijke weerstand van het materiaal

T (K) = temperatuur van de draad

α (K^{-1}) = weerstand-temperatuur-coëfficiënt van het materiaal

$R = \rho_T \cdot l/A$

$\rho_T = \rho_{273} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 273))$

Het stralend vermogen, P in watt, van de draad (opgevat als zwart lichaam):

σ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) = constante van Stefan-Boltzmann

S (m^2) = (effectief) stralend oppervlak van de draad

T (K) = temperatuur van de draad

$P = \sigma \cdot S \cdot T^4$

Bij een bepaalde temperatuur (3200 K) wordt per seconde evenveel energie uitgestraald als dat er aan warmte wordt ontwikkeld ten gevolge van de elektrische stroom door de draad.

$P_{EL} = I^2 \cdot R = V^2/R_T$

Dus

$$P = P_{EL} \rightarrow \sigma \cdot S \cdot T^4 = V^2/R_T$$

$$\rightarrow \sigma \cdot S \cdot T^4 = V^2 \cdot A / l \cdot \rho_{273} \cdot (1 + \alpha \cdot (T - 273))$$

De energie wordt uitgestraald in een breed golflengtegebied. Bij een temperatuur van 3200 K wordt een groot percentage uitgestraald als wit licht ($400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$). Dit percentage kan worden bepaald door het deel van de oppervlakte onder de kromme van Planck te bepalen voor het betreffende golflengtegebied. Bij gebruik van een lichtsensor om de lichtintensiteit te meten, moet rekening worden gehouden met de gevoeligheid van de sensor voor golflengten uit het golflengtegebied. Dit is een ijkprobleem.

De totale hoeveelheid lichtenergie die door de sensor wordt opgevangen hangt bovendien af van de afstand en hoek ten opzichte van de lichtbron en de dimensies van de lichtbron. Vanaf een bepaalde afstand tot de gloeidraad mag meestal gebruik worden gemaakt van de kwadratenwet. Dit kan met een testmeting worden nagegaan. Als de lamp langer brandt, stijgt de temperatuur van het glazen bolletje. Het bolletje gaat warmte uitstralen: effect op de temperatuur van de gloeidraad.

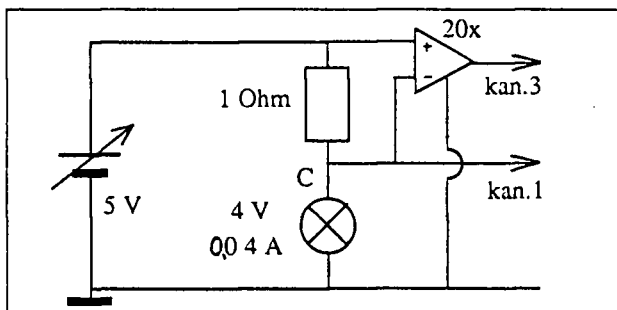
Als we een model maken, dan zal in het model moeten staan hoe de warmte wordt ten gevolge van de elektrische stroom geproduceerd. De stroomsterkte hangt bovendien weer af van de aangelegde spanning en van de weerstand. De weerstand hangt af van de temperatuur van de gloeidraad.

Dit betekent dat het model in feite een model moet zijn voor spanning, weerstand, temperatuur en stroomsterkte. Dit model kan dus ook worden gebruikt voor de I,V-karakteristiek van de gloeidraad. De twee volgende voorbeelden gaan resp. over de I,V-karakteristiek van de gloeidraad en de uitgestraalde warmte vlak na het inschakelen van de spanning.

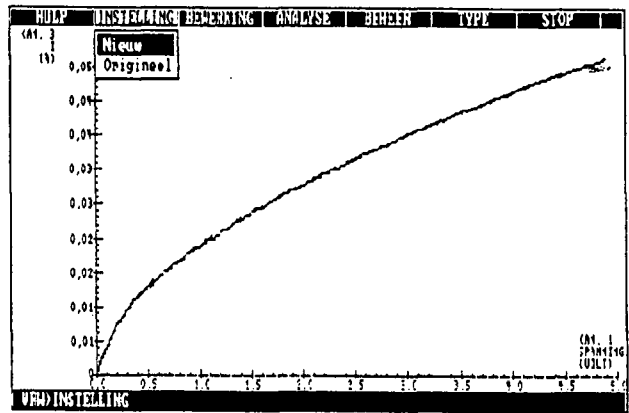
Voorbeeld 3. De I,V-karakteristiek van een gloeilamp.

Om een I,V-karakteristiek op te nemen, maken we meestal een schakeling met een variabele spanningsbron, een gloeilamp en een A-meter in serie; een V-meter wordt parallel aan de gloeilamp geschakeld. Daarna wordt de voeding in een aantal verschillende standen gezet en worden de bijbehorende waarden voor de spanning en de stroomsterkte afgelezen.

Dezelfde methode kunnen we gebruiken om met IP-COACH een I,V-karakteristiek op te nemen. De schake-



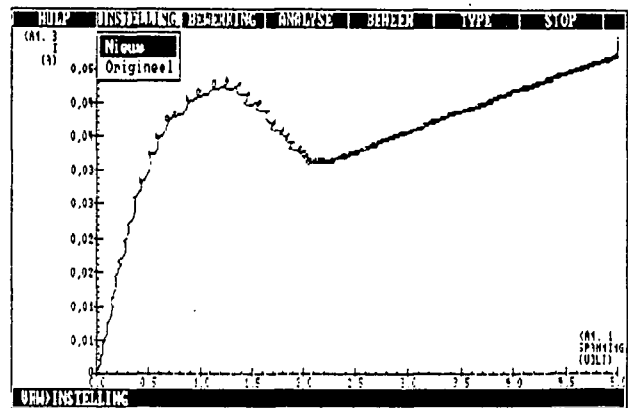
figuur 10. Schakelschema voor het opnemen van een I,V-karakteristiek met IP-COACH



figuur 11. I,V-karakteristiek, het resultaat na verwerking

ling moet iets gewijzigd worden: de stroomsterkte wordt via de spanning over een bekende weerstand opgenomen. Een meetversterker is dan noodzakelijk, zie figuur 10.

De meting van figuur 11 werd uitgevoerd via de kanalen 1 en 3. In 20 s werd de spanning over de lamp regelmatig opgevoerd. Tijdens het meten werden V en I als functie van de tijd opgenomen.



figuur 12. I,V-karakteristiek, het resultaat na verwerking

Deze opname is op dezelfde wijze verkregen als die van figuur 11. Het enige verschil is, dat de spanning over de lamp in 2 s in plaats van in 20 s is opgevoerd. Opmerkelijk is de bult, die overigens ook reeds te zien is in de I,t-grafiek. Een dergelijk verschijnsel nemen we niet waar als we het zonder IP-COACH moeten stellen. De vraag is alleen of dit verschijnsel te maken heeft met de manier van opnemen, of dat dit een normaal inschakelverschijnsel is. Een model kan uitkomst bieden.

Een model in DMS.

Het onderstaande model is als volgt opgebouwd;

- de stroomsterkte wordt met de wet van Ohm berekend, te beginnen bij een startwaarde voor de spanning en de weerstand bij kamertemperatuur;
- de hoeveelheid warmte die door deze stroom in een tijd dt in de gloeidraad wordt ontwikkeld, wordt berekend met de wet van Joule;
- de ontwikkelde warmte leidt tot een temperatuur T_{mpT} (ijdelijk) ($Q_{in} = c \cdot m \cdot \Delta T$);
- bij de hogere temperatuur T_{mpT} wordt in de tijd dt warmte uitgestraald ($P \cdot dt = \sigma \cdot A \cdot T^4 \cdot dt$);

- de netto warmtetoename in de tijd dt leidt tot de temperatuur T_{mp} ;
- de weerstand wordt berekend voor de nieuwe temperatuur;

IV-karakteristiek

$$I = V/R$$

$$Q_{in} = V^2 \cdot dt / R$$

$$T_{mpT} = T_{mp} + Q_{in} / (c \cdot m)$$

$$Q_{out} = s \cdot A \cdot dt \cdot T_{mpT}^4$$

$$T_{mp} = T_{mpT} - Q_{out} / (c \cdot m)$$

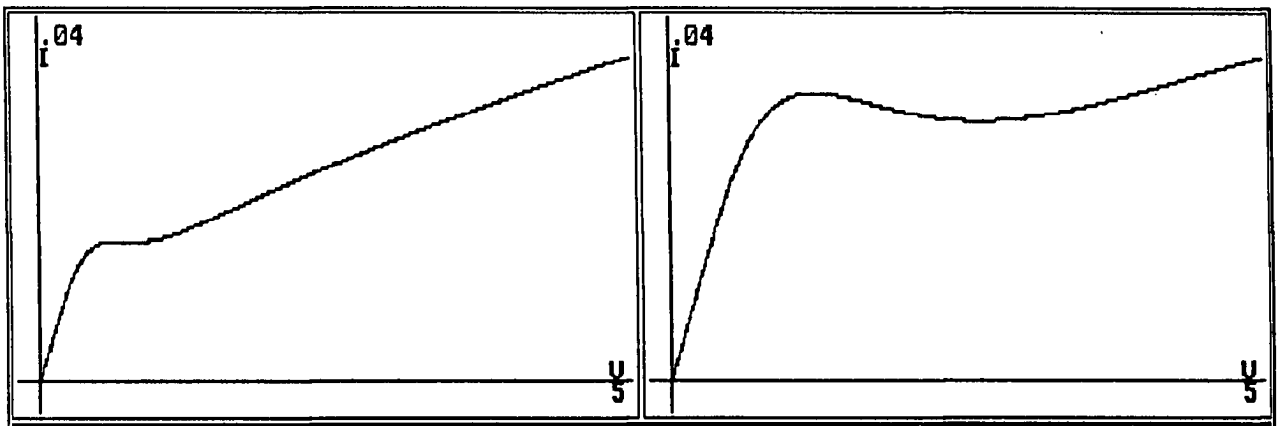
$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T_{mp} - T_{mp0}))$$

$$V = V + DV$$

$$T = T + DT$$

- de spanning wordt verhoogd: de snelheid waarmee dit gebeurt, wordt in de startwaarden opgegeven ($dV = \text{constante} \cdot dt$);

$V = 0$	'V
$\pi = 3.14$	
$c = 1.35E2$	'J.kg-1.K-1
$s = 5.7E-8$	'W.m-2.K-1
$l = 2.5E-2$	'm
$d = 1E-5$	'm
$A = \pi \cdot d \cdot l$	'm ²
$sm = 19.3E3$	'kg.m-3
$m = sm \cdot l \cdot \pi \cdot d^2 / 4$	'kg
$\rho = 220E-9$	' Ω .m
$R = \rho \cdot l / (\pi \cdot (d/2)^2)$	' Ω
$R_0 = R$	' Ω
$\alpha = 4.9E-3$	'K-1
$T_{mp0} = 293$	'K
$T_{mp} = 293$	'K
$dt = 0.0001$'s
$dV = 25 \cdot dt$	'V



figuur 13. De uitkomst van het model. Links is de spanning 'opgedraaid' in 20 s rechts in 2 s

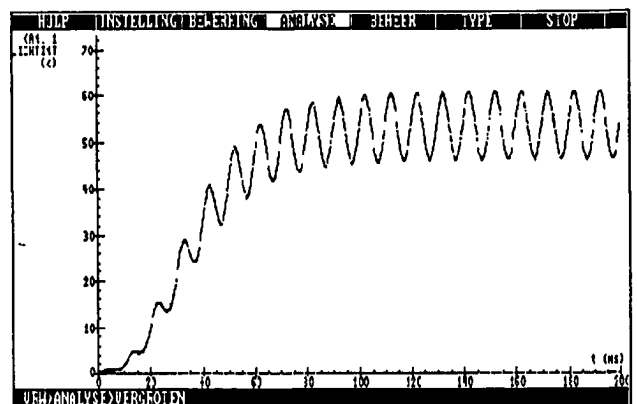
De combinatie van een experiment en een model biedt de mogelijkheid om in te gaan op de verklaring voor de 'bult' die in het experiment werd waargenomen bij het snel opdraaien van de spanning. Blijkbaar is dit niet te wijten aan de manier van meten. Via het model kan nader worden onderzocht hoe dit verschijnsel moet worden verklaard.

Voorbeeld 4. Licht van een gloeilamp.

In dit voorbeeld wordt via IP-COACH met een lichtsensor de lichtintensiteit gemeten van een gloeilamp. De sensor is tegenover het lampje geplaatst, de afstand is circa 10 cm. Door het instellen van triggervoorwaarden kan de lichtintensiteit worden gemeten tijdens de eerste 200 ms, dat de lamp aan is geschakeld. De voeding van de lamp was een wisselspanning met constante effectieve waarde.

Een model in DMS.

Het onderstaande model ter verklaring van de meetresultaten is in wezen het zelfde model als voor de I,V-karakteristiek. Een verschil is, dat de spanning nu wordt gevarieerd middels een sinusvormig signaal met een frequentie van 50 Hz.



figuur 14. Lichtintensiteit van een gloeilamp tijdens de eerste 200 ms dat er spanning over de lamp is gezet

Lampaan

Model

$$V = V_{\max} * \sin(\phi * t)$$

$$Q_{\text{in}} = V^2 * dt / R$$

$$T_{\text{mpT}} = T_{\text{mp}} + Q_{\text{in}} / (c * m)$$

$$Q_{\text{uit}} = s * A * dt * T_{\text{mpT}}^4$$

$$T_{\text{mp}} = T_{\text{mpT}} - Q_{\text{uit}} / (c * m)$$

$$R = R_0 * (1 + \alpha * (T_{\text{mp}} - T_{\text{mp0}}))$$

$$t = t + dt$$

Maximum op as

$$V = 310$$

$$Q_{\text{in}} = 0.8$$

$$T_{\text{mpT}} = 3500$$

$$Q_{\text{uit}} = 0.1$$

$$T_{\text{mp}} = 3500$$

$$R = 200$$

Constanten en Startwaarden

$$\pi = 3.14$$

$$V_{\max} = 310 \quad \text{'V}$$

$$f = 50 \quad \text{'Hz}$$

$$\phi = 2 * \pi * f \quad \text{'Hz}$$

$$c = 1.35E2 \quad \text{'J.kg-1.K-1}$$

$$m = 0.1E-3 \quad \text{'kg}$$

$$s = 5.7E-8 \quad \text{'W.m-2.K-1}$$

$$l = 1 \quad \text{'m}$$

$$d = 0.5E-4 \quad \text{'m}$$

$$A = \pi * d * l \quad \text{'m}$$

$$R_0 = 10 \quad \text{'\Omega}$$

$$\alpha = 4.9E-3 \quad \text{'K-1}$$

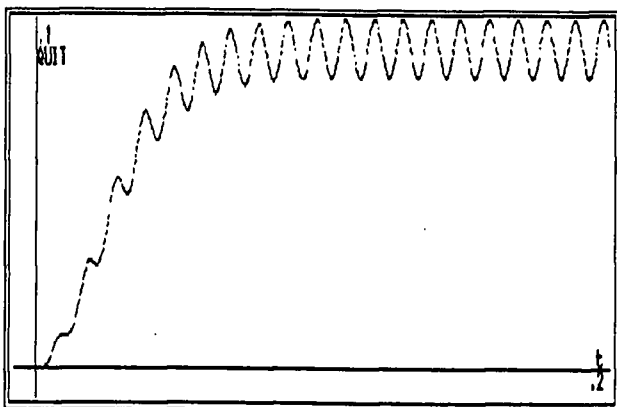
$$T_{\text{mp0}} = 293 \quad \text{'K}$$

$$R = 10 \quad \text{'\Omega}$$

$$T_{\text{mp}} = 293 \quad \text{'K}$$

$$t = 0 \quad \text{'s}$$

$$dt = 0.01/f \quad \text{'s}$$



figuur 15. Uitgestraalde warmte tijdens de eerste 200 ms volgens bovenstaand model.

Nawoord.

De werkgroep had als stelling meegekregen:
Zelf een model maken/aanpassen waarmee de meetresultaten worden verklaard

- is een sterk motiverende bezigheid;
- leidt tot een beter begrip van het verschijnsel waaraan is gemeten.

Voor een publiek van natuurkundeleraren bleek instemming met deze stelling -na de toelichting met behulp van de experimenten in combinatie met de modellen - geen groot probleem te zijn.

De mogelijkheden - vergelijken van meetresultaten met modellen, model(len) proberen te fitten op meetresultaten (aanpassen van modellen), conclusies op grond van verschillen/overeenkomsten tussen meting en model zijn evident.

Voordelen van beide pakketten zijn, dat het vele rekenwerk alsmede het maken van tabellen en grafieken door de computer wordt gedaan. Leerlingen komen in dezelfde tijd verder in hun onderzoek; het interpreteren van meetgegevens en trekken van conclusies kan een serieuzere bezigheid gaan worden. Het onderzoeken van onverwachte

effecten door de meetomstandigheden te variëren (zoals bij de gloeilamp) is geen tijdrovende bezigheid. Juist de snelle feed-back stimuleert tot verder onderzoek.

De vragen aan het einde van de demonstratie gingen dan ook over de haalbaarheid van het werken met deze programma's in de klas en met name over de mogelijkheid om leerlingen met de programma's te laten werken.

Mijns inziens zullen deze vragen ter zijner tijd teruggespeeld moeten worden naar de natuurkundeleraren zelf. Zij zullen moeten beoordelen wat de mogelijkheden van de beide programma's zijn als ze in de klas gebruikt worden. Anderzijds mogen zij van ontwikkelaars van lesmateriaal (methodes, practicumhandleidingen, publikaties in het NVON-blad, verslagen van Woudschotenconferenties) ondersteuning verwachten met betrekking tot het gebruik in de klas.

Die ondersteuning kan bestaan uit:

- voorbeelden van experimenten en/of van modellen;
- begeleidende leerlingenteksten;
- contexten voor onderzoekjes;
- lerarenhandleiding met suggesties voor tijdsplanning, niveau (klas) en variaties op modellen en experimenten;

- aanwijzingen voor de amanuensis/TOA om experimenten op te bouwen.

Tenslotte valt op te merken, dat de organisatie met betrekking tot het gebruik van computers in de klas per school sterk kan verschillen. In elk geval zijn twee van de tien door NIVO geleverde computers bestemd voor gebruik buiten het computerlokaal. Het gebruik van computers voor het vak natuurkunde wordt met het nieuwe eindexamenprogramma zelfs vrijwel onontkoombaar.

Voor wat betreft het uitvoeren van experimenten lijkt het vooralsnog, dat deze gedemonstreerd zullen moeten worden. Een uitzondering is misschien het gebruik voor open (experimentele) opdrachten. Wel haalbaar lijkt het om het experiment te demonstreren en leerlingen (van te voren geprepareerde) bestanden te laten verwerken in het computerlokaal. De verwerking kan met het onderdeel Verwerking in IP-COACH gebeuren. Vergelijking van de meetresultaten met een gegeven Model en aanpassing van startwaarden en constanten zullen bij bepaalde experimenten wellicht ook door leerlingen kunnen worden uitgevoerd. Het lijkt mij in elk geval heel aardig om op een volgende Woudschotenconferentie tijdens een werkgroep een verhaal te horen over de ervaringen van leerlingen met IP-COACH en DMS.

Project Uitvoering Deskundigheids- bevordering Fysische Informatica

Werkgroep 18

H.P. Geerke

1. Inleiding

Inmiddels zijn de eerste cursussen voor de nascholing Fysische Informatica gestart. Aanleiding tot deze nascholingscursus is de invoering van het nieuwe natuurkunde examen. Zoals u hebt vernomen, heeft de staatssecretaris 20 september 1990 dit examen goedgekeurd en ingevoerd, in overeenstemming met het eindadvies van de Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (WEN).

Nadat voor het MAVO een nieuw natuurkunde programma is ingevoerd, volgen nu HAVO en VWO.

Nieuwe elementen zijn o.a.:

- de opname van contextbegrippen;
- de opname van een keuzeopdracht in het schoolonderzoek (VWO);
- toevoegen van nieuwe onderwerpen (biofysica, electronica en fysische informatica);
- Enkele zich sterk ontwikkelende gebieden zijn bijgesteld (kernfysica);
- Andere meer traditionele leerstof is beperkt;
- De totale omvang van het programma is beperkt.

Bij de opstelling van het advies heeft de WEN de volgende doelstellingen gehanteerd:

- inleiding in de natuurwetenschappen en techniek;
- voorbereiding op vervolgopleiding en beroep en op bewust burgerschap;
- persoonlijke ontwikkeling.

Vastgesteld is dat de eerste landelijke examens volgens het nieuwe WEN-programma in het cursusjaar 1992/93 worden afgenomen (voor HAVO en VWO). Met de invoering van de WEN-examenvoorstellen voor HAVO en VWO wordt Fysische Informatica (FI) één van de nieuwe leerstofgebieden binnen het natuurkunde-curriculum. Om alle HAVO/VWO-docenten natuurkunde de gelegenheid te geven zich voldoende voor te bereiden, is een ruim nascholingsaanbod voorzien. Daarbij ligt de nadruk op Fysische Informatica. Voor dit leerstofgebied is in de afgelopen periode een nascholingsprogramma uitgewerkt. De uitvoering van dit programma maakt deel uit van het project Uitvoering Deskundigheidsbevordering Fysische

Informatica en valt onder de verantwoordelijkheid van het PRINT/VO, PROject Integratie Nieuwe Technologieën-/sector Voortgezet Onderwijs. In juni is de coördinatie van het DFI-project toegekend aan de Universiteit van Amsterdam. In oktober kan de landelijke nascholing voor Fysische Informatica starten.

2. Historie

Twee ontwikkelingen hebben met name bijgedragen tot het ontstaan van Fysische Informatica.

In augustus 1986 startte het NIVO-project Informaticatechnologie Toegepast in de Natuurwetenschappen (ITN). Als onderdeel van dit project is een leerplan en voorbeeldlesmateriaal ontwikkeld. Vanaf januari 1989 wordt de tweede ontwikkeling voortgezet als onderdeel van het PRINT. In datzelfde jaar is ook het overheidsbeleid m.b.t. de invoering van informatica op middelbare scholen gewijzigd. Informatica wordt geen apart eindexamenvak, maar elementen van informatica worden geïntegreerd in bestaande vakken. Op dit moment wordt hieraan gewerkt voor de vakken wiskunde, natuurkunde, economie en maatschappijleer. In dit kader krijgt de WEN april 1987 van de staatssecretaris het verzoek Fysische Informatica op te nemen in haar voorstellen. In haar eindadvies (de. 1988) heeft de WEN zowel voor HAVO als VWO onderdelen van ITN/Fysische Informatica opgenomen.

3. Fysische Informatica

Inhoud

Fysische Informatica omvat aspecten en toepassingen van Informatie Technologieën in de natuurwetenschappelijke vakken. Voor de leerstof is een systeembenadering gekozen en wordt de invloed op probleemoplossen en methoden van onderzoek benadrukt. Hierdoor worden van de leerlingen vaardigheden verwacht die in de 'gewone' natuurkundeles minder voorkomen. De leerstof vraagt voor het HAVO c.a 15 lessen, voor het VWO naar schatting 30 lessen.

Parallel aan het WEN-advies worden de onderwerpen vanuit twee contexten benaderd: Technische Automatisering (4H/4V) en Computer-toepassingen bij natuurwetenschappelijk onderzoek (5/6V).

De volgende onderwerpen worden o.a. (met hun context) genoemd bij Technische Automatisering:

Verwerken van informatie:	comparator, teller, EN/OF-poort, geheugens, microprocessor
Signaal conditionering:	Op-Amp, filter (vwo)
Geautomatiseerde systemen:	blokschema's, terugkoppeling, meten, regelen, sturen, lineariteit

Computertoepassingen:

Systemen met microproc.	enkele toepassingen, opbouw, programmatuur sturen + verwerken
Computerverwerking, meetversterker, datareductie (vwo)	
data-acquisitie:	programmatuur voor meten, verwerken en dynamische model

De WEN stelt voor alle VWO-kandidaten een Zelfstandig Onderzoek verplicht (ca. 15 lessen). Zowel voor het havo als voor het vwo lenen onderwerpen uit de FI zich uitstekend voor eigen werk of een Praktisch Schoolonderzoekopdracht. Tijdens de nascholing wordt ruime aandacht besteed aan mogelijke opdrachten en experimenten.

Ondersteuning

Met de invoering van het nieuwe WEN-programma worden de docenten natuurkunde vooral ondersteund bij de invoering van Fysische Informatica: nascholing, lessenseries, practicumuitbreiding; voorloopscholen.

Fysische Informatica is een relatief jong vakgebied. Voor veel docenten geldt dat zij tijdens hun opleiding nog niet of nauwelijks kennismaakten met FI. Diepgang, omvang en samenhang van onderwerpen uit FI binnen havo- en vwo-leerstof maken een intensieve voorbereiding van lesgevende docenten noodzakelijk. Er is daarom een cursus Fysische Informatica ontworpen. Tijdens deze cursus wordt de noodzakelijke achtergrondinformatie gegeven (deskundigheidsbevordering). Bovendien wordt er les- en practicummateriaal aangeboden. De volledige examenleerstof komt in theorie en praktijk aan de orde.

Er zijn twee voorbeeld-lessenseries in eerste versie verschenen: 'Technische Automatisering' en 'Computertoepassingen in het natuurkunde-onderwijs'. Daarbij aansluitend is practicummateriaal ontwikkeld. Voor de computertoepassingen wordt o.a. apparatuur benut waarover scholen kunnen beschikken via het NIVO-project (zoals UIA-pakket, IP-Coach-meetomgeving en DMS-software).

Ten behoeve van de invoering FI zal ook nieuw leerling-practicum- en demonstratiemateriaal nodig zijn. Er is inmiddels een financiële regeling bekend gemaakt: f7700,- voor VWO/HAVO en f6650,- voor HAVO (+ steeds f500,- voor biofysica). Dit extra budget wordt gespreid over 1990-1991 en 1992 aan de scholen uitbetaald. Dit budget wordt overigens niet geoormerkt (lump-sum regeling).

Voordat de eerste examens volgens het nieuwe programma worden afgenomen (voorgesteld is 1992/93) wordt les-ervaring opgedaan. Tien scholen (5-havo- en 5-vwo) starten dit cursusjaar met de leerstof volgens het integrale WEN-voorstel. Deze scholen worden daarbij vanuit de WEN begeleid door de invoeringscommissie.

De scholen volgen tenslotte een proefexamen volgens het nieuwe examenprogramma. De ervaringen die men hierbij opdoet, onder ander met FI, worden uiteraard aan Doorgegeven.

In de cursus wordt gebruik gemaakt van hardware en software, die is verspreid vanuit het NIVO-project. M.n. DMS IP-Coach en de UIA-Computerinterface. Het ontwikkelde practicummateriaal (Systeembord met analoge en digitale componenten en de leerling-programmeeromgeving 'Stuurtaal') zal door scholen besteld kunnen worden, mogelijk tegen 'intekenprijs'.

4. Toekomstige financiering

Het ligt in de bedoeling dat scholen begin jaren negentig een totaal bedrag gaan ontvangen voor hun 'bedrijfsvoering' (lump-sum financiering). Hierin is een bedrag begrepen, geoormerkt voor nascholing. In de nieuwe financieringsopzet wordt de cursusgever niet meer betaald door de centrale overheid, maar door de school.

Er wordt gewerkt aan een nascholingsverplichting: eens per vijf jaar dient een docent een nascholingsinspanning te leveren (ca. 45 contacturen).

Het gaat dan ook tot het beleid van scholen behoren een nascholingsplan voor het docententeam op te stellen.

Zoals elders in deze informatiebrief is toegelicht, wordt de cursus DFI tot eind 1991 gesubsidieerd vanuit het Project Invoering Nieuwe Technologieën (PRINT). Van deze subsidieregeling (nu ca. f1500,- per cursist) kan per school 1 docent gebruik maken. Docenten die na 1991 alsnog deze cursus willen volgen, dienen naar verwachting een beroep te doen op nascholingsplan en lump-sum van de school.

5. Nascholing Fysische Informatica Uitvoering

Belangrijkste onderdeel in het project Uitvoering Deskundigheidsbevordering Fysische Informatica is het nascholingsprogramma. De nascholing wordt gegeven door drie Universiteiten: de Universiteit van Amsterdam, de Technische Universiteit Eindhoven en de Universiteit van Twente.

De afdeling Didactiek Natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam voert de landelijke coördinatie van de nascholing FI.

De cursussen worden ieder halfjaar gegeven aan deze drie Universiteiten. In overleg met enkele andere instituten is een regionale spreiding gerealiseerd in Rotterdam, Tilburg, Sittard, Nijmegen, Zwolle en Groningen. Totaal zijn er 30 cursussen gepland, volgens het schema van figuur 1.

Per havo/vwo-school kan er in het kader van dit project één docent worden nageschoold. De cursus DFI wordt gegeven in 15 dagdelen van elk 3 uur. De startmodule (zie hierna) is vervat in een gehele cursusdag. In principe wordt de cursus wekelijks gegeven op vaste dagen en start halverwege de middag of begin van de avond. Cursisten krijgen een certificaat na beëindiging van een DFI-cursus.

ronde	1 naj.89	2 voorj.90	3 naj.90	4 voorj.91	5 naj.91	tot.
UvA	2	2	2	2	2	(10)
R'dam	-	1	1	1	1	(4)
TU Eindh.	2	-	1	-	1	(4)
KU Nijm.	-	-	1	1	-	(2)
Sitt.	-	-	-	1	-	(1)
Tilb.	-	1	-	1	-	(2)
U. Twente	2	-	-	-	1	(3)
Gron.	-	-	1	-	1	(2)
Zwolle	-	-	1	1	-	(2)

figuur 1 Schema cursusplaatsen DFI

Cursusprogramma

De nascholing Fysische Informatica is modulair opgebouwd. De cursusmodulen zijn opgezet als in figuur 2.

dagdelen	globale inhoud:
(2) Startmodule	Beschrijving leerstofgebied F.I., ervaringen met leerlingmateriaal.
(5) Micro-elektronica module	Basiskennis elektronische schakelingen en digitale componenten, poorten, tellers, geheugenelementen, AD/DAI-conversie, resolutie; Operationele Amplifier, signaalbewerking, filters; systeembord voor leerlingpracticum.
(5) Module Computerverwerking	Computerarchitectuur en interfacint (UIA) meten, sturen, regelen; functie stuurtaal bij simulatie van elektronische componenten; opnemers/sensoren, verwerkers-/actuatoren; programmatuur; numerieke methoden, IP-Coach 2.0, DMS.
(3) Projectmodule	Oprachten, experimenten en Zelfstandig Onderzoek; verzamelen, analyseren van meetwaarden.

figuur 2 Cursusprogramma

Na afloop van de cursus beschikken cursisten onder meer over voorbeeldlesmateriaal en -practicumopdrachten. Tijdens de Projectmodule worden experimenten en opdrachten verzameld. Het ligt in de bedoeling deze na beëindiging van het DFI-project te bundelen en de cursisten aan te bieden.

Van de deelnemers wordt verwacht dat zij over enige ervaring beschikken met het werken met IBM-computers. Ook geldt: 'Bekende zijn met het UIA-pakket + IP-Coach en DMS en het NIVO-softwarepakket strekt tot aanbeveling'. Tijdens één van de eerste bijeenkomsten kunnen cursisten hun vaardigheden bijstellen.

Kosten en aanmelding

Iedere school krijgt één gesubsidieerde cursusplaats toegewezen. De cursist dient slechts een bijdrage te betalen (dictaat, koffie). Deze bijdrage is voor iedere cursist f50,-. Er worden vanuit het project géén reiskosten aan cursisten vergoed. Voor een tegemoetkoming in de reiskosten kan een cursist een regeling met de school treffen.

De schoolleiding bepaald in overleg met betrokkenen welke docent gebruik zal maken van deze nascholingsmogelijkheid. De schoolleiding verzorgt de aanmelding. Daarbij kan worden aangegeven welke voorkeur er bestaat voor cursusplaats en -tijdstip (de mogelijkheden zijn aangegeven bij punt 5 Uitvoering). Vanzelfsprekend kan de

toegewezen nascholingsplaats ook in een later stadium aan een bepaalde docent worden gekoppeld. Te zijner tijd wordt de school daarover opnieuw benaderd.

Indeling

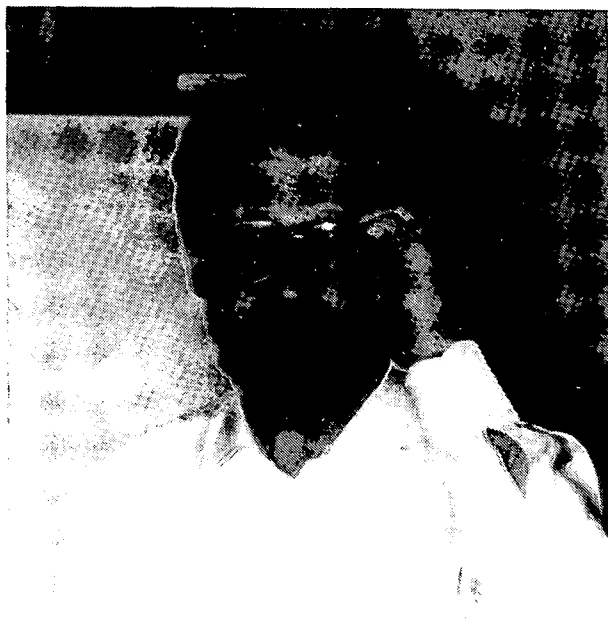
Nadat het cursusschema verder is afgerond, ontvangt u tijdig een plaatsingsbevestiging met nadere informatie over plaats en tijdstip van uw definitieve indeling. Deze plaatsingsbesluiten worden tussen 11 december 1989 en 15 jan. 1990 verzonden. De eerste cursusronde is gestart en loopt inmiddels al weer teneinde. Scholen die zijn ingedeeld in de tweede cursusronde hebben inmiddels bericht ontvangen.

Hard core en Trash in de klas

Ofwel de fysica van de basgitaar

Werkgroep 19

P. Molenaar



De fysica van een basgitaar

De fysica van de basgitaar oftewel Hard core en Trash in de klas? In deze tijd van contexten en aansluiten bij de belevingswereld van de leerling zullen we als natuurkundedocenten ons moeten bijscholen in nieuwe muziekvormen. Immers als de leerlingen op hun zestiende gaan bijverdienen met wat schilderwerk of vakken vullen in de supermarkt, dan wordt dit eerstverdiende geld omgezet in drank (zie de enquête van Oberon over de jeugd in Nederland, waarin geconcludeerd wordt dat er meer alcoholproblemen dan drugsproblemen zijn onder de Nederlandse jeugd).

Datgene wat er overblijft van dit eerstverdiende geld wordt gespaard voor de eerste grote uitgave: een eigen muziekinstallatie. Snel ontwikkelt zich dan een belangstelling voor diverse vormen van muziek.

Weet u wat Skate, Cross Over, Grind Core, Death Metal, Nmobhm etc. betekent? Ik niet. Het enige wat ik in de klas laat zien is de resonantie in een snaar, met een verwijzing naar snaarinstrumenten. Een minimale motivatie voor de leerling.

Kunnen we iets aan deze gemiste kans doen?

Op twee momenten in het curriculum is het mogelijk deze context toe te passen. Allereerst in de onderbouw. Door twee Lio's (leraren in opleiding) van de UvA (Siffels, de Jong) is een lessenspakket "Geluid en Licht, Horen en Zien" ontwikkeld, waarin via zelfstandig uit te voeren opdrachten leerlingen de volgende onderwerpen van het geluid doorwerken:

Het laten zien van geluid
Eigenschappen van geluid
De bouw van het oor
Gehoorschade

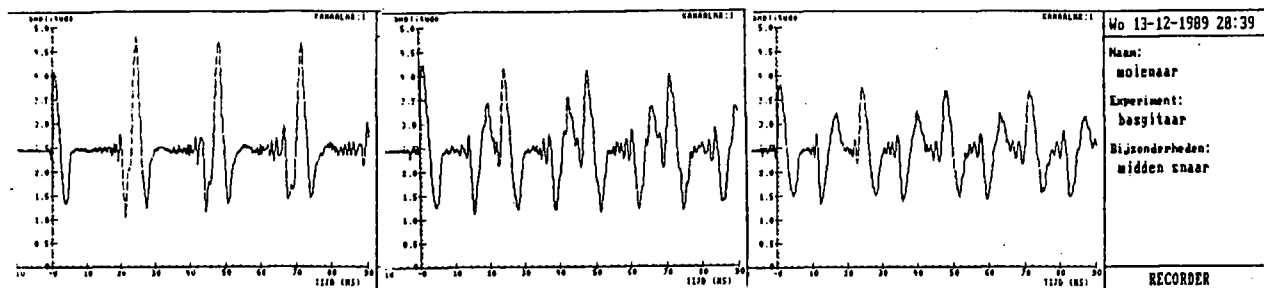
Uit het onderzoek van Deetman e.a. bleek dat juist deze context goed aansloot bij de belevingswereld van 13- à 14-jarigen.

De tweede mogelijkheid om de context muziek toe te passen is in de bovenbouw. Door drs. R. Bruijn is een lessenserie ontwikkeld over geluid en gehoor uitgaande van het WEN-programma (Bruijn).

Bovendien heeft de UvA een prototype ontwikkeld van een computergestuurde audiogramproef. Waarschijnlijk zal het CMA (Centrum voor Microcomputer Applicaties) in het najaar van 1990 deze proef in productie nemen.

Het is ook mogelijk met een snaar van een basgitaar op een eenvoudige wijze iets in de context muziek uit te voeren.

Ir. B. Markus heeft in het kader van zijn opleiding tot leraar de volgende proef ontwikkeld. Gebruikt wordt een snaar van een basgitaar (f 20,-) gespannen op een stuk hout tussen een kam en een brug (muziekwinkel f 25,-). Met behulp van eenvoudige elementen van een elektrische gitaar zoals die door popmuzikanten op hun exotische gevormde gitaren gemonteerd worden (f 25,-) kan het signaal versterkt worden in de signal amplifier en verwerkt met de UIA-kaart (de universele interface van de Universiteit van Amsterdam) en met IP-COACH kan het signaal, dat de snaar geeft, geanalyseerd worden.

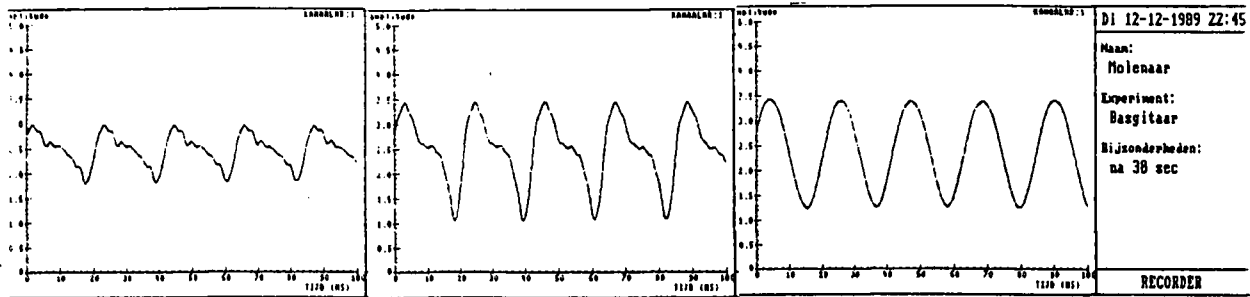


figuur 1 Het signaal van het element op 10 (a) resp. 30 (b) cm van de brug en in het midden (c).

Proef 1: Het zichtbaar maken van de lopende golf

Gemeten in 100 ms ziet men duidelijk de op en neer gaande beweging van de snaar en, na teruggekaast te zijn, het

signaal in omgekeerde richting. De positie van het element is dan natuurlijk van groot belang (zie fig. 1).

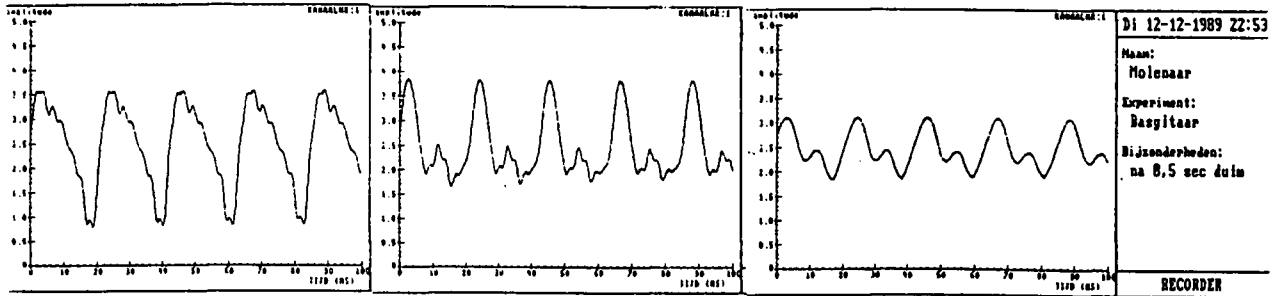


figuur 2 Het signaal na 0,5(a), 5,0 (b) en 30 (c) seconden.

Proef 2: De overgang van lopende naar staande golf

Gemeten is steeds na een bepaalde tijd hoe het signaal er

uit ziet. Men ziet dat na verloop van enige tijd steeds meer de boventonen uitgedoofd worden (fig. 3).

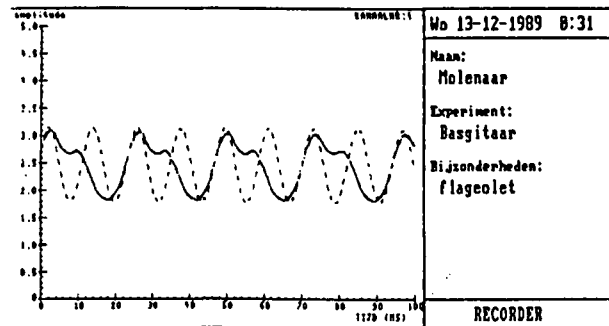


figuur 3 De aanslag met hamer (a), plectrum (b), en duim (c).

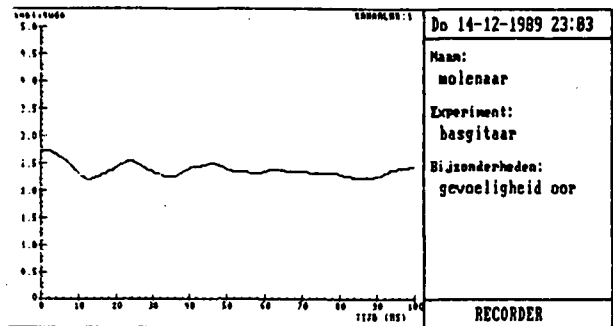
Proef 3: Invloed van de wijze van aanslag

Met behulp van een hamertje, plectrum of duim is de snaar in trilling gebracht.

Men ziet het verschil in samenstelling van grond- en boventonen in figuur 4.



figuur 4 Gestippelde curve is de flageolet



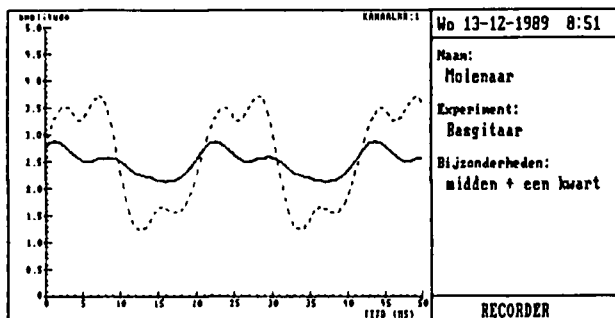
figuur 5 Gehoorgevoeligheid

Proef 4: Aanslaan van een flageolet

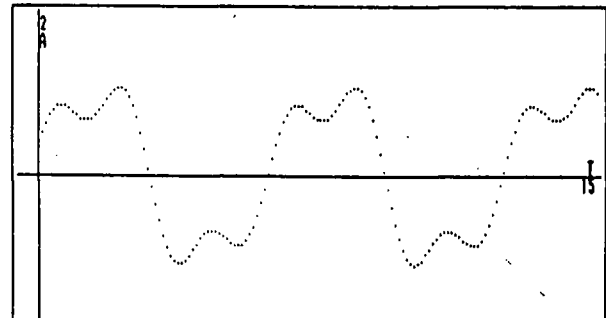
Door de snaar in het midden aan te raken komt er een voorkeur voor de eerste boventoon. Een favoriete techniek in de muziek.

Proef 5: Gehoorgevoeligheid

Door de snaar zeer snel te dempen kon nagegaan worden wanneer een toon reeds herkend kon worden. Slechts twee trillingen waren voldoende om de toon reeds te kunnen herkennen!



figuur 6 Gestippelde curve is gedempt op een kwart van de snaarlengte



figuur 7 Samengeteld signaal met behulp van DMS

Proef 6: Samenstellen van een golf

Met behulp van het modellingprogramma DMS is het signaal van de snaar, die gedempt werd op een kwart van de snaarlengte, samengesteld. Naar verwachting bleek de eerste boventoon er slechts voor 10% en de tweede boventoon voor 40% ten opzichte van de grondtoon aanwezig te zijn.

Diverse uitbreidingen van deze proeven zijn uiteraard mogelijk. Zeker is het mogelijk enkele "Hard Rockers" uit uw klas eventueel met de eigen gitaar een zelfstandig onderzoek hieraan te laten verrichten.

Leerlingen werken zeer gemotiveerd aan deze proef.
Kortom: een goede proef bij het onderwerp geluid.

Literatuur

Oberon
Enquete Nederlandse jeugd 1988

Deetman, A.J.
Onderzoek voor het SLO-project "natuuronderwijs 12-16 jarigen"

Lesmateriaal te verkrijgen bij Didactiek Natuurkunde
UvA
Nieuwe Achtergracht 170, Amsterdam, tel.:020-5255886

1. Siffels, J.W.; de Jong, M.H. Geluid en Licht; Horen en Zien. Lessenserie voor de onderbouw
2. Bruijn, Drs. R. Geluid en Gehoor. Lessenserie voor de bovenbouw
3. Markus Ir. B. Computerproef basgitaarsnaar.

Een praktikum DMS aan de UvA

Werkgroep 20

J.A. Dekker, didaktiek natuurkunde UvA



Aan de faculteit natuur- en sterrenkunde van de UvA bestaat sinds ruim 1 jaar een project Computer Ondersteund Onderwijs (COO). In het kader daarvan wordt onder andere lesmateriaal ontwikkeld bij het eerstejaars college Trillingen en Golven (T&G). In de startfase is hierbij gebruik gemaakt van het pakket DMS.

Het basisvak T&G wordt gegeven uit het deel 'Waves' van de Berkeley Physics Course en heeft een studieomvang van nominaal 3 weken. Mede door het nogal abstracte en mathematische karakter wordt het door studenten als moeilijk beoordeeld. In de cursus van najaar 1989 werd naast hoorcollege (40%) en werkcollege (30%) ca 15 uur (30%) COO gegeven, waarvan de helft met DMS. Voor de andere helft werd in eigen beheer 'dedicated' software ontwikkeld. DMS is ingezet bij de basistheorie van vrije, gedempte en gedwongen trillingen; daarnaast bestaat er momenteel één programma over Fourieranalyse van periodieke signalen, en twee over buiging en interferentie.

Zoals tijdens de lezing op de conferentie met enkele eenvoudige modellen rond trillingen, kinematica en dynamica werd geïllustreerd kan DMS op diverse, onderling vaak overlappende manieren worden gebruikt: als grafisch pakket voor het tekenen en tabelleren van functies, voor simulaties door het manipuleren van een gegeven model, of als modelling pakket waarbij de studenten zelf een model opstellen of aanpassen. De laatste manier is ongetwijfeld de hoogwaardigste maar ook de meest tijdrovende. Door ons is bij T&G gekozen voor een accent op simulaties, waarbij een twintigtal gegeven (onderling vaak sterk verwante) modellen werden ondersteund door een schriftelijke handleiding met opdrachten, die werden uitgevoerd door twee studenten per computer in een situatie van klassikaal praktikum. De bedoeling was dat hiermee een bevestiging en visuele ondersteuning zou ontstaan van eerder in analytische vorm behandelde theorie. Eerst moest door de studenten ca. drie kwartier tijd geïnvesteerd worden in het aanleren van de bediening en het begrijpen van de werking van DMS: met een eenvoudig model van een harmonische oscillator tekenden zij een cosinusfunctie en verifieerden zij handmatig de getableerde waarden (fig. 1), waarna bediening en werking vol-

doende duidelijk waren. Wel bleven er problemen bestaan met het lezen en interpreteren van de andere gegeven modellen. Met deze modellen worden uiteenlopende verschijnselen gedemonstreerd. Een voorbeeld (fig. 2) is het onharmonisch gedrag van een slinger bij grotere uitwijkingen; uitwijking en snelheid zijn tweemaal als tijdsfuncties uitgezet, met de maximale snelheid in de buurt liggend van 2, de hier voor 'doorslaan' van de slinger kritische waarde). Een ander voorbeeld (fig. 3) is de vergelijking van een met behulp van een 'sweep generator' verkregen resonantiepiek voor de amplitude XSM van de steady state uitwijking XS van een gedwongen oscillator (XS^2 tegen hoekfrequentie W) met een volgens de analytische formule getekende curve (XSM^2 tegen dezelfde hoekfrequentie WU).

Vergeleken met de geheel op basis van on-screen hulp opgezette dedicated software werden kwaliteit en begrijpelijkheid van het onderwijsaanbod met DMS door de studenten als matig beoordeeld. Weliswaar kon weinig efficiënt freewheelen in de gekozen opzet worden voorkomen, maar de gebruikersvriendelijkheid schoot duidelijk tekort. Hierdoor ontstond, in combinatie met de moeilijke leerstof, voor de studenten af en toe een vorm van overbelasting, waardoor het leereffect tegenviel en na ca 5 uur een verzadiging in de belangstelling optrad. Op grond van deze ervaringen is het onzeker of gebruik van DMS - of een dergelijk modelling pakket - bij het college T&G in de toekomst gehandhaafd blijft, hoewel het bij het betrekkelijk snel opzetten van COO goede diensten heeft bewezen.

MODEL

>> STARTWAARDEN <<

fig. 1a

```
T=T+DT
Y=COS(T)
A=-W^2*X
U=U+A*DT
X=X+U*DT
```

```
T=0
DT=0.1
W=1
X=1
U=0
```

TABEL

>> TABEL <<

fig. 1b

T	A
0.1000	-1.0000
0.2000	-0.9900
0.3000	-0.9701
0.4000	-0.9405

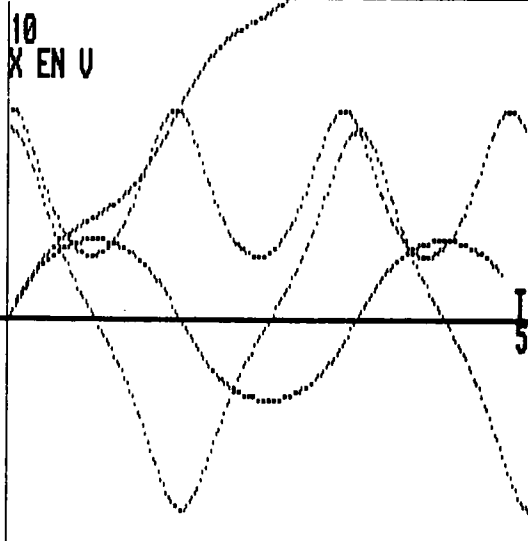
U	X
-0.1000	0.9900
-0.1990	0.9701
-0.2960	0.9405
-0.3901	0.9015

MODEL

>> GRAFIEK <<

fig. 2

```
T=T+DT
U=U+A*DT
X=X+U*DT
A=-W0^2*SIN(X)
REM STARTWAARDEN ZIJN
REM T=0
REM DT=0.025
REM A=0
REM X=0
REM W0=3.14
REM NEEM U=1.9*W0 RESP U=2.1*W0
```

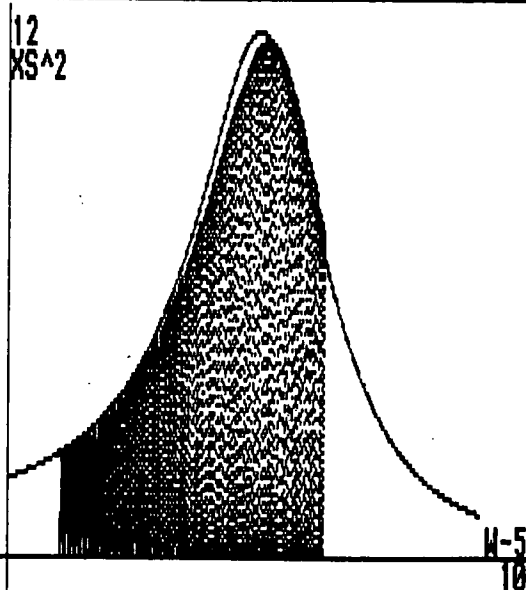


MODEL

>> GRAFIEK <<

fig. 3

```
T=T+DT
W=W+DW
U=U+A*DT
X=X+U*DT
IF W<=6 THEN XS=0
IF W>6 THEN XS=X
UG=UG+AG*DT
XG=XG+UG*DT
AG=-W^2*XG
FAKTOR=500+6*T^1.25
AU=AG/FAKTOR
A=-W0^2*X-G*U+AU
WU=WU+DWU
XSM=AUM/SQR((W0^2-WU^2)^2+(G*WU)^2)
```



De DBK-computergroep

Werkgroep 21

H. Botterweg



De vereniging DBK-na is een club van leraren die actief rondkijken naar mogelijkheden om het natuurkundeonderwijs te verbeteren. Sinds 1975 is de methode DBK-natuurkunde in ontwikkeling, geschreven door leraren met begeleiding van de afdeling didactiek van de Vrije Universiteit. Een aantal leden van de vereniging vormt de computergroep. Deze groep zag in 1983 dat de computer de school binnen zou komen en is sindsdien bezig nuttige toepassingen voor het natuurkundeonderwijs op te sporen.

Het eerste werk van de groep, gesteund door NIVO/POCO, was het schrijven van 15 remedial-teaching-programma's. Deze zijn uitgegeven door Malmberg. Vervolgens hebben we een viertal toepassingen van DMS geschreven, bedoeld voor de betere leerlingen in de onderbouw. De teksten zijn door NIVO verspreid over de scholen in het Startpakket.

Tegenwoordig zijn we bezig met toepassingen van IP-COACH. We zoeken in alle examenonderwerpen gelegenheid om, wat zo beeldend heet, het inzakken van de informatica in het natuurkundeonderwijs mogelijk te maken. De eis aan wat we afleveren is: de geleverde handleiding moet zó goed zijn dat een leraar onmiddellijk een goed werkend experiment krijgt. Elke leraar is in staat variaties op het experiment te bedenken. Maar het is voor hem uitermate ontmoedigend een idee te willen verwezenlijken en dan te stranden op praktische problemen. Dus: we dragen de ideeën aan en geven er meteen een mogelijke uitwerking bij.

Het is de bedoeling dat ook leerlingenhandleidingen geschreven worden, maar we kunnen op dit moment nog niet overzien of dat zal lukken. Als ze er komen, zullen ze getest zijn op modale leerlingen. Zeker in COACH 2 zal het moeilijk zijn de leerlingen zelf de complete proef te laten doen. Maar het is goed denkbaar dat de leerling een schijfje met meetgegevens krijgt en dan de verwerking van de gegevens zelfstandig verricht.

Is het nodig op alle terreinen de computer in te schakelen?

Je moet je realiseren dat de computer steeds verder doordringt in het dagelijks leven. Waar de ontwikkeling zal stoppen is niet te voorzien. Wij stellen ons onkritisch op en bekijken de zaak vanuit het standpunt: "Als je bij dit onderwerp de computer wilt inschakelen, hoe moet dat dan?" Aan de leraar is het om de selectie te maken.

Deelnemers aan de werkgroep reageerden overwegend positief op het gebodene. Gelukkig, want je schrijft niet voor een werkgroep in om je te ergeren. De getoonde experimenten maakten duidelijk dat de computer bij allerlei onderwerpen inzetbaar is en daar onderzoek mogelijk maakt dat tot nu toe onuitvoerbaar was. Maar ook een toepassing waarvan het experiment bij de leerling bekend is, zodat alleen de gegevensverwerking en -verwerking nieuw is, werd in de klas bruikbaar geacht.

De computergroep streeft ernaar zijn resultaten in het najaar van 1990 in wijde kring bekend te maken.

Gesimuleerde elektronen doen het wonderwel

Werkgroep 22

P. Licht en J. Frankemölle

Vakgroep Didactiek Natuurkunde, VU-Amsterdam Moller/College Waalwijk



Globaal verloop van de bijeenkomst

1. Natuurkunde in Blokken (NinB), een nieuwe methode voor de bovenbouw van havo en vwo.
2. Blok 2 uit NinB met als titel 'Het gebruik van elektrische energie in huis'.
3. Een model voor een onderscheid tussen spanning en stroomsterkte.
4. Iets over de fysica achter het elektronen-model.
5. Het gebruik van het simulatieprogramma in de klas.

1. Natuurkunde in blokken

Binnen de Vereniging DBK-natuurkunde, de auteur van de gelijknamige onderbouwmethode, bestond al jaren de behoefte aan een bovenbouwmethode voor havo en vwo. Met de komst van het nieuwe examenprogramma is besloten een complete bovenbouwmethode te schrijven voor havo en vwo. De belangrijkste kenmerken van deze methode zijn:

- a. sluit volledig aan op het nieuwe examenprogramma;
- b. is bruikbaar na elke onderbouwmethode;
- c. maakt gebruik van contexten waar dat zinvol en mogelijk is, zowel in de aanleer- als in de toepassingsfase van nieuwe begrippen en relaties;
- d. kent een opbouw van de leerstof met praktikum-, theorie- en werkbladen, overigens niet noodzakelijk in deze volgorde. Het praktikum is vooral bedoeld als ondersteuning van de begripsontwikkeling. Voor de ontwikkeling van praktikum- en onderzoeksvaardigheden wordt voorlopig gedacht aan aparte blokken.

Verder wordt:

- e. voor het onderdeel elektriciteitsleer gebruik gemaakt van know-how binnen de vakgroep didactiek natuurkunde van de VU en voor het onderdeel fysische informatika van know-how binnen de vakgroep didactiek van de UvA;
- f. de computer regelmatig toegepast in het praktikum.

Vergeleken met de onderbouwmethode wordt er:

- zuiniger omgesprongen met het aantal practicumopdrachten;

- niet gedifferentieerd via herhaal- en extrastof. Wel is er sprake van een zogenaamd oefenproefwerk met gefaseerde hulp. Leerlingen krijgen dan in stappen schriftelijke hulp bij het oplossen van een tweetal 'pittige' vragen. Hierbij treden in de praktijk grote verschillen op tussen leerlingen. Deze oefenproefwerken worden opgenomen in de docentenhandleiding.

2. Blok 2 'het gebruik van elektrische energie in huis'

In dit blok wordt de begripsontwikkeling nagestreefd voor de begrippen spanning, stroomsterkte en elektrische energie in de context van het gebruik van elektrische energie thuis. Bij het doorbladeren van dit blok is de reactie van leraren nog al eens 'maar dat heb ik allemaal al behandeld in de onderbouw'. Dat klopt voor een deel ook. Maar onze, en waarschijnlijk ook uw ervaring, leert dat veel bovenbouw-leerlingen nog steeds grote problemen hebben met een aantal centrale begrippen uit de elektriciteitsleer. Ik zet er hier een paar op een rij:

1. het idee van stroomverbruik

Veel leerlingen maken geen onderscheid tussen stroom en energie. Er moet iets verbruikt worden, er iets nodig om een bepaalde taak uit te voeren en dat benoemen ze in termen van stroom. Je betaalt ook voor de verbruikte hoeveelheid stroom.

2. het idee van een constante stroombron/stroomgever

Aan een batterij of een stopcontact wordt de eigenschap toegeschreven dat deze een constante hoeveelheid stroom levert, ongeacht de aard van de schakeling. Dit blijkt een bijzonder hardnekkig misverstand. Bij sommige leerlingen krijg je de indruk dat dit idee enigszins aan het wankelen kan worden gebracht als je elke parallelle component in een schakeling rechtstreeks aansluit op de bron. Zij denken namelijk dat de beperking niet (of niet alleen) ligt bij de bron maar ook bij de draden die met de bron verbonden zijn. Er kan gewoon niet meer doorheen!

3. het zogenaamde lokaal en sequentieel redeneren

Veel leerlingen denken dat een verandering in een schakeling (bijvoorbeeld aan een variabele weerstand of een lampje erbij of eraf) alleen lokale invloed heeft of alleen achter de plaats van de verandering invloed heeft. Dat alles met alles samenhangt in een schakeling is zeker intuïtief niet te begrijpen.

4. het gebrek aan onderscheid tussen spanning en stroom

Dit behoeft nauwelijks toelichting. Het is voor veel leerlingen bijzonder moeilijk om deze begrippen uit elkaar te houden. Ze hebben er dan ook geen enkele voorstelling (mentale representatie) voor.

In Blok 2 proberen we vrijwel aan het begin van het blok de aanwezige verschillen tussen leerlingen met betrekking tot bovengenoemde begripsproblemen te verkleinen. We doen dit op de volgende manier:

- er wordt een diagnostische toets afgenomen bestaande uit 18 meerkeuze vragen, waarvan sommige vragen bestaan uit deelvragen. Subtoetsen van ca. 7 (deel)vragen hebben betrekking op elk van de bovengenoemde vier leerproblemen;
- na afloop van de toets kijken leerlingen hun eigen toets na m.b.v. een zogenaamd sleutel- en verwijsblad. Hebben ze in een subtoets meer dan 30% van de vragen fout, dan worden ze verwezen naar een bijbehorende leerroute in Blok 2;

- in deze leerroute(s) krijgen ze eerst weer 2 à 3 meerkeuze vragen te beantwoorden. De bedoeling hiervan is dat ze nogmaals hun redeneerwijze demonstreren. Daarna bouwen ze zelf de schakelingen, die centraal staan in deze drie vragen en meten de schakelingen door op het punt van spanning en stroomsterkte;
- tot slot maken de leerlingen een eigen samenvatting die ze vergelijken met een gegeven samenvatting in het Blok.

De globale resultaten van het gebruik van deze vier leerroutes zijn vermeld in tabel 1. De codes SV, CS, LS en VI staan voor de probleemgebieden stroomverbruik, constante stroom, lokaal-sequentieel en onderscheid spanning-stroomsterkte. Een gemiddeld hoog percentage betekent dat aan veel leerlingen het achterliggende intuïtieve idee kan worden toegeschreven. De betrouwbaarheid zegt iets over de homogeniteit (=interne samenhang) binnen een subtoets. Deze is voor alle subtoetsen goed te noemen. De eerste afname van de toets vindt plaats voorafgaande aan de leerroutes, de tweede afname na afloop van de leerroutes (+ een extra week).

Alle leerroutes blijken in ieder geval op de korte termijn effect te hebben bij de leerlingen. Leerroute 4 die samenhangt met subtoets VI (spanning-stroom onderscheid) levert een forse verbetering op. Ik kom daar in de volgende paragraaf op terug. De percentages in tabel 1 maken ook duidelijk dat een 'herhaling' van de 'onderbouwstof' niet geheel overbodig is.

Tabel 1. Betrouwbaarheid (α) van elke subtoets en de gemiddelde score (in %) op elke subtoets

subtoets code	α bij afname		gemiddeld % bij afname		significant verschil in gem. %
	1	en 2	1	en 2	
SV	.77	.79	21	9	+
CS	.85	.85	47	20	+
LS	.82	.83	32	8	+
VI	.54	.63	57	19	+

3. Een model voor spanning en stroomsterkte

De vierde leerroute waarnaar leerlingen verwezen kunnen worden, heeft betrekking op het onderscheid tussen spanning en stroomsterkte.

Het is hier niet de plaats om de vele modellen te bespreken die in omloop zijn om tot een onderscheid te komen tussen spanning en stroomsterkte. Toch wil ik hier een paar opmerkingen maken over het zogenaamde waterstroommodel, omdat veel docenten hiervan gebruik maken. In dit model is het verschil in waterdruk het analoog voor de spanning en de waterstroom het analoog voor de elektrische stroom. Mijn belangrijkste bezwaren tegen dit model zijn:

- de begripsproblemen bij leerlingen rond het begrip druk. We moeten ons bovendien realiseren dat het begrip hydrostatische druk niet meer in het examenprogramma voorkomt;
- de analoge experimenten (om waterdruk en stroomsterkte van het water te meten) zijn beslist niet eenvoudiger of inzichtelijker voor leerlingen dan de experimenten in

een elektrische schakeling. Vaak wordt dit model dan ook alleen als denkmodel gehanteerd;

- wordt in dit model een pomp gebruikt als spanningsbron, dan wordt het intuïtieve idee van constante stroombron alleen maar versterkt;
- de energie wordt soms nadrukkelijk toegekend aan het water vanwege de beweging van het water. Het is duidelijk dat dit tot allerlei problemen leidt als het water na een vernauwing of een 'schoepenrad' weer even snel stroomt als daarvoor. De toekenning van zwaarte-energie aan het water maakt het model weer een stuk ingewikkelder. Bovendien is dit begrip meestal niet behandeld op het moment dat het onderwerp elektrische schakeling aan de orde komt;
- het model is niet makkelijk toepasbaar in wat ingewikkelder situaties. Twee lampjes in serie of parallel is eventueel nog te doen, maar hoe dan verder.

Kortom: naar mijn idee is de waterstroom-analogie weinig geschikt en vereist deze van leerlingen een redeneerwijze die voor velen te hoog is gegrepen.

In de methode Natuurkunde in Blokken wordt in elk blok minimaal één keer gebruik gemaakt van de computer, ofwel voor meting en verwerking van gegevens ofwel voor simulatie ofwel voor DMS. In Blok 2 maken we gebruik van een simulatie. In deze simulatie wordt de elektrische stroom voorgesteld door bewegende punten en spanning door een verschil in puntendichtheid. Zo men wil kan hier gesproken worden van elektronenstroom en verschillen in elektronendichtheid. Wij doen dat wel in Blok 2, omdat leerlingen in de onderbouw al hebben kennisgemaakt met de begrippen lading en elektron. Een spanningsbron heeft dan als kenmerkende eigenschap dat deze in staat is een constant verschil in elektronendichtheid te handhaven. Een batterij 'die leeg is' is hiertoe niet meer in staat. In de simulatie maken leerlingen eerst zelf een schakeling. Zonder dat het programma daar verder om vraagt, is het gewenst om de leerlingen eerst zelf de relatieve felheid van lampjes te laten voorspellen en hun antwoorden toe te laten lichten in termen van de macroscopische begrippen spanning en stroomsterkte. Als dit goed lukt, is de leerling klaar en hoeft dan geen gebruik te maken van de 'microscopische mogelijkheden' die het programma biedt. Lukt de voorspelling en de verklaring vooraf en/of achteraf niet goed in termen van spanning en stroomsterkte, dan kan de leerling binnen het programma om een microscopische voorstelling vragen in de schakeling die hij/zij net zelf heeft ontworpen. Op dat moment verschijnen de bewegende elektronen en elektronendichtheden in beeld en kunnen bovendien nog steeds de macroscopische grootheden worden 'gemeten'. Zoals u hierboven hebt kunnen zien, zijn de leerresultaten m.b.v. dit model behoorlijk te noemen. Ik noem nu eerst een aantal sterke punten van het model. Maar ook de zwakke punten wil ik u niet onthouden.

Sterke punten zijn:

- Alle eerder genoemde begripsproblemen kunnen in principe worden opgelost met dit elektronenmodel: er is een constante stroomsterkte van elektronen, ondanks de verschillen in elektronendichtheid; de leerlingen kunnen het aantal elektronen aan beide kanten van een lampje eventueel natellen; een batterij levert een constant verschil in elektronendichtheid; de verschillende elektronendichtheden hangen samen met elkaar. Verander je er één, dan veranderen ze allemaal. Dit berust op een extra eigenschap van elektronen, namelijk hun onderlinge krachtwerking op afstand; stroomsterkte en spanning worden onderscheidbaar en ook het verband tussen beide wordt duidelijk. Beide hebben te maken met elektronen. De spanning benadrukt de (quasi-) statische aspecten en de stroomsterkte de kinematische aspecten;
- Het model kan later in de bovenbouw worden uitgebreid met de begrippen potentiaal en potentiële en kinetische energie van elektronen;
- Het koppelt verschillende onderdelen uit de elektriciteitsleer aan elkaar, te weten elektrostatika, elektrokineematika en later ook elektrodynamika. Ook bij onderwerpen als elektrisch veld en inductiespanning kan het idee van elektronendichtheden weer terug komen;
- Het model blijft dicht bij de elektrische begrippen zelf en de leerlingen hoeven dus niet zo'n ingewikkelde redeneerwijze te volgen als het geval is bij toepassing van het waterstroom-model;

e. Het heen en weer denken tussen macro- en submicro-wereld wordt bevorderd;

Zwakke punten van het model zijn:

- De nadruk ligt misschien te sterk op spanning, het stroombegrip dreigt nu te veel naar de achtergrond te verdwijnen; dit in tegenstelling tot vele andere modellen waar juist het stroombegrip de meeste aandacht krijgt;
- Door de verschillen in dichtheid is het noodzakelijk om verschillen in stroomsnelheid in te voeren om aan de wet van ladingsbehoud te kunnen blijven voldoen. Vooral bij de goede leerlingen blijkt dit soms vragen op te roepen m.b.t. de energie van elektronen 'voor' en 'achter' een lampje. Na het passeren van het lampje moeten de elektronen in onze simulatie immers sneller bewegen.
- Het model deugt fysisch inhoudelijk niet!
Op dit laatste ga ik in de volgende paragraaf slechts summier in.

4. Iets over de fysica achter het model

Het is onmogelijk om in het kader van dit korte verslag uitvoerig in te gaan op de fysica achter het besproken elektronenmodel.

Centraal in mijn fysische analyse staat de vraag: hoe kan er eigenlijk in een weerstandsdraad een elektrisch veld ontstaan? Welke ladingen veroorzaken dit veld eigenlijk? Het blijkt dat je de lading die het veld in de draad veroorzaakt, moet plaatsen aan het oppervlak van de draad. Bij een oneindig lange draad kunt u zich dit voorstellen zoals getekend in figuur 4.

Tussen de hoeveelheid lading die deel uitmaakt van de stroom en de hoeveelheid lading aan het oppervlak van de draad zit een factor 1019 verschil. Het gaat dus feitelijk om zeer lage ladingsdichtheden aan het oppervlak. In het door ons gehanteerde model hebben we deze ladingsdichtheden 'binnen de draad gehaald' en de relatieve grootte van deze dichtheden schromelijk overdreven om tot een aantrekkelijke visualisering te komen op het scherm. Het model klopt dus fysisch niet!
Een indrukwekkende consequentie van de theorie is dat je maar één elektron nodig hebt aan het oppervlak van een draad om een stroom met een sterkte van 1 ampère een bocht van 90° te laten maken.

In ons simulatieprogramma kiezen wij dus voor volumeladingen en niet voor oppervlakteladingen, ofschoon we ons realiseren dat dit volgens de wetten van Maxwell niet is toegestaan. Onze argumenten daarvoor zijn enerzijds van theoretische aard:

- We komen namelijk bij geen enkel onderdeel van het electriciteitsonderwijs voor havo en vwo in problemen;
- Uitleg van het mechanisme van oppervlakteladingen kan nu achterwege blijven; volumeladingen spreken intuïtief aan;
- Bij gebruik van volumeladingen is het niet nodig om onderscheid te maken tussen ladingen die deel uitmaken van de stroom en ladingen die met elkaar de spanning veroorzaken. Bij het onderscheid tussen oppervlakteladingen en volumeladingen in de draad moet je eigenlijk aangeven dat het om quasi-stationaire toestanden gaat;

en anderzijds van praktische aard:

- d. Onze angst dat leerlingen denken dat het gevaarlijk is, omdat de elektriciteit zich nu aan de buitenkant van de draad bevindt;
- e. Het is als simulatie makkelijker te realiseren.

5. Gebruiksmogelijkheden in de klas

Leraren gaan op verschillende manieren met de simulatie om. Zonder goede instructie vooraf is het niet mogelijk om leerlingen zomaar met dit programma te laten werken. In die zin is het programma niet leerlingvriendelijk te noemen. Maar na een korte demonstratie van de leraar van ca. 10 minuten kunnen de meeste leerlingen vlot overweg met de simulatie. Daarnaast is het als klassikale demonstratie zeer geschikt. Het lokt allerlei discussies uit met leerlingen en tussen leerlingen onderling. Vooral het systematisch nalopen van de eerder genoemde begripsproblemen m.b.v. dit programma blijkt een waardevolle bijdrage te leveren aan de begripsontwikkeling bij leerlingen rond de begrippen spanning en stroomsterkte.

De conclusie aan het einde van beide werkgroepsessies was telkens:

- a. het model lijkt goed bruikbaar in de klas;
- b. de aanwezige leraren zijn van plan om het programma te gaan gebruiken in de klas en maar eens te kijken of de effecten nu echt zo zijn als tijdens de presentatie werd beweerd.

Wij wachten in spanning af.

- Voor meer informatie over de nieuwe methode Natuurkunde in Blokken kunt u terecht bij Pieter Licht (VU-Amsterdam, tel. 020-5485395) of bij uitgeverij Malmberg (073-288811).

COO-Partners

Werkgroep 23

J.P. Paulides

In de stichting 'Consortium COO-HBO' werken ongeveer 25 HBO-scholen samen. Doel van de stichting is de bevordering van het gebruik van Computer Ondersteund Onderwijs in het HBO. Het Onderwijskundig Centrum (OC) van de Universiteit Twente en het Consortium COO-HBO vormen samen COO-Partners.

COO-Partners stellen zich ten doel:

- de materialen te onderhouden die in het SCOOR-project ontwikkeld zijn.
- materialen te ontwikkelen voor Computer Ondersteund Onderwijs,
- docenten in cursussen over COO te scholen,
- docenten en scholen behulpzaam te zijn bij de invoering van COO.

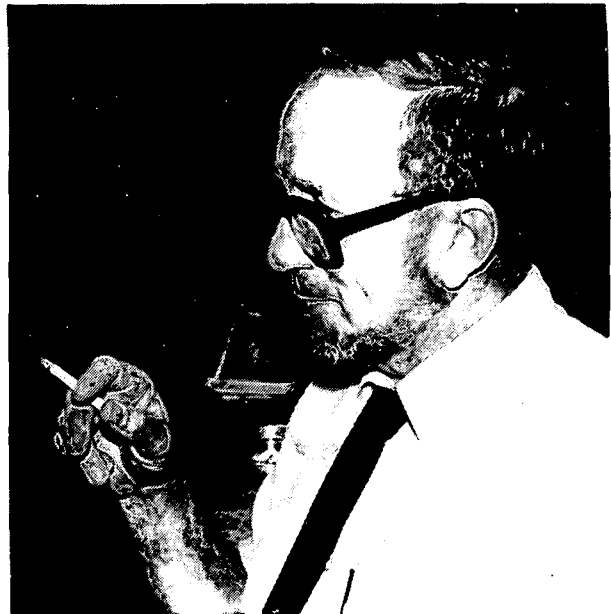
Materialen

In een tiental projecten is (wordt) COO-materiaal ontwikkeld voor gebruik op MS-DOS machines, gericht op de propaedeuse in het HBO. Bij alle cursussen wordt begeleidend schriftelijk materiaal geleverd.

Kenmerkend voor deze produkten is dat studenten die een opgave niet rechtstreeks kunnen oplossen, via hulpprogramma's naar een oplossing van die vragen worden geleid. Studenten die met een PC kunnen omgaan, kunnen de programma's zonder hulp van docenten doorlopen.

Hoewel ontwikkeld voor de propaedeuse van het HBO, kunnen sommige programma's ook interessant zijn voor het voortgezet onderwijs.

Tijdens de workshops bestond de mogelijkheid kennis te maken met de SCOOR-programma's 'Wiskunde', 'Natuurkunde' en 'Chemie en chemisch rekenen'; daarnaast waren de COO-programma's 'Eenheden' en 'Wiskunde voor de propaedeuse' aanwezig. Ruim 30 collega's maakten kennis met het materiaal. Speciaal voor het voortgezet onderwijs en het mbo heeft COO-Partners een aparte prijsstelling voor de COO-produkten ontwikkeld. Zo is het -in tegenstelling tot het HBO- mogelijk gemaakt dat scholen delen van COO-produkten aanschaffen. Voor alle produkten van COO-Partners geldt dat ze binnen een school die ze heeft aangeschaft, vrij gekopieerd mogen worden.



Scholingscursussen

COO-Partners verzorgt enkele malen per jaar cursussen voor docenten. Inlichtingen daarover geeft het secretariaat:
postbus 68, 3980 CB Bunnik; tel.: 03405-70062.

Implementatie van COO

COO-Partners willen scholen en docenten behulpzaam zijn bij het oplossen van problemen die zich bij invoering van COO kunnen voordoen:

- in de scholingsbijeenkomsten wordt aandacht besteed aan implementatie-problemen; daarnaast is individuele advisering mogelijk.
- jaarlijks worden door COO-Partners seminars georganiseerd, die vooral gericht zijn op het schoolmanagement.

Nieuwsbrief

COO-Partners geven enkele malen per jaar een Nieuwsbrief uit, die onder andere aan begunstigers van het Consortium COO-HBO gezonden wordt.

J.P. Paulides,
Verzetslaan 6, postbus 122,
8454 KL Mildam 8440 AC Heerenveen
tel.: 05130-31793

N.B. Werkadres Pabo Drachten is per 01.01.1990 vervallen

DMS in de natuurkundeles

Werkgroep 24

F. Kulik

Eén van de softwarepakketten die geleverd is in het kader van het NIVO-project is het Dynamisch Modellen Systeem programma. Met behulp van dit programma kunnen allerhande modellen worden beschreven. Door de vakgroep Natuurkunde Didactiek van de Rijksuniversiteit te Utrecht is een leerlingenboekje geschreven, dat tot doel heeft leerlingen kennis te laten nemen van een modelleertechniek in de natuurkunde.

In deze werkgroep zal iets verteld worden over de achterliggende ideeën bij het tot stand komen van dit boekje en over de uitkomsten van een onderzoekje dat we gedaan hebben bij leerlingen die met het NIVO-materiaal hebben gewerkt.

Verder zullen deelnemers worden uitgenodigd zelf een model op te stellen dat in een klassesituatie gebruikt zou kunnen worden.

NEMO IN 4-VWO

Werkgroep 25

J.W. Drijver



In deze werkgroep kregen de deelnemers gelegenheid zich een mening te vormen over het gebruik van rekenmodellen in de klas. Dit gebeurde aan de hand van lesteksten over de mechanica van de al dan niet vrije val, die ik voor 4-VWO heb geschreven en die gebruikt zijn bij het programma NEMO. Na een korte inleiding, waarbij o.a. mijn motivering aan de orde kwam en besproken werd in welk stadium van het curriculum met rekenmodellen in de klas werd begonnen, konden de deelnemers met de computer een uur lang de lesteksten doorwerken. Daarbij werd hen de vraag voorgelegd, hoe zij de leeropbrengst bij leerlingen inschatten, vergeleken met de leeropbrengst van de corresponderende vijf a zes "normale" lessen.

Als voorbeeld een deel uit de lestekst:

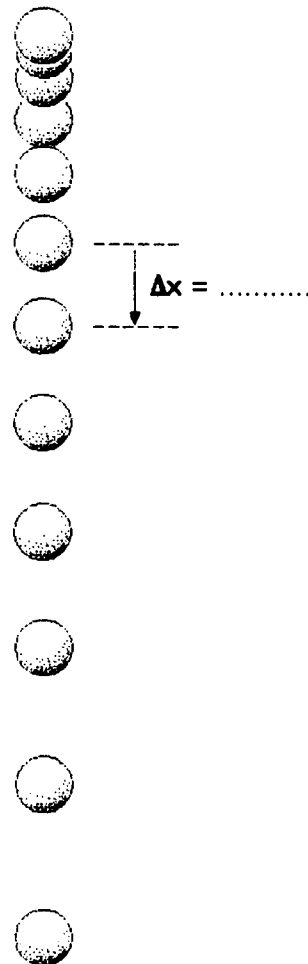
2.2 Vrije val

De tweede situatie betreft een honkbal die zónder merkbare luchtweerstand valt, met een versnelling van $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. De bal wordt vanaf een hoogte van 2,00 m uit stilstand losgelaten. Werk in je model met de definities van snelheid en versnelling. Gebruik de variabelen: t , x , v en g . Bedenk je model en ga daarbij uit van het model VALPROP. Voeg dus de gewenste modelregels toe. Voer ook de startwaarden in, neem weer 0 als startwaarde voor x .

- Laat NEMO een grafiek maken van x tegen t , en van v tegen t . Zoek een geschikte waarde voor Δt . Schets de verkregen grafieken.
- Noteer je model, en vergelijk het met het model VALBAL dat op schijf staat. Verbeter je model desgewenst.
- Teken ook, hoe je denkt dat de grafiek van v (verticaal) tegen x (horizontaal) er uit zal zien. Laat *daarna* de grafiek door NEMO maken. Klopt het??

Je zult opmerken, dat in het voorbeeldmodel VALBAL géén gebruik wordt gemaakt van de standaard-formules uit Scoop 3.3 voor plaats en snelheid bij een constante versnelling. Alleen de definities van $v (= \dot{x})$ en van $g (= \dot{v})$ worden gebruikt. Op deze manier blijft het

model zo algemeen mogelijk, en kan het gemakkelijk worden aangepast voor een beweging die *niet* eenparig versneld is. Zie b.v. de volgende 2.3.



- Bepaal met NEMO de valtijd van de bal, en bereken daaruit de snelheid waarmee de bal de grond treft. Vergelijk die snelheid met de waarde die je met NEMO vindt.

Volgens de theorie (Scoop 3.3) moet de grafiek van x tegen t een parabolvorm hebben, vanwege de aanwezigheid van t^2 in de formule $x = .g.t^2$. Deze formule wordt echter niet gebruikt in het model VALBAL.

- Klopt de grafiek op het scherm toch met de verwachte parabolvorm?
-

Uit de discussie achteraf bleek enerzijds veel enthousiasme voor het werken met rekenmodellen, maar anderzijds onzekerheid over de gestelde vraag (de leeropbrengst). Dit spoort wel met mijn eigen ervaring: pas na herhaald werken met rekenmodellen gaan leerlingen door de bomen het bos zien, en krijgen ze het idee dat ze iets leren waar ze wat aan hebben.

Gezien het feit dat maar weinig deelnemers ervaring met rekenmodellen hadden, lijkt me de werkgroep aardig geslaagd in zijn primaire opzet: kennismaking met het gebruik van rekenmodellen in de klas. Gezien het volstrekt nieuwe van het werken met rekenmodellen is het niet verwonderlijk dat vragen over de leeropbrengst nog onbeantwoord zijn. Daar naar is didactisch onderzoek dringend vereist, te meer omdat werken met rekenmodellen in het WEN-programma is opgenomen.

Op zoek naar heuristieken voor dynamisch modelleren

Werkgroep 26

Albert Moes

Het programma DMS is enige jaren op de scholen aanwezig. De eerste ervaringen met het werken met dynamische modellen in natuurkunde-lessen zijn opgedaan. Nu wordt het tijd ons af te vragen wat de mogelijkheden en de voordelen van zo'n programma bij het vak natuurkunde kunnen zijn. Met andere woorden: op welke manier kun je het in je lessen gebruiken? en: wat kunnen leerlingen er dan mee leren? Een zinvolle manier is volgens ons om leerlingen zelf dynamische modellen van probleemsituaties te laten opstellen en bestuderen.

In de werkgroep konden deelnemers, van wie enige ervaring met DMS of een ander modelleerprogramma werd verwacht, zelf bij wijze van voorbeeld het proces van een volkomen veerkrachtige botsing modelleren. Hierbij gebruikten ze het programma NEMO, een aan de RUU ontwikkelde versie van DMS. Voorafgaand werd een korte inleiding gehouden over de structuur van dynamische modellen.

Uit de inleiding

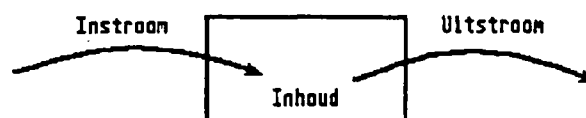
Een model is in het algemeen een afbeelding van de werkelijkheid, die eenvoudiger is dan de werkelijkheid zelf en die met een bepaald doel gemaakt is. Je kunt hierbij denken aan schaalmodellen van gebouwen en vliegtuigen, maar ook aan didactische modellen: modellen van moleculen, van de bloedsomloop, van de aardkorst of van een groeieconomie. Een model kan een plaatje zijn, een driedimensionale weergave, of een beschrijving. Modellen in NEMO hebben een aantal speciale kenmerken:

- Een NEMO-model is een wiskundige beschrijving: je maakt gebruik van grootheden die je kunt tellen of meten.
- Een NEMO-model beschrijft een proces, waarbij de waarden van grootheden in de loop van de tijd veranderen.
- Een NEMO-model beschrijft een systeem: wat hoort er precies bij het proces dat je modelleert? Welke invloeden "van buiten" beschrijf je? Welke niet?



In NEMO wordt het proces beschreven door het te verdelen in kleine tijdstapjes. Het model bestaat uit rekenregels. Zo'n regel schrijft voor hoe in één tijdstapje de waarde van een grootte zich ontwikkelt. In het algemeen kun je een dynamisch model beschouwen als een numerieke benadering van een stelsel gekoppelde, gewone differentiaalvergelijkingen. In een complex systeem zijn onderdelen, bouwstenen te herkennen die corresponderen met eenvoudige differentiaalvergelijkingen.

Een voorbeeld van zo'n bouwsteen is een reservoir waar wat (materie, energie, lading...) instroomt en ook wat uitstroomt. Daarbij hoort een eerste-orde differentiaalvergelijking. Essentieel bij dergelijke bouwstenen is het verschil tussen de reservoir-grootte en de stroom-grootte.



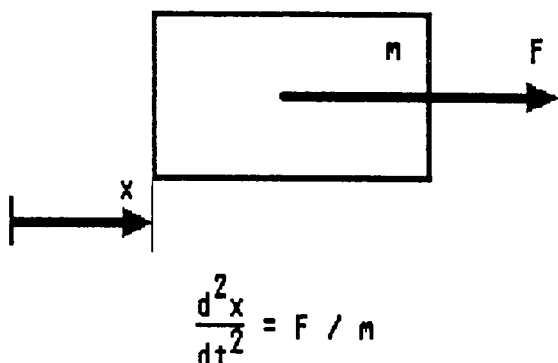
$$\frac{d\text{Inhoud}}{dt} = \text{Instroom} - \text{Uitstroom}$$

figuur 1

Een geheel andere, vaak voorkomende, bouwsteen is de beweging van een massa in één dimensie. Daarbij hoort een tweede-orde differentiaalvergelijking.

Wanneer je een model maakt van een situatie, ga je eerst op zoek naar deze bouwstenen. Vervolgens probeer je te beschrijven hoe ze aan elkaar gekoppeld zijn. Door op zo'n manier naar systemen te kijken, kun je ook van zeer complexe situaties modellen maken. Wanneer leerlingen zelf dergelijke modellen maken, zouden ze verschillende dingen kunnen leren. Enerzijds verwerven ze vaardigheden in het redeneren over en oplossen van complexe problemen.

Anderzijds krijgen ze mogelijk een beter begrip van de grootheden die in de modellen voorkomen. Of deze leereffecten inderdaad optreden is een vraag waar nog weinig over bekend is.



figuur 2

Zelf werken

Aan de hand van een werkblad konden de deelnemers een model opstellen van een volkomen elastische botsing. Met zo'n model kun je het verloop van de botsing zelf volgen, je ziet meer dan alleen de toestanden voor en na de botsing. Dit werkblad was eerder met 5-VWO-leerlingen uitgetoetst, onder meer om te zien of een dergelijk complex geheel door leerlingen zelf kon worden opgesteld. Onze ervaringen waren tamelijk positief. Het expliciet maken van verwachtingen omtrent het proces en het voorspellen van uitkomsten speelt in het werkblad een grote rol.

Discussie

In de afsluitende discussie waren veel deelnemers benieuwd naar de verschillen tussen DMS en NEMO en de beweegredenen om NEMO te ontwikkelen. NEMO verschilt vooral van DMS in het gemak en de snelheid van de bediening, verder is het in grote trekken hetzelfde. Hiermee is ook de reden van het ontstaan van NEMO aangegeven: om basis van ervaringen met DMS in de klas geloven we dat er mogelijkheden zijn bij het vak natuurkunde op een zinnige manier met een modelleerprogramma te werken. Maar als we precies willen weten wat leerlingen er mee doen en wat ze er van leren is DMS niet geschikt, omdat er te veel bedieningsproblemen optreden.

De Trage Inbreker

Werkgroep 27

M. Galema

Als onderdeel van het NIVO-project is op de vakgroep Didactiek van de Natuurkunde van de Rijksuniversiteit Utrecht het programma "De Trage Inbreker" ontwikkeld. In tegenstelling tot veel courseware (educatieve software), is de Trage Inbreker ontwikkeld vanuit een bewuste didactische visie op het gebruik van computers in het onderwijs. Hierbij stonden begripsproblemen en begripsverandering centraal en niet zozeer de technische mogelijkheden van de computer. Het programma is sinds enige tijd tegen een gereduceerde prijs te koop bij Malmberg.

In de workshop zal kort worden verteld hoe de ontwikkeling van de Trage Inbreker tot stand is gekomen en welke ideeën daaraan ten grondslag lagen. Verder zal een groot deel van de tijd in beslag worden genomen door het zelf werken met het programma en bijbehorend lesmateriaal. Afsluitend is er een plenaire discussie over de plaats en het gebruik van gesloten software in het onderwijs.



Modelleren met NEMO

Werkgroep 28

Albert Moes

Sinds enige tijd is er belangstelling voor het gebruik van modelleerprogramma's in het natuurkunde-onderwijs. Met dergelijke programma's kun je zelf dynamische modellen (ook wel: dynamische simulaties) van allerlei situaties maken. Dergelijke modellen vinden toepassing in vele vakgebieden, bijvoorbeeld meteorologie, econometrie, biologie of meet- en regeltechniek. Met het programma NEMO kunnen leerlingen in het voortgezet onderwijs op een simpele manier zelf modellen maken en bestuderen.

In de werkgroep kregen deelnemers de mogelijkheid kennis te maken met NEMO en met het zelf opstellen van dynamische modellen om zich op die manier een beeld te vormen van de mogelijkheden van een dergelijk programma in hun eigen onderwijs. De werkgroep bestond uit een algemene inleiding over dynamische modellen, gevolgd door zelf werken met NEMO en een discussie.

Uit de Inleiding:

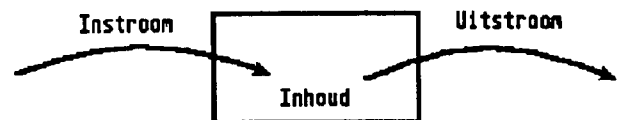
Een model is in het algemeen een afbeelding van de werkelijkheid, die eenvoudiger is dan de werkelijkheid zelf en die met een bepaald doel gemaakt is. Je kunt hierbij denken aan schaalmodellen van gebouwen en vliegtuigen, maar ook aan didactische modellen: modellen van moleculen, van de bloedsomloop, van de aardkorst of van een groeieconomie. Een model kan een plaatje zijn, een drie-dimensionale weergave, of een beschrijving. Modellen in NEMO hebben een aantal speciale kenmerken:

- Een NEMO-model is een wiskundige beschrijving: je maakt gebruik van grootheden die je kunt tellen of meten.
- Een NEMO-model beschrijft een proces, waarbij de waarden van grootheden in de loop van de tijd veranderen.
- Een NEMO-model beschrijft een systeem: wat hoort er precies bij het proces dat je modelleert? Welke invloeden "van buiten" beschrijf je? Welke niet?

In NEMO wordt het proces beschreven door het te verdelen in kleine tijdstapjes. Het model bestaat uit rekenre-



gels. Zo'n regel schrijft voor hoe in één tijdstapje de waarde van een grootte zich ontwikkelt. Deze regels beschrijven hoe het systeem zich van de ene toestand naar de volgende ontwikkelt. Een voorbeeld van zo'n regel is die voor de inhoud van één of ander reservoir, waar iets (vloeistof, konijnen, lading, energie...) in stroomt en ook iets uit stroomt:



$$\text{Inhoud}_{\text{nieuw}} = \text{Inhoud}_{\text{oud}} + (\text{Instroom} - \text{Uitstroom}) * dt$$

In feite is zo'n modelregel niets anders dan een benadering van de differentiaalvergelijking die het gedrag van de grootte Inhoud beschrijft:

$$d(\text{Inhoud})/dt = \text{Instroom} - \text{Uitstroom}$$

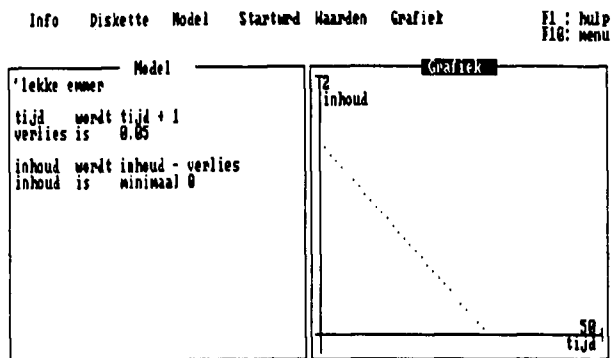
Toepassingen van dit soort modellen lijken vooral in de mechanica voor het oprapen te liggen, maar ook bij andere onderwerpen zijn ze zeer goed te gebruiken. Je kunt dergelijke modellen als docent demonstreren of ze door leerlingen zelf op laten stellen. Vooral de laatste mogelijkheid is volgens ons veelbelovend.

De zelfwerkzaamheid

Aan de hand van een werkblad konden de deelnemers zelf met NEMO aan de slag om model op te stellen van een simpel systeem: een emmer met water die leegloopt door een gat in de bodem. Daarbij kwamen opdrachten voor als:

- Welke aanname zou je maken voor de hoeveelheid water die er telkens uit de emmer stroomt? Is die constant of hangt die ergens vanaf? Hoe kun je de grootte van "verlies" in het model aangeven?

- Maak het model compleet door een modelregel toe te voegen die beschrijft welke waarde "verlies" telkens krijgt.
- Bekijk welke resultaten het model oplevert door een tabel en een grafiek te maken. Vind je de uitkomsten aanmerkelijk?



F2: horizontale as F3: verticale as F4: start F5: vervolg F6: wis

Behalve met dit simpele model, konden de deelnemers ook met meer complexe modellen aan de slag: op diskette stonden enkele modellen uit de mechanica. Ze konden deze bestuderen en uitbreiden en zo bijvoorbeeld de invloed van een wrijvingskracht onderzoeken.

Fysische Informatica

Hoera!

Werkgroep 29

J.H.Klooster

De bedoeling van deze werkgroep was, mijn ervaring met het lesgeven in de fysische informatica in de tweedeklas in een wat bredere kring bekend te maken. Vooruitlopend op de conclusies die we getrokken hebben, mag ik wel stellen dat het voor beide partijen een stimulerende lessen-serie was.

Eerst even een kennismaking met de hoofdrolspelers:	
De leerlingen:	twee groepen tweedeklassers (Ath.) elk van ca. 25 leerlingen.
de school	het Dr.Nassaucollege; een scholengemeenschap van ca. 1400 leerlingen voor mavo, havo en atheneum in Assen.
het personeel:	Jan Klooster, de 'normale' natuurkundeleraar (Wel met een zeker enthousiasme voor computers). Jelle de Boer, een minstens even enthousiaste medewerker van de RU van Groningen.
initiator:	dr. J.F. Schröder, hoofd afdeling vakdidactiek van de natuurkunde van de RUG.
apparatuur:	MFA (Microphysics For All) van Salm en Kipp BV.

Het doel van het experiment was ervaring op te doen met het onderwijs in de fysische informatica en daarbij vooral te letten op de reactie van de leerlingen.

Bij de uitvoering hebben we gekozen voor een cursus van ca. 12 lessen met een sterk praktisch accent. De lessen-serie is gebaseerd op de MFA apparatuur die op de RUG aanwezig was, en de lesstof die de leerlingen mee naar huis kregen was een uittreksel uit de engelstalige handleiding. Omdat het hier een eerste experiment betrof verkeerde ik in de riante positie dat ik er niet alleen voor stond: Jelle de Boer kende de apparatuur door en door en samen hebben we een (vertaald) uittreksel uit de handleiding gemaakt. Een tweede versie van deze vertaling wordt nu door de fa. Salm en Kipp meegeleverd bij de apparatuur.



Zoals U aan bijgaand tekening van de lay-out van het experimenteerbord kunt zien, komen zeer veel van de onderwerpen uit het WEN-rapport aan de orde, zoals sensoren, actuatoren, poorten, geheugenlocatie en geheugeninhoud en samenhangend daarmee ook: binair en hexadecimaal talstelsel, bit en byte.

Het is verrassend te zien hoe onze tweedeklassertjes die nog amper de definitie van de meter kenden, hiermee aan het stoeien gingen: binnen de kortste tijd hadden ze de basisprincipes onder de knie en al gauw kwamen ook de wat ingewikkelder schakelingen te voorschijn zoals een uit-schakelbaar inbraakalarm en een bel die alleen werkt als het licht is.

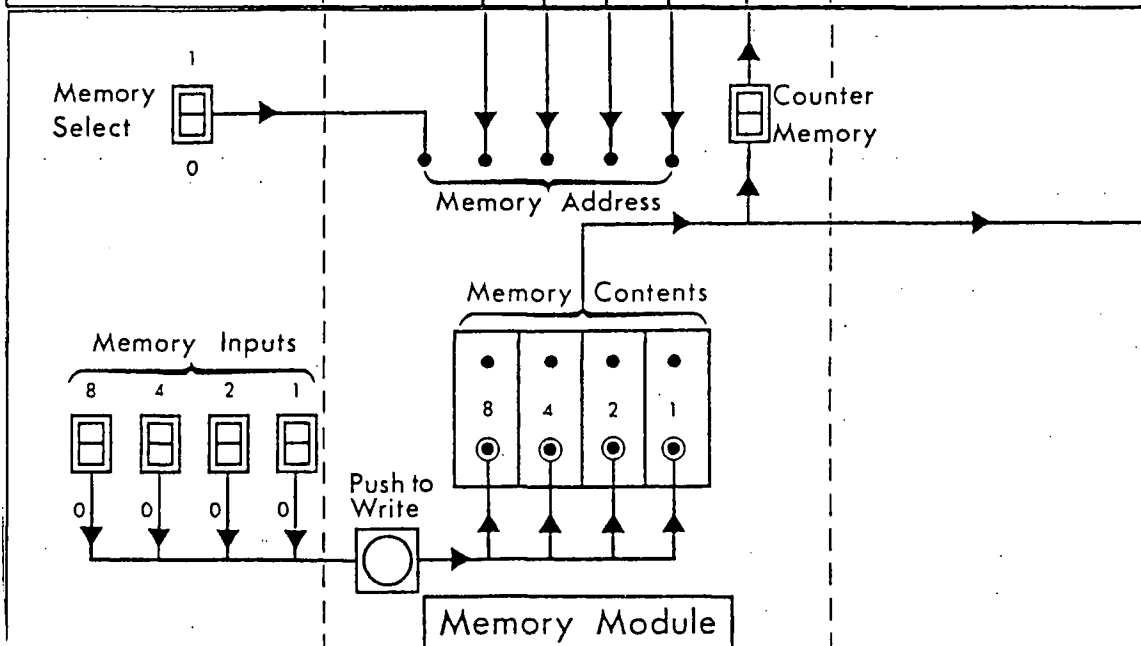
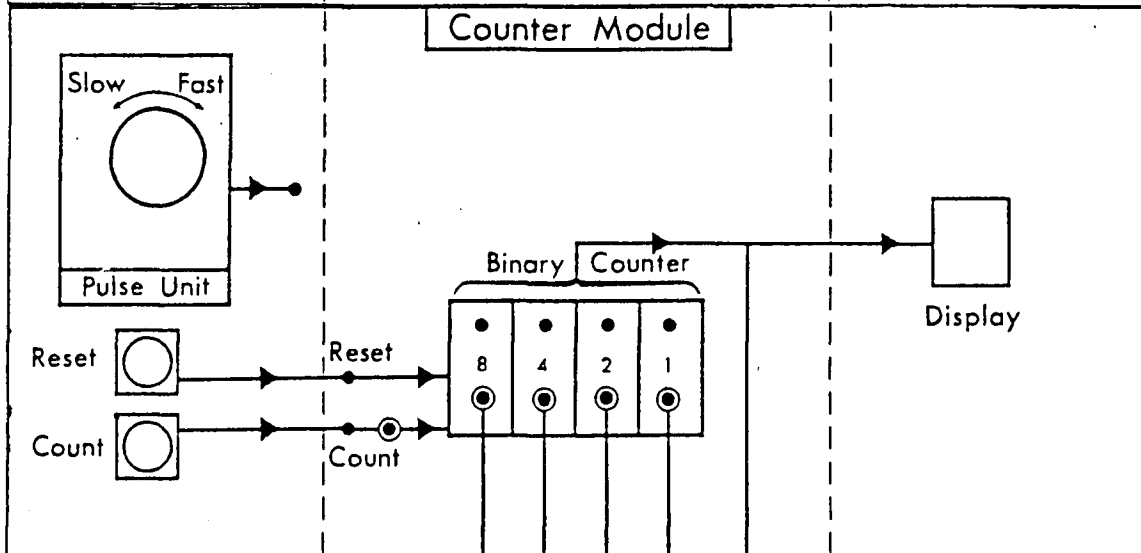
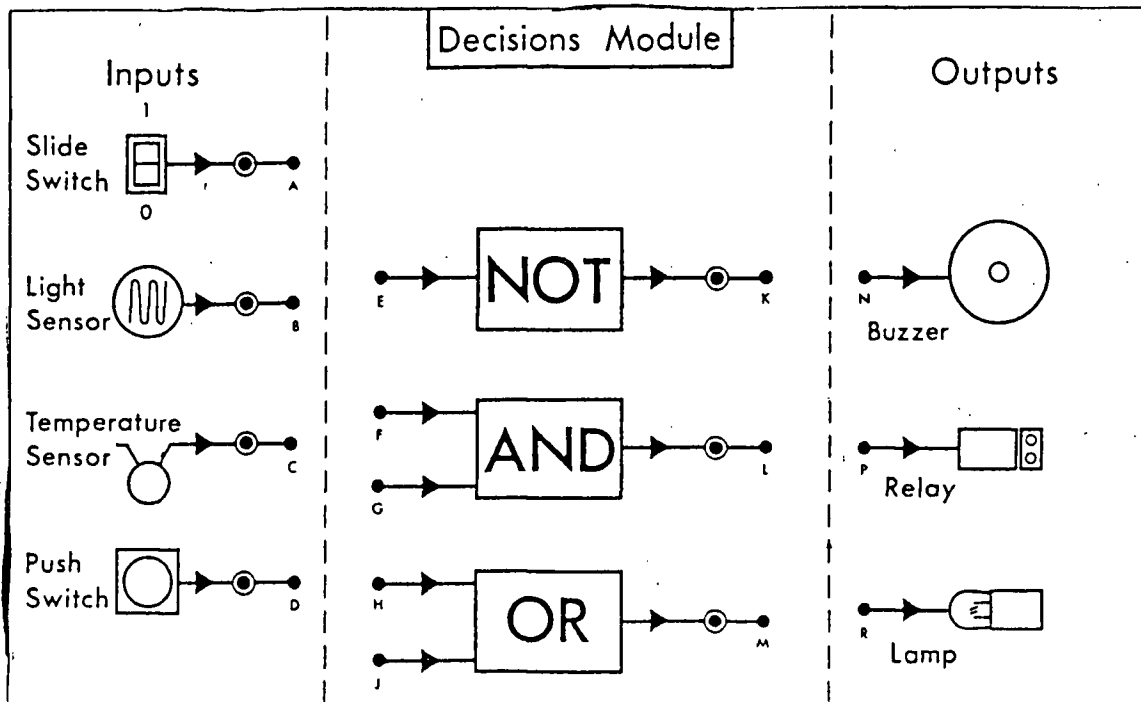
Overigens, kunt U met de afgebeelde poorten een geheuelement voor 1 bit bouwen dat ook nog gereset moet kunnen worden? Dit was een van de wat moeilijkere vragen!

Wat niet op tekening staat afgebeeld is een bewegingsmodule: deze bestuurt een LEGO-karretje en als de leerling nu door heeft hoe hij met het geheugen kan spelen, dan moet hij in staat zijn het karretje zijn wil op te leggen en hem een vierkantje te laten rijden. Met enige begeleiding (hier zijn leraren en medeleerlingen toch weer nuttig) bleken ze hier best uit te komen. Daarvoor moeten ze een minicomputer programmeren op het niveau van nullen en enen waarbij ze dan ook nog een lus in het programma hebben moeten invoeren.

Onze ervaring is dat de leerlingen het een uitdaging vinden de schakelingen zelf uit te zoeken en uit te testen. Het merendeel kwam, mede door de stimulerende apparatuur, tot erg leuke resultaten.

Een slotopmerking nog m.b.t. de MFA borden: een nadeel vind ik dat er geen AD-converter en een transistor op voorkomen, maar het feit dat LED's direct zichtbaar maken of een uitgang hoog, dan wel laag is, stimuleert de leerlingen anderzijds weer tot snel en overzichtelijk werk.

Onze ervaringen? Fysische informatica ... Doen!



Over het meten van een elektrocardiogram en andere computertoepassingen

Werkgroep 30

E. de Vries

In deze werkgroep is een drietal onderwerpen behandeld:

1. het meten van een elektrocardiogram;
2. een programma om grafieken te tekenen;
3. een tweetal programma's voor simuleren van een trillende snaar en lopende golven.

Het programma 'meten van een elektrocardiogram' is samen met de sectie biologie ontwikkeld. In het verleden was het mogelijk om zeer primitief een elektrocardiogram (ecg) te tonen op een schrijver. De aanwezige voorversterker was zeer primitief en aan het ecg waren vrijwel geen bijzonderheden te zien: het werd al als een succes ervaren als er iets van een polsslagen zichtbaar was.

De bekende meetinterface van de Universiteit van Amsterdam is geschikt voor het meten van spanningen in het gebied van 0 tot 5 volt of van 0 tot 1 volt. Voor zeer veel experimenten is het nodig een signaal flink te versterken voordat er met deze meetinterface metingen gedaan kunnen worden. Op onze school, de Stedelijke Scholengemeenschap in Leeuwarden, is een voorversterker ontwikkeld met de volgende kenmerken:

1. de versterking is in trappen instelbaar op 10 x, 100 x en 1000 x;
2. de versterking is bovendien continu instelbaar;
3. er is een offset-instelling mogelijk, zodat verschillen gemeten kunnen worden;
4. twee kanalen: bij veel experimenten zijn 2 kanalen noodzakelijk;
5. als extra is het omzetten van een kleine wisselspanning in een blokspanning op TTL-niveau mogelijk;
6. de versterker is zowel mechanisch als elektronisch robuust uitgevoerd.

Het schema en verdere bijzonderheden over deze versterker zijn bij mij aan te vragen. Belangstellenden met enige handigheid op het gebied van elektronica kunnen de versterker nabouwen.

Om een ecg te kunnen meten is nog een extra voorversterker ontwikkeld, gevoed door twee 9 V batterijtjes. (N.B.: hierover is geen documentatie beschikbaar).



Vervolgens is een programma ontwikkeld om het meten van een ecg mogelijk te maken. Dit programma heeft de volgende kenmerken:

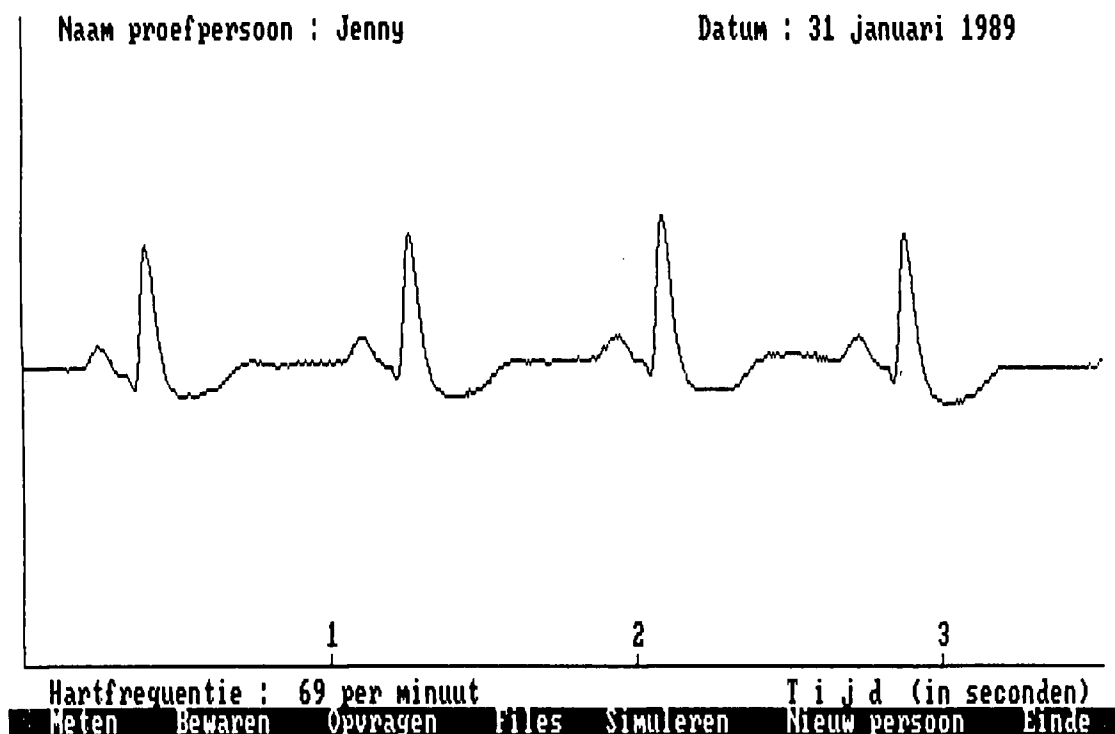
1. Het is eenvoudig te bedienen - eenvoudiger dan IP-COACH 1.0 (en dus veel eenvoudiger dan IP-COACH 2.0). Het programma moet ook eenvoudig te bedienen zijn door docenten die niet vaak met computerprogramma's omgaan. Bovendien moet er van worden uitgegaan dat het vertonen van een ecg waarschijnlijk slechts één maal per jaar zal voorkomen. Het programma kent een eenvoudige menustructuur: commando's worden gekozen door de eerste letter van het commando in te toetsen. Te allen tijde zijn de beschikbare commando's op het scherm zichtbaar.
2. "Real time" wordt bij het meten het ecg op het scherm getoond. Daarnaast wordt de hartfrequentie op het scherm vermeld en bij elke hartslag wordt een piepje hoorbaar.
3. De metingen kunnen op compacte, snelle wijze op schijf worden opgeslagen. Ook de naam van de proefpersoon en de datum waarop de meting plaats vindt worden opgeslagen.
4. Er is een simulatie-mogelijkheid. Dit betekent dat eerdere metingen van schijf gelezen kunnen worden en op het scherm zichtbaar gemaakt alsof er echt gemeten wordt - inclusief piepjes en bepaling van de hartfrequentie.

Tenslotte iets over de resultaten. De gemeten ecg's vertonen zeer veel bijzonderheden. Zie bijgaande fig. 1.

Al snel bleek dat er bij het meten veel verschillen optreden. Zo is meestal de scherpe piek omhoog, maar soms omlaag. Ook verder zijn er vele verschillen waarneembaar: meer of minder "heuvels" en "dalen". Het is dan ook uiterst belangrijk dat men kan beschikken over een aantal eerder opgenomen ecg's. Deze kunnen dan eerst worden vertoond voordat er een ecg van een leerling wordt gemeten. In de werkgroep heerste de mening dat het meten van een ecg bij een leerling zeker wel ethisch toelaatbaar is, mits er een goede voorbereiding aan voorafgaat.

Naam proefpersoon : Jenny

Datum : 31 januari 1989



figuur 1 Een voorbeeld van een eeg

Het programma voor het vertonen van de eeg's is beschikbaar (inclusief broncode in Turbo Pascal). Verder zijn er ook vele eerder opgenomen eeg's aanwezig.

DATAPLOT is een programma voor het verwerken van meetgegevens. De gegevens kunnen in de vorm van grafieken op het scherm worden weergegeven. Het programma is ontwikkeld mede uit onvrede over het programma PC-Grafiek uit het NIVO-startpakket. PC-Grafiek is een programma voor "business graphics", waarbij de meetpunten worden verbonden door rechte lijnstukken. In het besproken programma is het mogelijk regressie-analyse toe te passen en dan een "vloeiende kromme" te tekenen die zo goed mogelijk bij de meetpunten past. Er kan worden gekozen uit 3 verschillende methoden van regressie:

1. een polynoom van ten hoogste 10e graad;
2. een macht $y=ax^n$, met n tussen -2 en 10 (grenzen inbegrepen) - voor $n=-1$ krijgt men een omgekeerd evenredig verband (denk aan de Wet van Boyle) en voor $n=-2$ bijv. de kwadratenwet bij straling;
3. exponentiële functie: ontladen condensator, absorptie, radioactief verval.

Nadat de regressie-analyse is uitgevoerd kan de grafiek van de gevonden functie samen met de meetpunten worden geplote. Hierna zijn er vele mogelijkheden, die voor natuurkundige experimenten handig kunnen zijn, zoals:

1. helling bepalen - de raaklijn wordt getekend in de grafiek en de formule van de raaklijn wordt gegeven;
2. integreren;
3. oppervlakte bepalen - op het scherm wordt een deel "in gekleurd";
4. nulpunten bepalen;
5. extreme waarden bepalen.

Daarnaast kan de grafiek worden geprint of bewaard op schijf voor gebruik in andere programma's, er kan een raster worden getekend, de assen kunnen worden getekend en tenslotte kan de vorige grafiek worden zichtbaar gemaakt (zie fig. 2 t/m 4).

Wat de invoer van gegevens betreft zijn er vele mogelijkheden. Als men een experiment heeft uitgevoerd met bijvoorbeeld 10 paren meetpunten, dan is het het eenvoudigst om de gegevens via het toetsenbord in te voeren. Wijzigen van gegevens is altijd mogelijk. Grote hoeveelheden gegevens kunnen ook met Uw favoriete tekstverwerker worden ingevoerd, omdat de gegevens in de vorm van een ASCII-file worden opgeslagen. Daarnaast is het mogelijk diverse soorten bestanden gemaakt met andere programma's te importeren.

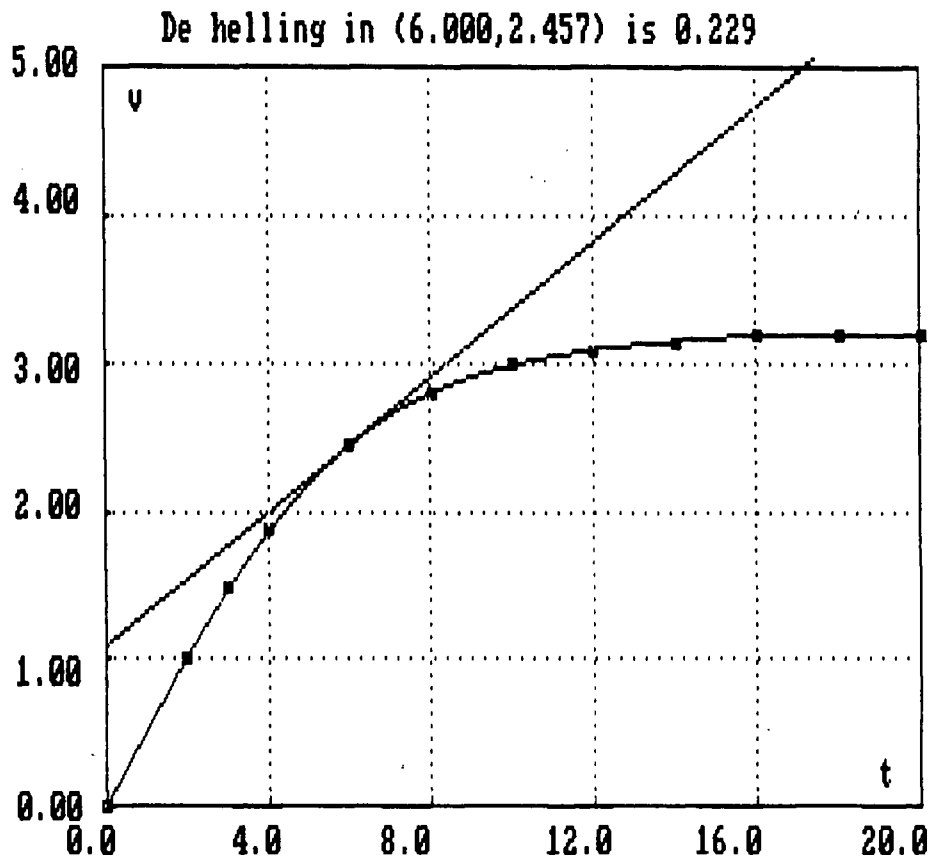
Importeren is mogelijk uit IP-COACH 1.0, IP-COACH 2.0, DMS en bovendien kunnen z.g. "mailmerge"-bestanden worden gelezen.

Het programma is door middel van een configuratie-bestand aan te passen aan de wensen van de gebruiker. Zo kunnen de kleuren, het aantal decimalen en de paden voor de gegevensfiles en de programma's worden aangepast. Het programma gaat vergezeld van zeer uitgebreide documentatie, een tutorial, uitleg fouten en diverse voorbeelden van gegevensfiles. Ook de broncode (in Turbo Pascal) is beschikbaar.

Tenslotte werd in de werkgroep een tweetal programma's gedemonstreerd voor simulatie van lopende golven en een trillende snaar. Het simuleren van een fysisch verschijnsel is alleen zinvol als het verschijnsel zelf moeilijk te demonstreren valt. Bij lopende golven is dat het geval. Uiteraard zullen we leerlingen eerst de bekende demonstratieproeven van lopende golven met interferentie en terugkaatsing aan vaste en vrije uiteinden laten zien. Helaas laten deze proeven niet toe om allerlei bijzonderheden heel precies en langzaam te observeren.

M E N U

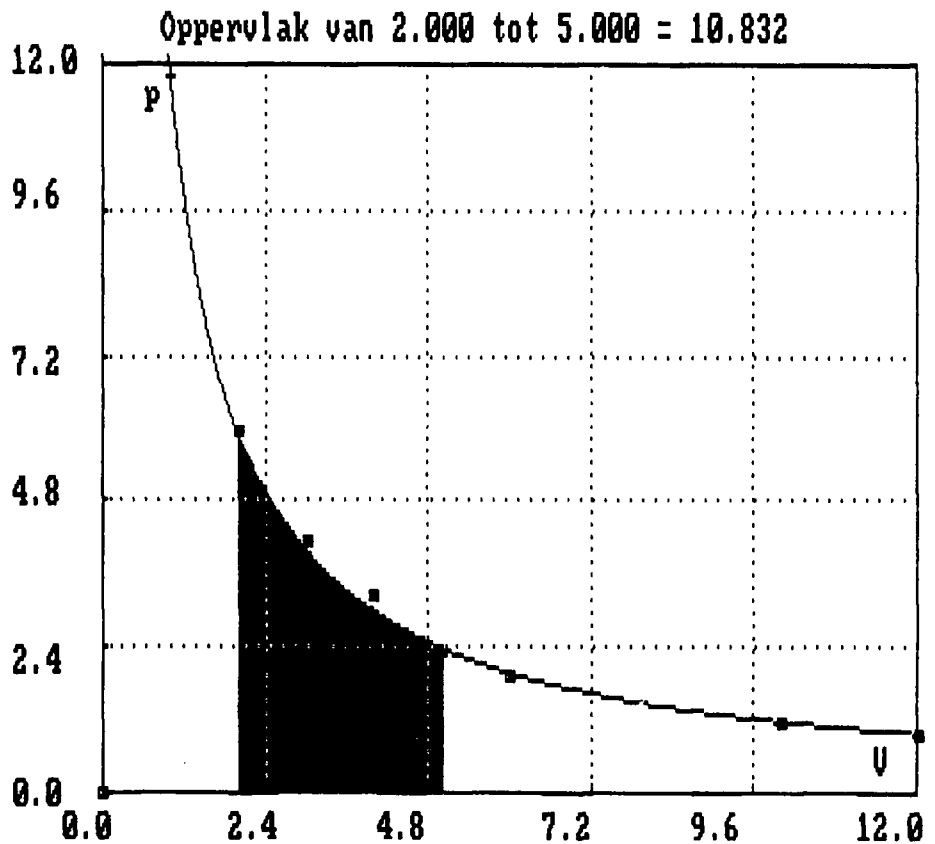
- Helling
- Integreren
- Nulpunten
- Extreme waarden
- Oppervlakte
- Grafiek printen
- Schermbewaren
- Assen tekenen
- Raster uit
- Vorige grafiek
- Terug



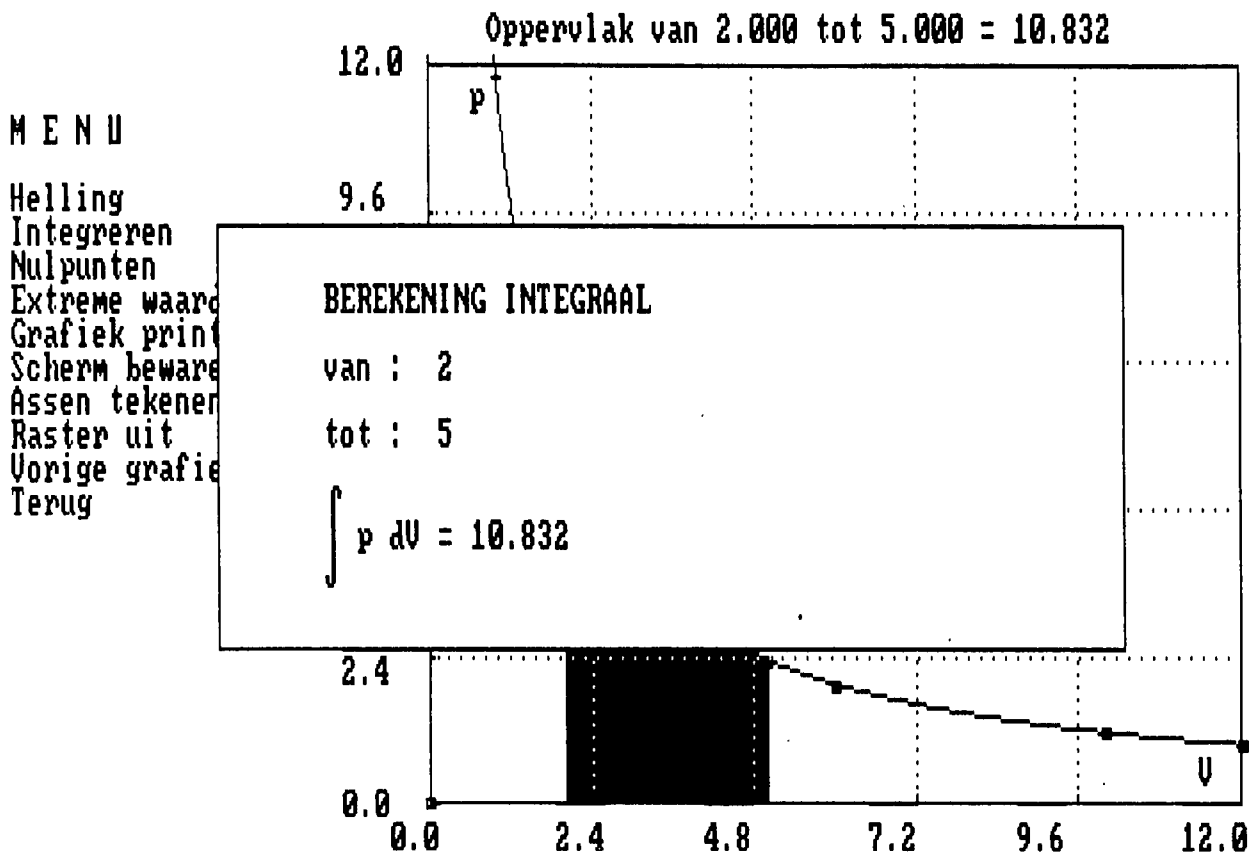
figuur 2 De richtingscoëfficiënt bepalen

M E N U

- Helling
- Integreren
- Nulpunten
- Extreme waarden
- Grafiek printen
- Schermbewaren
- Assen tekenen
- Raster uit
- Vorige grafiek
- Terug



figuur 3 Het oppervlak berekenen



figuur 4 Integraal

In leerboeken treffen we dan ook meestal een serie tekeningen aan om een en ander duidelijk te maken. Het beschreven programma kan hier hulp bieden. In dit geval is simulatie dunkt me heel zinvol. In het programma wordt steeds de differentiaalvergelijking voor de lopende golven opgelost: er is dus geen sprake van het "verschuiven" van een grafiek van een sinusfunctie over het scherm.

De volgende opties zijn aanwezig:

1. lopende golf zonder terugkaatsing;
2. interferentie van twee lopende golven;
3. lopende golf met terugkaatsing aan een vast uiteinde;
4. lopende golf met terugkaatsing aan een los uiteinde;
5. staande golven.

Bij al deze opties kan men zelf allerlei instellingen opgeven. Zo is bijvoorbeeld fraai te observeren hoe lopende golven overgaan in staande golven door een kleine amplitude te kiezen en het uiteinde zeer vaak te laten trillen. Hierbij is ook op te geven hoeveel golflengten het koord lang is. Resonantie is zo goed te demonstreren. Ook kam men nagaan wat er gebeurt als de lengte van het koord niet precies een geheel aantal halve golflengten is (bij een koord met twee vaste uiteinden). De mogelijkheid staande golven gaat uit van een beginstand van het koord. Deze beginstand is steeds een sinusfunctie: dit is in feite een simulatie van de proef van Melde.

Uitgebreidere mogelijkheden heeft een ander programma voor het vertonen van een trillende snaar. Met dit programma kan een bepaalde beginstand worden ingelezen en daarna wordt zichtbaar gemaakt hoe de snaar verder trilt vanuit die beginstand. Een beginstand die aanleiding

gaf tot veel discussie was een driehoeksvorm. Hoe ontwikkelt die zich in de tijd? Ook een niet gelijkbenige driehoek als beginstand is een interessant "computer-experiment". Deze programma's kunnen helpen om de ervaringen met lopende en staande golven belangrijk uit te breiden. Het resultaat zal hopelijk een beter begrip van dit onderwerp zijn.

Bij de werkgroep bleek er veel belangstelling te zijn voor de vertoonde programma's. Belangstellenden kunnen twee 5 inch diskettes toegestuurd krijgen als ze f 25.- overmaken op gironummer 1004330 t.n.v. E. de Vries, Hurdegaryp onder vermelding van "diskettes Woudschoten". Helaas kan ik geen 3 inch diskettes toesturen.

?? Even VANACOM schrijven !

Werkgroep 31

P. Mazereeuw

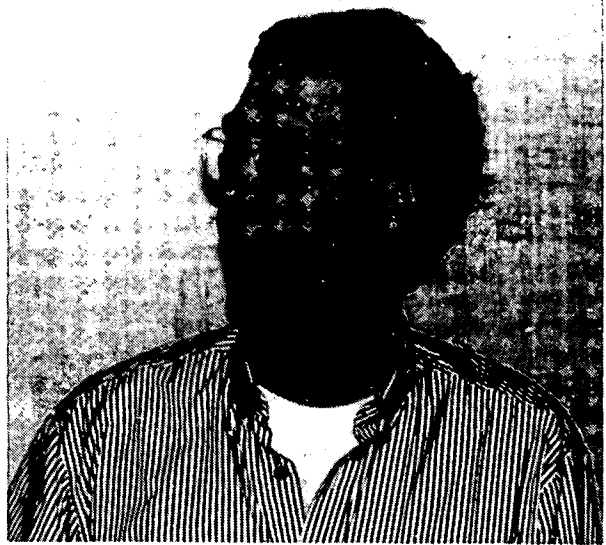
VANACOM ("Vakwerkgroep Natuurkunde en Computer") is in 1986 opgericht en met name door de recente ontwikkelingen, afgelopen jaar september nieuw leven in-geblazen. De werkgroep wil haar activiteiten onder andere gaan richten op het beoordelen en verspreiden van practicummateriaal, workshops en studiedagen organiseren en zij vooral een platform bieden voor docenten die te maken hebben of krijgen met computers en informatica in hun natuurkunde-onderwijs.

In de werkgroep worden de mogelijkheden van het gebruik van computers belicht en worden de deelnemers in de gelegenheid gesteld aan de hand van demonstraties enkele toepassingen met de bekende UIA-kaart uit te voeren. Er zal eveneens de mogelijkheid geboden worden van gedachten te wisselen over het nieuwe in te voeren vakonderdeel Fysische Informatica.

Creativiteit inzetten voor inzicht

Werkgroep 32

H. Vos



1. Inleiding

Creatieve technieken zijn methoden die leiden tot een bewust gebruik van creativiteit. Via bepaalde creatieve technieken is het mogelijk de creativiteit van leerlingen te richten op het verhogen van hun begripsniveau. In de werkgroep hebben we enige oefeningen gedaan om ons bewust te worden hoe creatieve technieken werken en hoe je creativiteit kunt sturen. De creatieve technieken werden hier gebruikt om het begripsniveau *over creativiteit zelf* te verhogen, waarbij in de oefening wel gebruik gemaakt werd van materiaal dat algemeen natuurkundig van aard is (een schema).

2. Creativiteit

Creativiteit is naar haar oorsprong nauw verwant met initiatief en zelf doen. Het is het combineren van reeds bekende dingen of ideeën, die tevoren niet verbonden waren, tot een nieuw geheel. Creativiteit wordt vaak gebruikt om een probleem (relatief eenvoudig) op te lossen. Het gaat dan om het creatieve product. Ons gaat het meer om creativiteit als een proces dat een middel is om een doel (niveauverhoging) te bereiken. Het gaat ons hier dus om de ontwikkeling van de leerling, en niet om een ontwikkeling van het vak.

2.1 Fasen in het creatieve denkproces.

In het creatieve denkproces onderscheiden we 5 fasen, die alle bewust gehanteerd moeten worden om de beste resultaten te krijgen:

1. Voorbereiding

Het verzamelen van feiten en kennis en het toepassen van bekende vaardigheden. Analytisch denken. Herformuleren van het geanalyseerde probleem. Het gebruiken van standaardoplossingen.

2. Inspanning is geen standaardoplossing, er is wel een probleem en een uitdaging om dat op te lossen. Deze fase leidt tot oplossingsideeën (denk-creativiteit) of tot frustratie. (Frustratie is een belangrijke aspect in het creatieve denkproces. Zij wordt gewoonlijk gevolgd door de productie van werkelijk goede ideeën).

3. Incubatie

Het probleem wordt overgelaten aan het onderbewuste: rijping, verzwakking van blokkades, ideeën oppikken. Bewuste afleiding zoeken, met andere dingen bezig zijn. Oplossingsideeën komen naar boven terwijl je met iets anders bezig bent (actie-creativiteit).

4. Inzicht

Hier treedt een flits van inzicht op, een ingeving die het antwoord geeft en tot mogelijke oplossingen leidt (heureka-creativiteit). In deze fase treedt ontspanning op.

5. Verificatie

Analytische uitwerking en evaluatie van ideeën uit fasen 2, 3 en 4. Mogelijke oplossingen ontwikkelen, uitwerken, toetsen.

De sleutel tot succesvol creatief denken is het bewust en weloverwogen scheiden van ideeënproductie (fase 2, 3 en 4) en ideeënevaluatie (fase 5). De volgorde waarin de fasen doorlopen worden kan erg wisselen. Ook zijn vaak meerdere deelproblemen te onderscheiden waardoor het oplossingsproces in een spiraal verloopt.

2.2 Hoe niveauverhoging bereiken met creativiteit

Wil creativiteit bij leerlingen bruikbaar zijn in het onderwijs dan moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan. We hebben de volgende relevante voorwaarden opgespoord die vervuld moeten zijn.

doel

1. Het *doel* moet duidelijk zijn aan de leerlingen. De leerlingen moeten weten dat het de bedoeling is om creativiteit te gebruiken bij het verhogen van hun niveau.

uitdaging

2. Er moet een *uitdaging* tot creativiteit zijn. Het initiatief moet bij de leerlingen liggen. De docenten mogen niet "voorzeggen".

basiskennis vak

3. Er is een *basis* van voldoende vakinhoudelijke kennis (of voorkennis) nodig (voor fase 1, 3 en 5).

zelfvertrouwen

4. *Zelfvertrouwen* in het omgaan met deze vakinhoud is nodig, vooral in fase 2 als tegenwicht tegen te grote frustratie en faalangst. Als de leerling te grote frustratie dreigt op te lopen - met het gevaar van volledig vastlopen - moet dit tijdig gesignaleerd worden. De leerling moet uitwegen kennen (bijv. niet te lang wachten met erover te praten).

open omgeving

5. Wil de leerling zijn creatieve impulsen kunnen ervaren en bewust worden, dan is een omgeving nodig die *openstaat* voor creativiteit. De groep moet de opdracht in fase 3 niet gek vinden en in fase 4 ideeën niet evalueren, maar een veilige omgeving vormen voor de kiezende creativiteit.

houvast

6. Wil het initiatief van leerlingen niet tot ongewilde resultaten leiden, dan moet de context voldoende *houvast bieden* aan de leerlingen om zelf te beoordelen of hun resultaat zinvol is (fase 5).

Als de voorwaarden vervuld zijn, kan de docent initiatief nemen om creativiteit van de leerlingen in te zetten. De docent moet de leerlingen daarbij begeleiden. Individueel begeleidend is dat vaak niet zo'n probleem. De docent zal echter ook technieken moeten beheersen om de leerlingen als groep tot creativiteit te brengen.

Hierbij kan dan nog onderscheid gemaakt worden tussen individuele creativiteit, te bereiken via schriftelijke informatie en opdrachten voor iedereen, en groeps-creativiteit zoals brainstorming.

Willen de leerlingen niet alleen creatieve impulsen beleven, maar de creatieve technieken ook blijven gebruiken en ontwikkelen, dan mag de omgeving buiten het vak deze creatieve impulsen niet belemmeren of afbreken, integendeel docenten zouden juist creativiteit moeten stimuleren. Kennis van de factoren die creativiteit stimuleren of belemmeren is dus van belang.

3. Het verloop van de werkgroep

Na een korte inleiding hebben we twee technieken uitgevoerd, namelijk een individuele associatieve opdracht en een opdracht die via sneeuwbalgroepen (zie lit.) verliep

sneeuwbalgroepen

het doel van deze oefening was om groepsgewijs kenmerken te formuleren. Als voorbeeld nemen we een van de werkgroepen, waar het ging om het genereren van de kenmerken van inzicht. Wij deden dat in vier stappen.

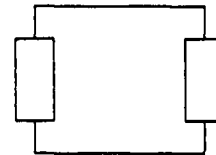
1. Denk terug aan een situatie waarin u vond dat een leerling duidelijk inzicht vertoonde. Noteer in een paar punten waar dat inzicht uit bleek. (3 min.).
2. Denk nu terug aan een keer dat een leerling duidelijk geen inzicht vertoonde. Schrijf kort op wat er gebeurde en waaruit bleek dat er geen inzicht aanwezig was. (3 min.).

3. Probeer van je buurman zo goed mogelijk te weten te komen aan welke situatie hij dacht en welke uiterlijke kenmerken inzicht volgens hem heeft. Het gaat erom de situatie en je gedachten aan elkaar uit te leggen en enkele belangrijke kenmerken te noteren, zodat je straks in staat bent de ideeën van je buurman *glanzend* weer te geven. (8 min.).

4. Plenaire Inventarisatie. Wat zijn de uiterlijke kenmerken van inzicht, respectievelijk gebrek aan inzicht. (20 min.).

Associatieve opgaven

De opdracht vond plaats *aan de hand* van onderstaande figuur.



- a. Bekijk de figuur. Wat zie je in de figuur? Noteer zoveel mogelijk associaties. (5 min.).
- b. Hoe kom je tot een andere associatie? Wat deed je? Wat gebeurde er? Toen er niets meer kwam, wat voelde je? (25 min.).

4. Ervaringen

Het bleek dat *associaties* niet geheel willekeurig verlopen. Dezelfde of dezelfde soort associaties kwamen bij verschillende deelnemers voor. Zelfs een schijnbaar uniek associatie ("Mexicaan op een fiets") bleek vaker voor te komen.

Een andere regelmaat blijkt deze te zijn dat er vrijwel geen *concrete* associaties optreden. De associatie "dienblad met handvaten" bleek bijvoorbeeld niet te slaan op één bepaald, uniek dienblad, maar op een dienblad van mahonie als klasse, dat is dus een abstract begrip.

Op een gegeven moment blijven dezelfde associaties terugkomen, er komen geen nieuwe ideeën meer boven. Er treedt een *dominantie* in de aandacht op, die doorbroken kan worden door bijvoorbeeld ergens anders naar te kijken, zomaar rond te kijken (afleidende activiteit! zie fase 3 van het creatieve proces). Ook het inschakelen van andere zintuigen (hoe ruikt het?), je afvragen waarvoor je het kunt gebruiken, je voorstellen dat de figuur vlak of juist drie-dimensionaal is, helpt.

Een andere ervaring is de *blokkade*, en samenhangend daarmee, de *frustratie*, die vaak optreedt wanneer er geen nieuwe ideeën meer komen. De deelnemer vraagt zich af wat de zin is van de oefening, waarom hij nog meer moet bedenken, welke kant het op moet. Het is mogelijk dat frustratie het gevolg is van de blokkade, maar ook dat zij de oorzaak is.

De frustratie, en daarmee de blokkade, kan versterkt worden door het gedrag van de leider. Toen bijvoorbeeld een creatief proces dat net leuk op gang was gekomen (de kenmerken van inzicht formuleren), afgebroken werd met de opmerking: "We gaan nu verder met het programma", was de reactie van deelnemers in eerste instantie: dat is redelijk, dat is in verband met de tijd. Een andere deelnemer (en wel een *deelnemster*, toeval?) zei echter: "Het lijkt of wat we tot nu toe gedaan hebben, niet belangrijk is."

Later bleek dat de schijnbaar zakelijke opmerking van de leider onbewuste frustratie oplevert: sommige deelnemers raakten erdoor geblokkeerd bij de associatieve opgave. Welke docent kent niet deze beide ervaringen vanuit de klas. De leerling kan de natuurkundeles niet volgen (de juiste ideeën willen niet komen), ziet de zin ervan niet, en haakt af. Of de docent kapt goedbedoeld een proces waarbij de ideeënproductie van de leerling net op gang kwam af, deze raakt nu gedemotiveerd en haakt verder af. Niveauverhoging treedt dan zeker niet op. Nadere analyse (waar wij hier niet verder op ingaan) leidt ertoe om niveauverhoging op te vatten als het doorbreken van een blokkade. Creatieve technieken zijn dan bruikbaar voor het verhogen van het niveau, waarbij het formuleren van kenmerken een essentiële rol speelt. In de werkgroep ging het om kenmerken van inzicht of van associaties, in de les het gaan om kenmerken van energie en dergelijke.

5. Conclusie

Het creatieve proces kan model staan voor een goede les: De docent schetst een probleem, dat een leerling bijna, maar niet helemaal, kan oplossen. Dit probleem kan samenhangen met de kenmerken van een nieuwe relatie, van een toepassing, van een waarneming of meting. Het probleem heeft zin voor de leerling, de oplossing vormt een uitdaging (fase 1). Het lukt echter niet, wat enige frustratie oplevert (fase 2). De docent begint vervolgens allerlei woorden uit te stoten, krasen op het bord te maken, opdrachten te geven, die in eerste instantie voor de leerling weinig schijnen te maken te hebben met het probleem (afleidende activiteiten, fase 3). Opeens gaat de leerling een licht of (fase 4): hij ziet waar al die symbolen, schema's en woorden goed voor zijn, en kan daarna het probleem wel oplossen (fase 5). Kortom: EEN GOEDE LES, IS EEN CREATIEF PROCES. Of is dit alleen maar een ideaal!

Literatuur

Sneeuwbalgroepen. P. Jongepier en A. Pilot. OC bulletin 21, Universiteit Twente, Enschede, 1982.
Handboek voor creatief denken. Vanosmael, P. en R. de Bruyn. De Nederlandse Boekhandel, Antwerpen, 1984.

Lens

Werkgroep 33

T. Koerselman

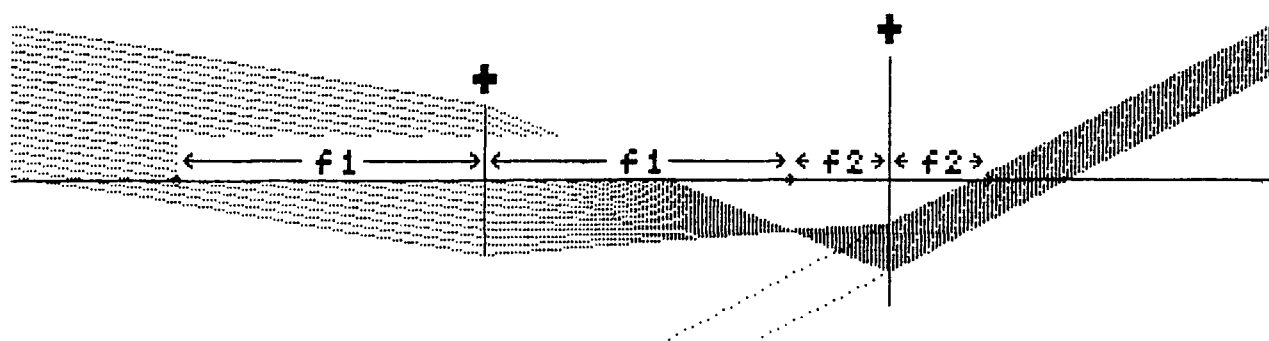
Aanvullend lesmateriaal in de vorm van software:
Aan de hand een presentatie van het computerprogramma "LENS een simulatie van lichtstralen", werd een beeld gegeven van hoe niet methode gebonden software een plaats in kan nemen in het onderwijs.

Het programma LENS heeft niet een onderwijsmethode als uitgangspunt genomen, maar het fysische verschijnsel breking van lichtstralen in lenzen. Bij het ontwikkelen van het programma heeft de lessituatie centraal gestaan. In de werkgroep is ingegaan op de opbouw van het programma, de speciale opties die zijn aangebracht om de leerkracht in staat te stellen het programma aan zijn/haar lessituatie aan te passen en de mogelijkheid de leerling zelfstandig met het programma te laten werken. Doordat de leerkracht bepaalt hoe het programma gebruikt wordt, is het ook op alle niveau's binnen het onderwijs bruikbaar.

De presentatie van het programma nam in de werkgroep een uur in beslag en de doorlooptijd in de lessituatie bedraagt drie uur. Het is dan ook niet mogelijk hier in dit verslag verder op in te gaan.
LENS is opgenomen in de NIVO-software couponregeling onder nummer: S 501.

Ondergetekende is werkzaam als projectcoördinator courseware ontwikkeling bij het adviesbureau voor Educatieve Communicatie DST te Baarn. In opdracht van overheid en bedrijfsleven wordt er op dit moment gewerkt aan het ontwikkelen van software als aanvullend onderwijsmateriaal.

In het kader hiervan is een discussie gevoerd over de vraag aan welke eisen in de ogen van de werkgroepleden, software die niet methode gebonden is, moet voldoen. Mede door tijdgebrek is hier geen consensus over bereikt binnen de werkgroep.



Computers voor en door iedereen

Werkgroep 34

A. v.d. Burg en A. de Leeuw



Na een korte inleiding waarin het verschil in leerstijlen tussen jongens en meisjes kort werd uiteengezet is aan de deelnemers van de werkgroep gevraagd onderstaande aanbevelingen te rangschikken.

Aanbevelingen

1. De stof inkaderen; wat moet je wel/niet begrijpen/weten.
2. Sluit aan bij bekende ervaringen/beelden.
3. Geef jongens en meisjes evenveel "aandacht".
4. Gebruik instapvoorbeelden die jongens en meisjes evenzeer aanspreken.
5. Maak een leerlingvriendelijke omgeving, denk daarbij ook aan de wijze van opstelling van de apparatuur.
6. Introduceer nieuwe begrippen zeer zorgvuldig.
7. Breng basisbegrippen zeer zorgvuldig aan.
8. Maak leerlingen niet extra onzeker (Gebruik niet "natuurlijk", "zoals je weet").
9. Laat de moeilijkheidsgraad langzaam toenemen.
10. Werk bij het doen van practicum met ongemengde groepen.
11. gebruik stimulerende software.
12. Maak aparte meisjesgroepen.
13. Zorg voor extra oefentijd voor meisjes.
14. Maak een computerclub alleen voor meisjes.
15. Betrek het sociale aspect in het geheel.
16. Gebruik maatschappelijk relevante contexten.
17. Benadruk het praktische nut van het aangeboden.
18. Zorg dat er meer vrouwelijke docenten komen.
19. Haal af en toe een beroepsbeoefenaarster in de klas.
20. Laat vooral vrouwen aan nascholingscursussen deelnemen.
21. Maak gebruik van verschillende onderwijsinstellingen. (Denk ook aan verslagen, sprekkbeurten, projecten).

Eerst werd aan de deelnemers gevraagd de drie aanbevelingen te noemen die naar hun opvatting het meeste effect zouden sorteren.

In de eerste kolom van de onderstaande tabel staat aangeven hoe de "score" van de groep uitviel. Omdat al snel bleek dat er ook aanbevelingen waren die volgens de

groep beslist niet uitgevoerd moesten worden. zijn ook deze geturfd. Zie de tweede kolom van de tabel.

aanbeveling	doen	niet doen
1	1	-
2	4	-
3	1	4
4	6	-
5	5	-
6	-	-
7	1	-
8	1	-
9	1	-
10	2	4
11	1	1
12	-	7
13	-	9
14	2	7
15	4	-
16	5	-
17	3	-
18	1	3
19	1	-
20	-	-
21	3	-

De discussie spitste zich vooral toe op de omstreden aanbevelingen 12, 13 en 14. De tegenstand(st)ers voerden aan dat met dit soort maatregelen nog eens extra benadrukt wordt dat meisjes een achterstand hebben of, erger nog, geen informatica zouden kunnen doen. Als tegenargument werd genoemd dat tijdelijke en informeel gevormde meisjesgroepen, de meisjes zelfverzekerder kunnen maken en dat ook de aandacht van de meisjes groter zal zijn. Naar de resultaten van de experimenten op het Coornhertlyceum te Haarlem met - af en toe - aparte meisjesgroepen worden door de groep met grote belangstelling tegemoet gezien.

Verschillen

Als belangrijke verschillen in leerstijlen werden genoemd:

JONGENS

- Vallen meteen aan op practicumspullen.
- Zijn tevreden als het werkt.
- Bouwen al experimenterend een theorie op.
- Voelen zich zeker in de informaticalessen.
- Weten dat de omgeving van hun verwacht dat ze informatica kunnen/doen.

MEISJES

- Bestuderen eerst de apparatuur en de opdrachten.
- Willen alles precies begrijpen.
- Gaan vanuit de theorie over tot praktisch handelen.
- Voelen zich onzeker.
- Weten dat de omgeving het slechts jammer vindt als ze geen informatica kunnen/doen.

Bovenstaande dient opgevat te worden als een zwart-wit benadering. Bovendien, zo werd ook vanuit de groep opgemerkt, gelden deze verschillen ook bij het doen van natuurkundepracticum. Zoals bekend haken veel meisjes bij natuurkunde af (ze kiezen veel minder vaak dan jongens natuurkunde in hun eindexamenpakket) en - dus - bestaat het gevaar dat ook veel meisjes afhaken bij informatica, waarmee ze hun beroepsperspectief verslechteren.

Tekst uitreiking Minnaertprijs Dr.Th.Wubbels

Voor de tweede keer in de geschiedenis van de "Woudschoten"conferentie staat op het programma de uitreiking van de Minnaertprijs, of wanneer we ons spiegelen aan andere organisaties: de Minnaert. Maar de prijs bestaat uit verschillende onderdelen die ik U zal tonen: De Minnaert, een oorkonde en een enveloppe, in willekeurige volgorde.



Ik breng U in herinnering dat de eerste Minnaertprijs is uitgereikt in 1987 aan Ir. Henk Mulder. Het doel van het uitreiken van deze prijs is en ik citeer nu het reglement: "het publiekelijk tot uitdrukking brengen van de waardering voor de verdiensten van de laureaat voor de ontwikkeling van het vak natuurkunde in het voortgezet onderwijs gedurende een lange reeks van jaren. De verdiensten betreffen bijdragen op één of meer van de volgende terreinen:

-onderzoek naar barrières - zowel bij docenten als bij leerlingen - die de overdracht van natuurkundige inzichten en vaardigheden zouden kunnen belemmeren,

-onderzoek naar de effectiviteit van vakdidactische benaderingswijzen,
-ontwikkeling van nieuwe leerstofgebieden en vakdidactische methoden,
-enthousiasmering van natuurkundeleraars voor de verdere ontwikkeling van het natuurkundeonderwijs,
-opleiding van docenten natuurkunde,
-ontwikkeling van examenprogramma's en leerplannen met een baanbrekend karakter,
-uitdragen van vernieuwende ideeën."

De prijs is genoemd naar één van de grondleggers van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek Prof. Minnaert. Het bestuur heeft gemeend voor het kiezen van de prijswinnaar gebruik te moeten maken van een voordrachtscommissie. Deze commissie telt drie leden: een universitaire natuurkundedidacticus, een natuurkundedidacticus van de Nieuwe Lerarenopleiding en een leraar natuurkunde.



Ook dit jaar bestond de commissie uit mevrouw I. Frederik en de heren J.F. Schröder en E.J.A. van Beek. Ik dank hen voor de zorgvuldige en vlotte wijze waarop zij een voordracht hebben opgesteld. Over het fenomeen voordracht wil ik U nog iets meer zeggen. De voordracht bestaat altijd uit twee namen en dat houdt in dat er al twee keer een genomeneerde is geweest die niet de prijs ontvangt. Ik kan U echter verzekeren dat ook zij de prijs ten volle verdienen.

Onder U bevinden zich dus nog minstens twee potentiële winnaars van de Minnaertprijs.

Aangezien de naam van de laureaat in 1990 sterk verbonden is met de geschiedenis van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek, hecht ik eraan er op te wijzen dat de voordrachtscommissie onafhankelijk van het bestuur van de Werkgroep opereert. Daarom ben ik des te meer verheugd U de winnaar van de Minnaertprijs 1990 te kunnen voorstellen:

Prof.dr. Herman Hooymayers.



Ik noem U de belangrijkste punten uit het rapport van de voordrachtscommissie:

"Een scherp fysicus, een goed didacticus en een bekwaam manager; zelden treft men een zo breed scala van kwaliteiten aan in één persoon.

Herman is gedurende een lange reeks van jaren bij het Nederlandse natuurkunde-onderwijs betrokken geweest. Als leraar, als boekenschrijver, als natuurkundige en als vakdidacticus. Het speelt daarin steeds een vooraanstaande rol met een gevoelig oor voor de tijdgeest. Hij zet de koers uit, geeft een ontwikkelingsrichting aan en zorgt ervoor dat die bijdrage nationaal en internationaal opgemerkt wordt.

Eén van Herman's begin artikelen is een verhaal over Bernoulli en zwevende pingpongballen. Hierin wordt een pittig stuk natuurkunde toegankelijk gemaakt voor onderbouwleerlingen. Ook zijn (helaas onvoltooide) serie schoolboeken staat vol met spitse fysica voor vwo-ers. Voor toekomstige tweede-graadsleraren verschijnt inder tijd onder zijn redactie een serie applicatiecursusteksten,

waarin gewoekerd werd met elementaire natuurkunde. Veel zelf doen en uitvinden, veel practicum en scherpe discussie-vragen. Herman is lange tijd voortrekker van de Werkgroep Natuurkunde Didactiek geweest. Deze werkgroep vormt in Nederland een bindend element op het gebied van de didactiek en heeft richtinggevende adviezen voor het natuurkunde-onderwijs gegeven. Hij is een van de aanstichters en als voorzitter van de begeleidingscommissie nauw bij het PLON betrokken. Daarna was hij ondermeer voorzitter van de eindtermencommissie basisvorming Natuur- en Scheikunde.

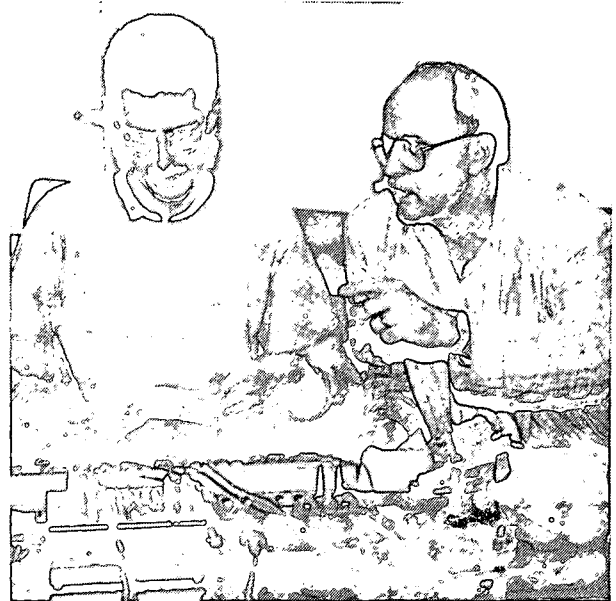
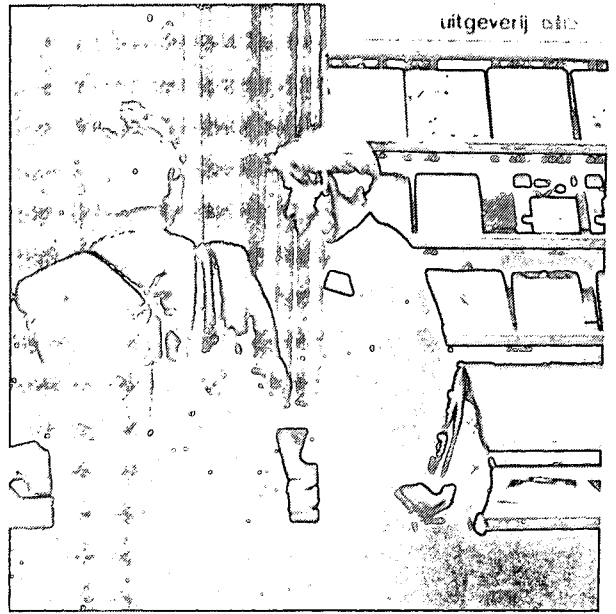
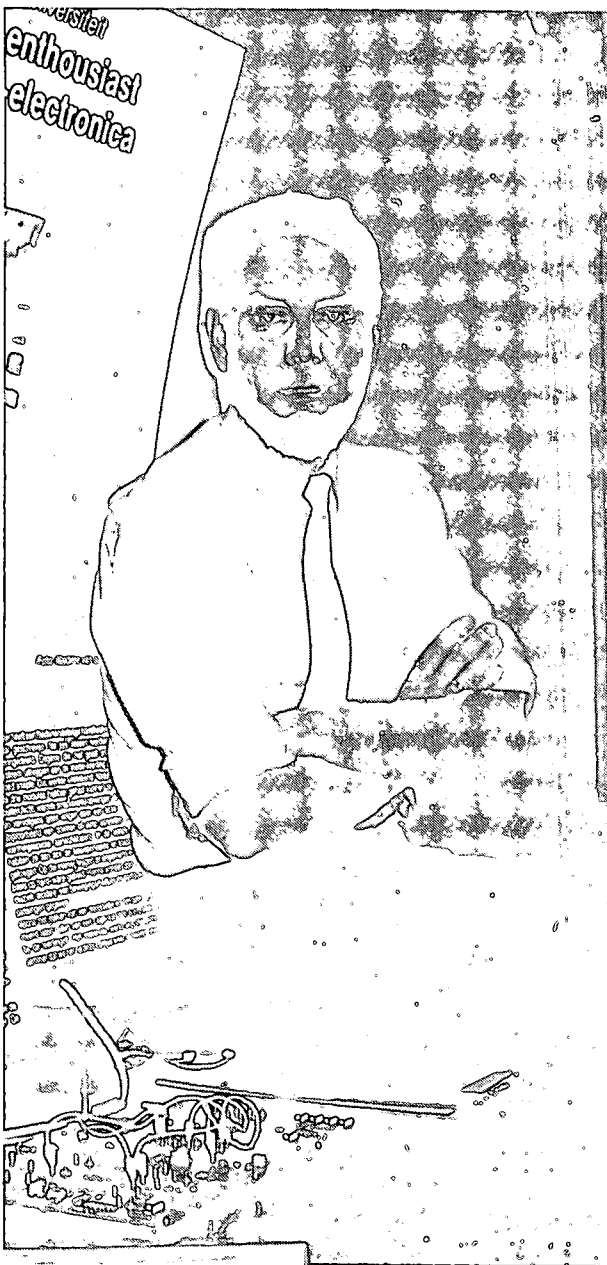
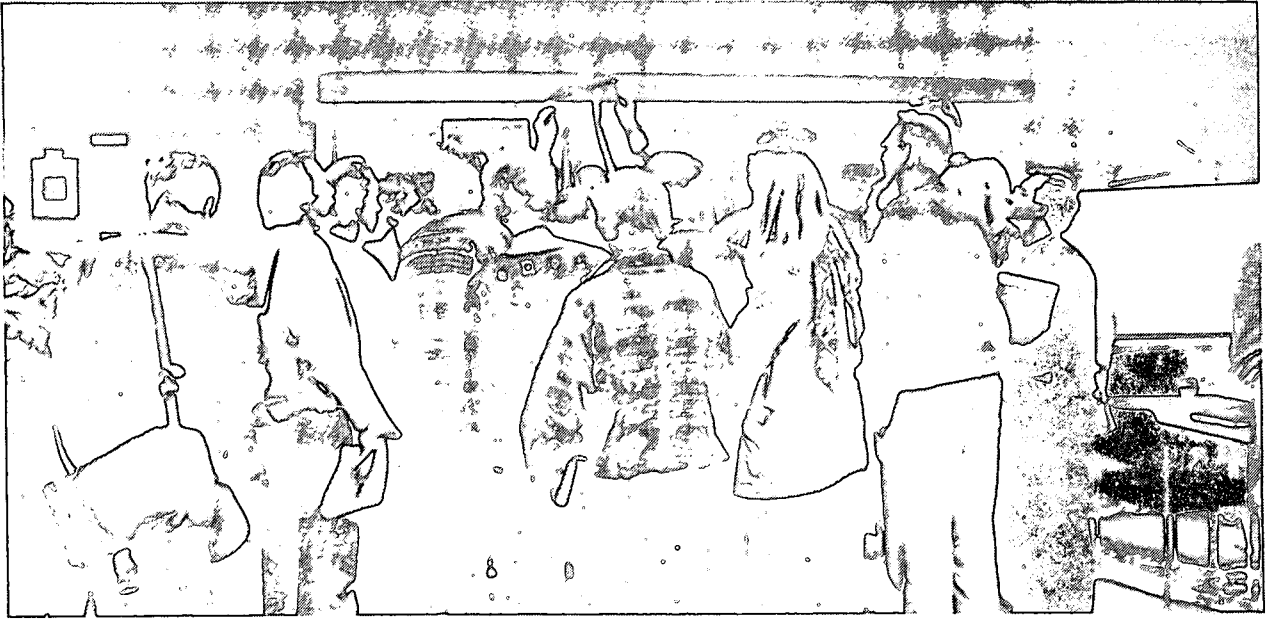
Herman's verdienste voor de Nederlandse natuurkundedidactiek is uniek. Hij vergroot het aanzien van de Nederlandse natuurkundedidactiek in binnen- en buitenland, zorgt voor een in de tijdgeest passende richtingsverandering in het natuurkunde-onderwijs en leidt een volwassen didactiekafdeling aan de Utrechtse universiteit."

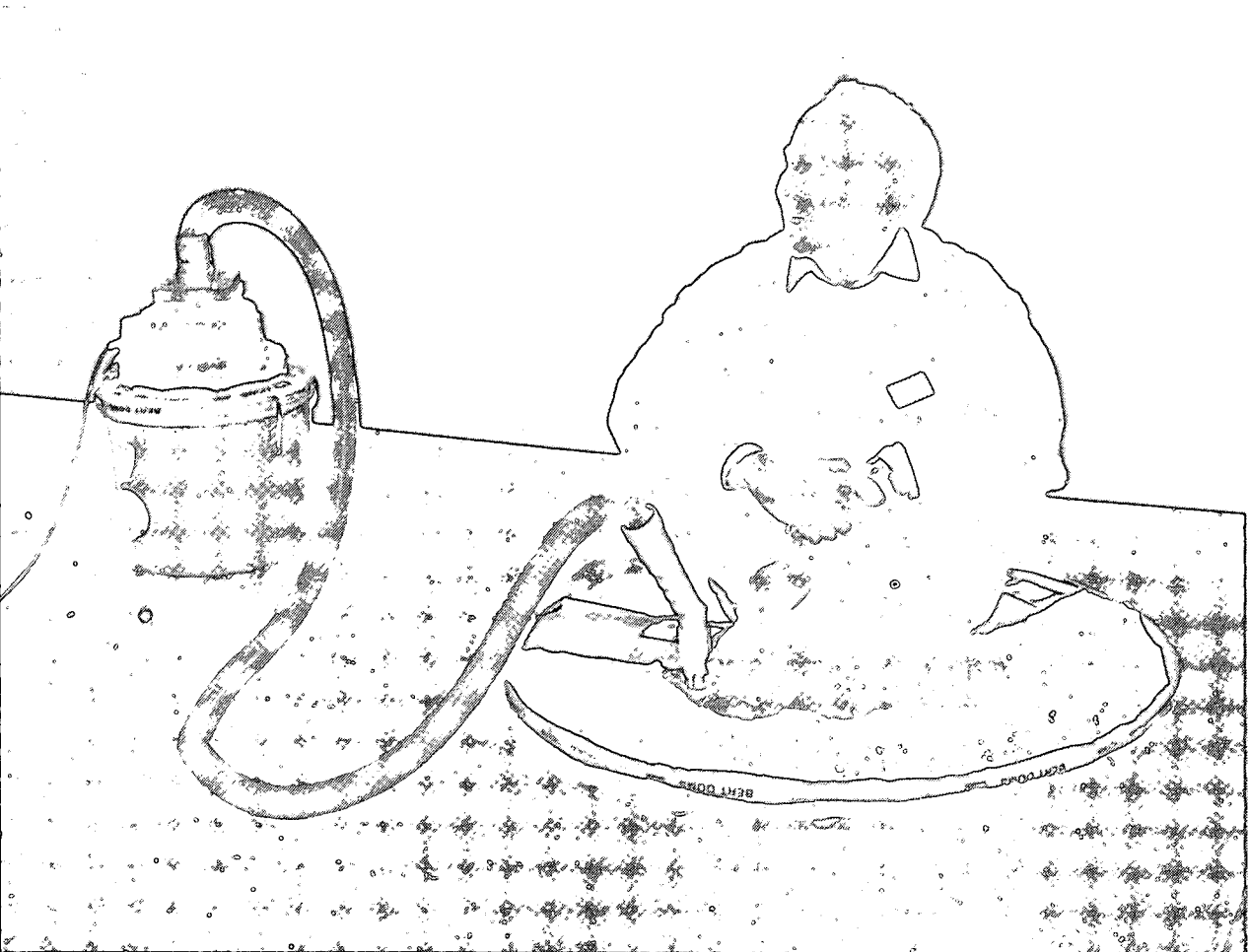
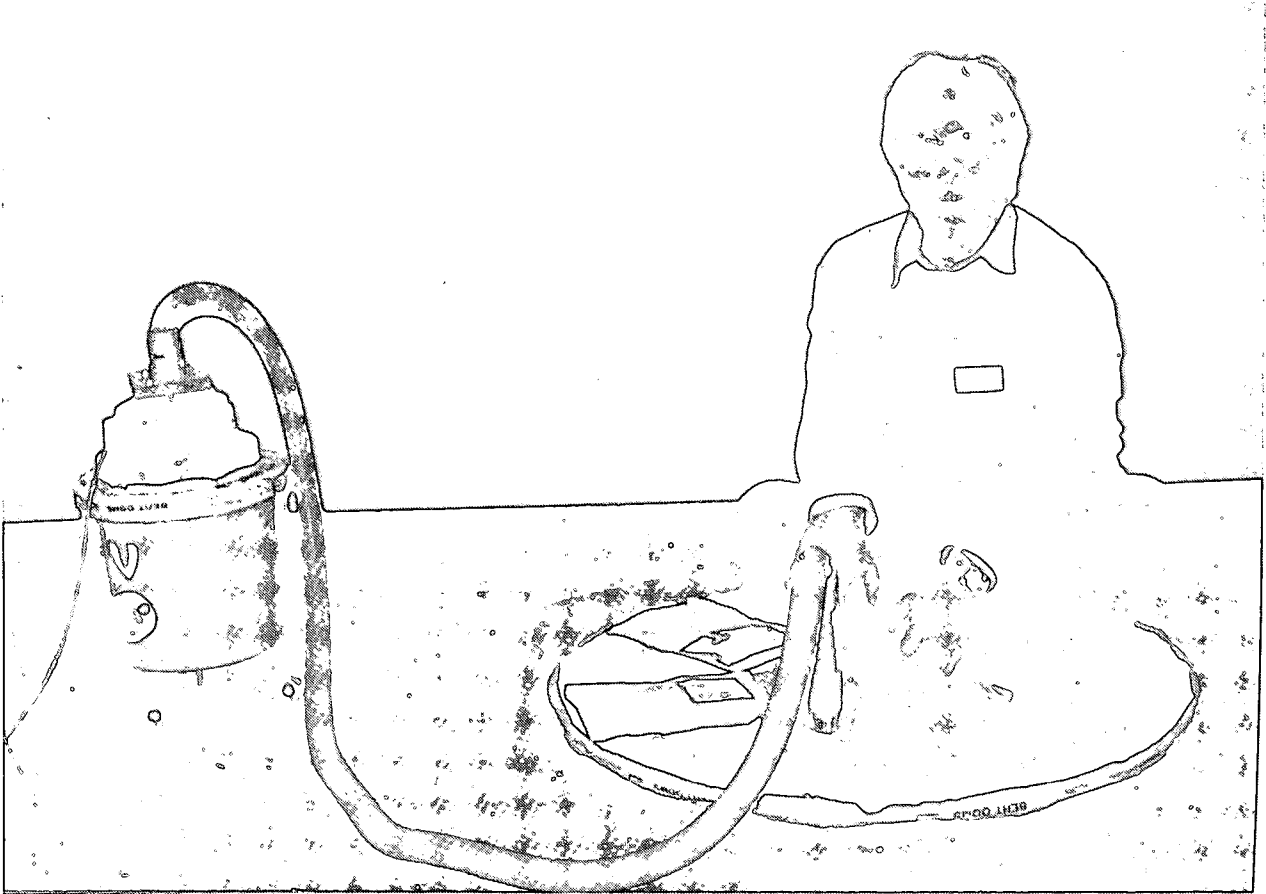


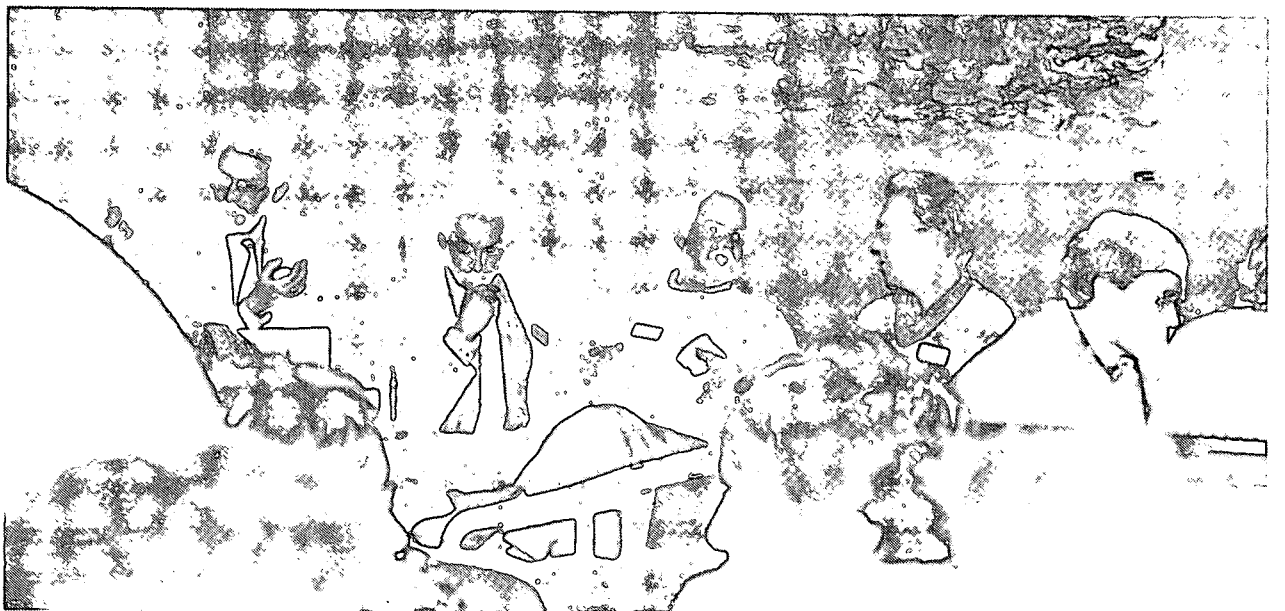
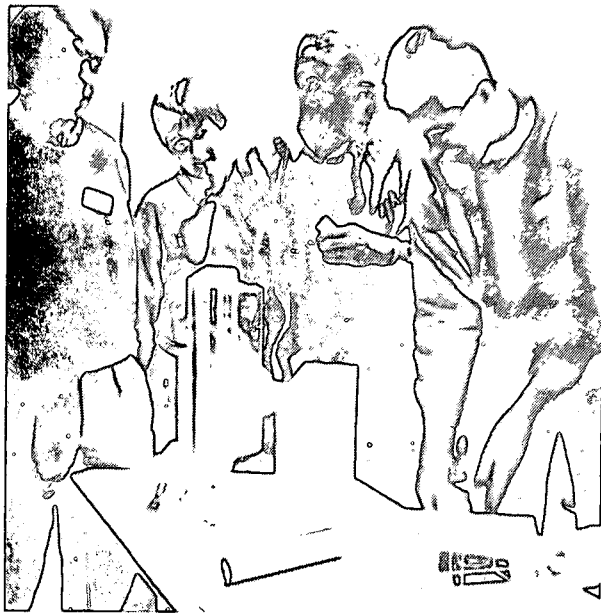
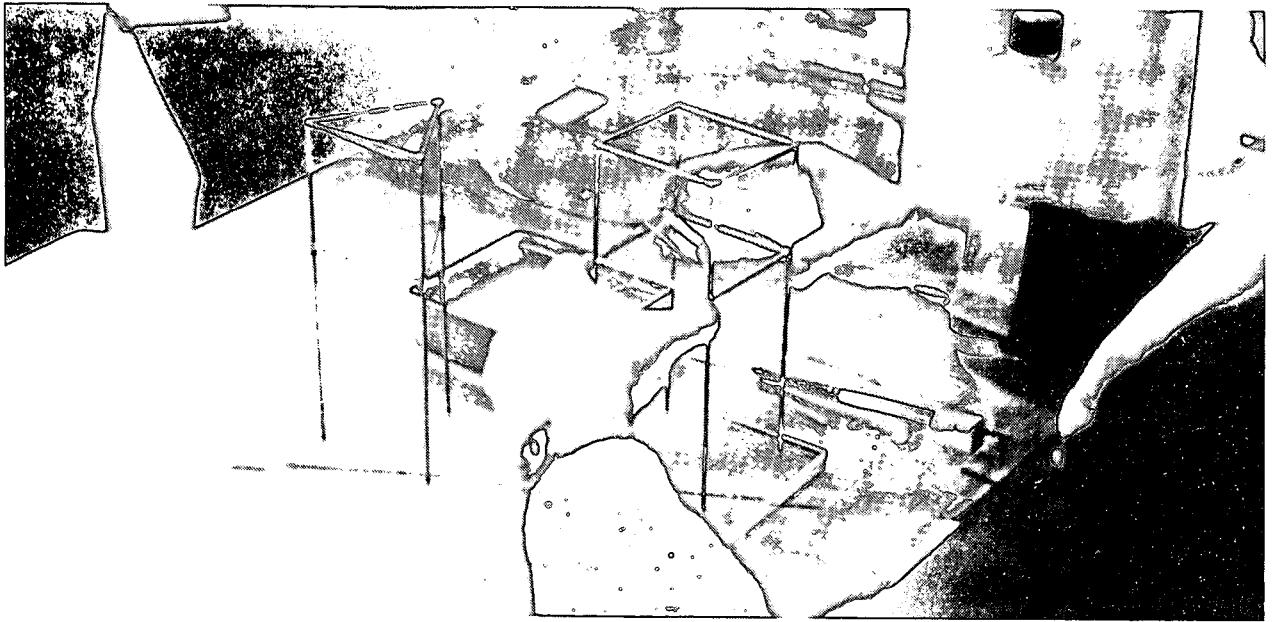
Tot zover de citaten uit het rapport. Ik wil hier nog een persoonlijke opmerking aan toevoegen. Herman is initiator geweest van zeer veel vakdidactisch ontwikkelings- en onderzoekswerk. Dat werk heeft geleid tot allerlei curriculummateriaal, artikelen en proefschriften en zal in de nabije toekomst nog meer proefschriften opleveren. Op deze conferentie zijn er elk jaar verscheidene werkgroepen aan te wijzen die van zijn initiatieven hebben geprofiteerd.

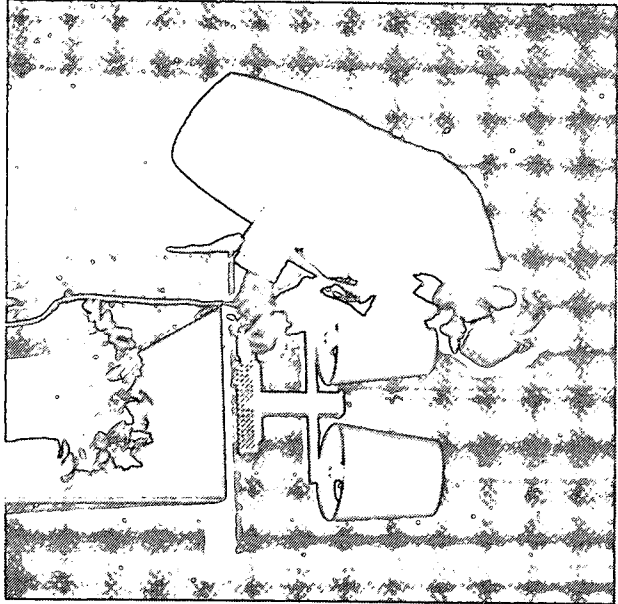
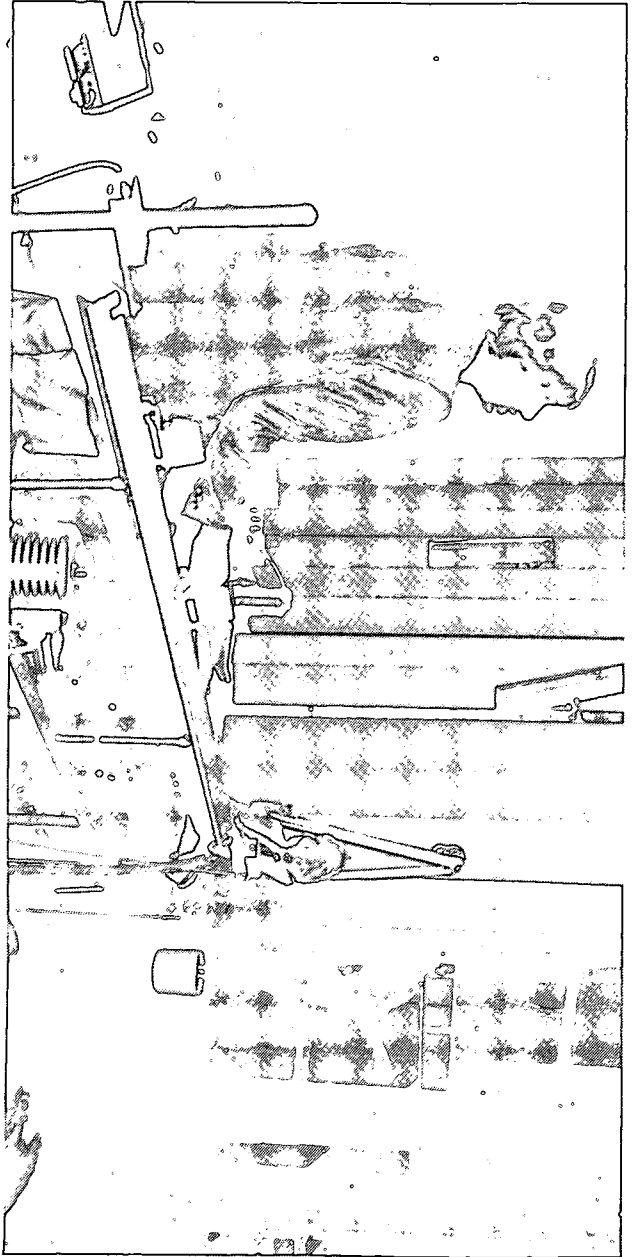
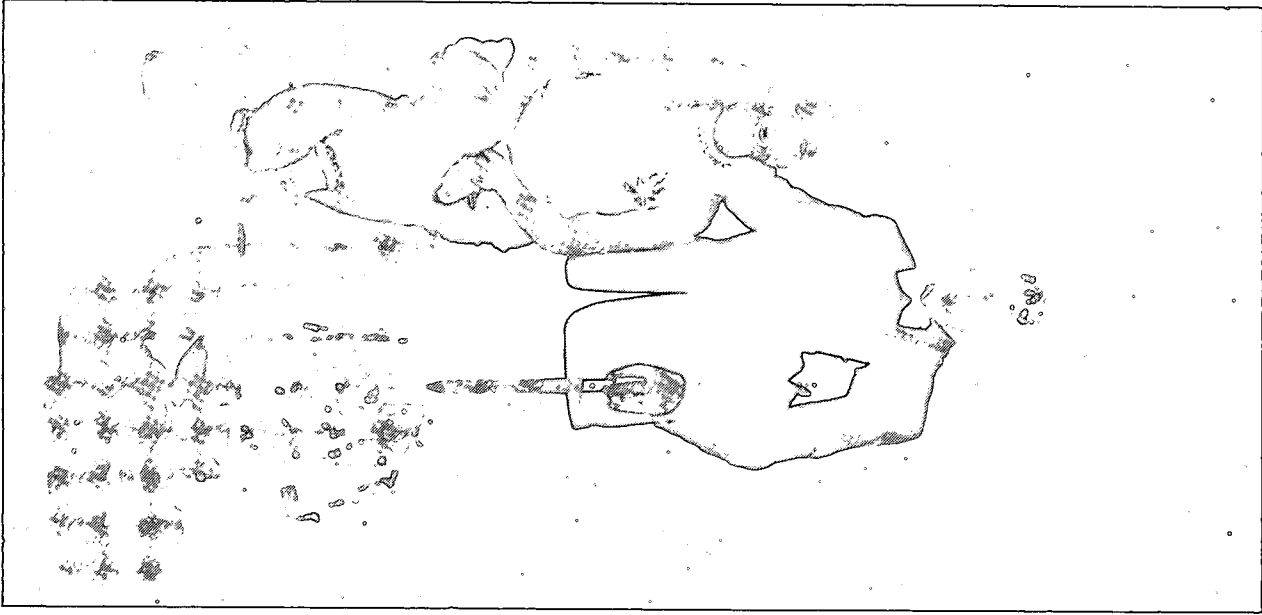
Met veel genoegen nodig ik nu Herman Hooymayers uit om de prijs in ontvangst te nemen.

Markt en Afsluiting









Diversen

RESULTATEN VAN DE ENQUETE NAAR HET GEBRUIK VAN DE COMPUTER IN HET
NATUURKUNDEONDERWIJS

	Percentage van leraren die ja antwoordden
1. Bent U van mening dat U een redelijk zicht heeft op wat momenteel de mogelijkheden zijn van de computer in het natuurkundeonderwijs als instrument voor meten en verwerken van gegevens bij proeven?	53
2. Idem als instrument om natuurkundige verschijnselen te simuleren?	51
3. Idem als instrument om leerlingen te laten oefenen met natuurkundewetten?	37
4. Idem als instrument om begripsproblemen bij leerlingen op te lossen?	19
5. Idem als instrument voor remedial teaching?	27
6. Kunt U redelijk overweg met de computer als tekstverwerker?	83
7. Kunt U redelijk overweg met het MS-DOS besturingssysteem?	67
8. Kunt U redelijk overweg met een ander besturingssysteem dan MS-DOS?	28
9. Kunt U redelijk overweg met een of ander rekenprogramma (spreadsheet)?	62
10. Kunt U zelf een programmaatje schrijven (bijv. in Basic)?	76
11. Heeft U een cursus gevolgd gericht op het gebruik van de computer in het natuurkundeonderwijs?	46
12. Kunt U redelijk overweg met de computer als instrument voor meten en verwerken van gegevens bij natuurkundeproeven?	39
13. Staat er een computer in het lokaal waar U natuurkunde geeft?	28
14. Gebruikt U de computer regelmatig in de natuurkundeles bij demonstratieproeven als instrument voor meten en gegevensverwerken?	19
15. Laat U de leerlingen regelmatig de computer gebruiken als instrument bij metingen en gegevensverwerking?	10
16. Gebruikt U de computer regelmatig in de natuurkundeles bij demonstratie voor een ander doel dan meten en verwerken van gegevens?	14
17. Laat U de leerlingen regelmatig de computer gebruiken voor een ander doel in de natuurkundeles dan meten en gegevensverwerken?	14
18. Maakt U gebruik van kant-en-klare door anderen gemaakte computerprogramma's in de natuurkundeles?	43
19. Maakt U gebruik van door U zelf geschreven programma's in de natuurkundeles?	21

20. Maakt U in het natuurkundeonderwijs gebruik van NIVO-apparatuur? 41
21. Maakt U in het natuurkundeonderwijs gebruik van in NIVO-verband beschikbaar gekomen software? 26

De volgende knelpunten bij het gebruik van de computer voor het natuurkunde-onderwijs worden vaak genoemd:

Gebrek aan software/lesmateriaal van goede kwaliteit;
Tijdgebrek;
Te weinig computers;
Hardware verandert steeds;
Computerlokaal te ver weg of niet vrij;
Gebrek aan deskundigheid.

In mindere mate wordt genoemd:

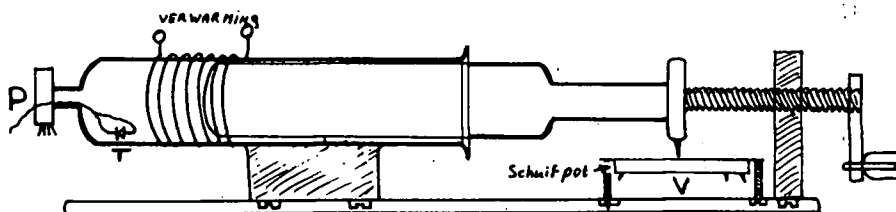
Gebrek aan financiën;
Is het wel zinvol om ze te gebruiken?

Hoofdstuk 2: De volumemeting.

2.0.0 Inleiding op de volumemeting:

In hoofdstuk twee wordt beschreven hoe het volume door middel van een elektrisch signaal wordt gemeten, en op welke wijze dit signaal bruikbaar wordt gemaakt voor de analoge ingang van de computer.

Het principe van de volumemeting is gebaseerd op het feit dat als de zuiger zich in horizontale richting verplaatst, de looper van een schuifpotentiometer ook een evenredig aantal centimeters verschuift en daarom verandert ook de spanning over de schuifpotentiometer.



Figuur 4: de opstelling.

2.1.0. Keuze schuifpotentiometer en bouw voedingsstabilisatie.

De keuze van het type schuifpotentiometer hangt af van de maximale verplaatsing van de looper.

De schuifpotentiometer met de grootst mogelijke verplaatsing van de looper die op school aanwezig was had een verplaatsing van 60 mm. Dit is voldoende voor de metingen die wij aan de opstelling willen doen. Deze schuifpotentiometer had een maximale weerstandswaarde van 100 kOhm.

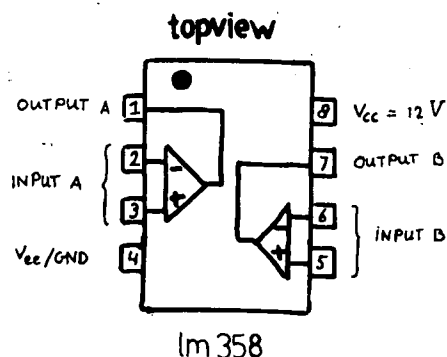
De voedingsstabilisatie is opgebouwd rond een LM 358 van Texas Instruments. Dit is een integrated circuit (een i.c.) welke als tweevoudige buffer gebruikt wordt. Hierbij is de versterkingsfactor 1, en de schakeling is ongevoelig voor belastingvariaties aan de uitgang.

De LM 358 bestaat uit twee I.C.-s in een huisje.

Het eerste I.C. wordt gebruikt om een stabiele, temperatuur-ongevoelige spanning te leveren. Het tweede I.C. voorkomt dat belasting op de looper van de schuifpotentiometer de lineariteit van de potentiometer zou aantasten.

Schema van de LM 358 en aansluitmogelijkheden:

Figuur 5: de LM 358.

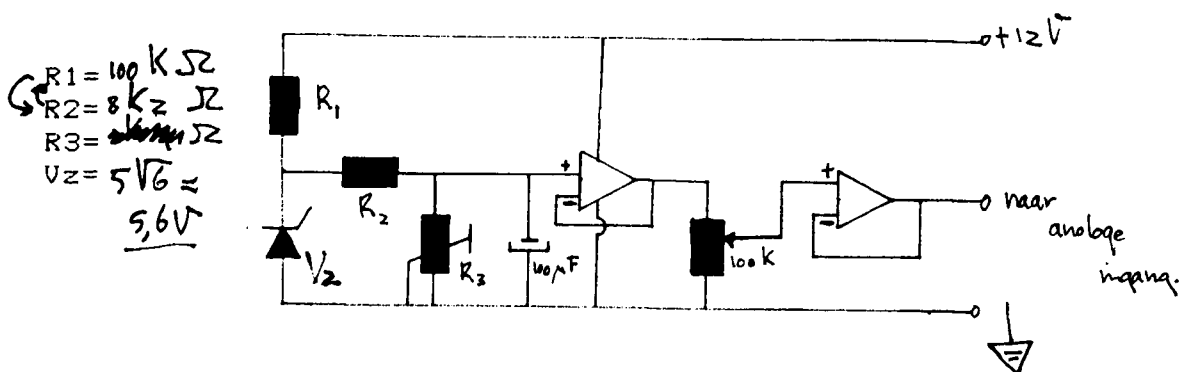


2.2.1. Werking van de schakeling:

Over de zenerdiode 5V6 staat een nagenoeg temperatuuronafhankelijke spanning van 5,6 Volt. Door middel van de instelbare spanningsdeler (R_1 en R_2) wordt hiervan 2,55 Volt afgetakt. Deze spanning wordt gebufferd (belasting onafhankelijk dus) en toegevoerd aan de schuifpotentiometer van 100 KOhm.

De spanning op de looper van de schuifpotentiometer wordt toegevoerd aan de tweede buffer. De uitgang hiervan gaat nu naar de analoge ingang van de Cinteck Unit.

Door positieverandering van de looper van de schuifpotentiometer verschijnt nu op de uitgang een spanning tussen 0 en 2,55 Volt. Deze spanning is evenredig met de positie van de looper.



Figuur 6: het schema.

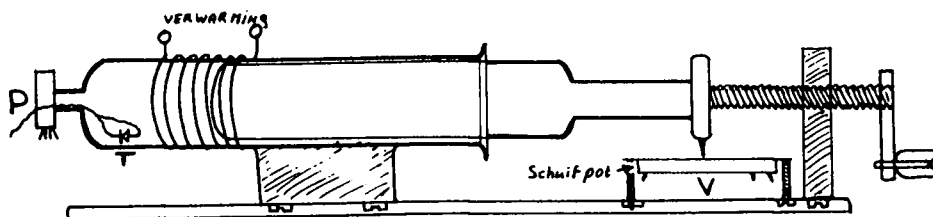
2.3.0 De mechanische constructie van de volume-meting:

Op een aluminium plaat is een statief aangebracht dat de glazen injectiespuit bevat. Aan de rand van de aluminium plaat is een messing blokje aangebracht waardoor een as met M8-draad, met aan het eind een zwengel.

Aan de zuiger van de glazen injectiespuit is aan het eind een bevestiging aangebracht die de schuifpotentiometer bedient.

Als men dus aan de zwengel draait, dan verschuift de zuiger in de glazen injectiespuit (door de M8-draad) en verschuift dus ook de looper van de schuifpotentiometer, waardoor de spanning aan de uitgang van het I.C. ook verandert.

Als men deze spanning nu laat variëren tussen de 0 Volt en de 2,55 Volt, dan kan deze spanning zo aangeboden worden aan de Cintec apparatuur die deze spanning omzet in een digitaal signaal van 255 stapjes. Deze digitale stapjes kan de computer verwerken tot het gewenste resultaat. (bv. een grafiek)



Figuur 7: de opstelling.

Hoofdstuk 3: De temperatuurmeting.

3.0.0 Inleiding op de temperatuurmeting:

In hoofdstuk 3 wordt beschreven hoe de temperatuur gemeten wordt door middel van een elektrisch signaal, en hoe dit elektrisch bruikbaar gemaakt wordt voor de analoge ingang van de computer. Het principe van de temperatuurmeting is geconcentreerd rond een diode die als temperatuursensor optreedt.

Verandert de temperatuur in de glazen injectiespuit, dan verandert ook het spanningsverschil over de diode.

3.1.0 De bouw van de schakeling:

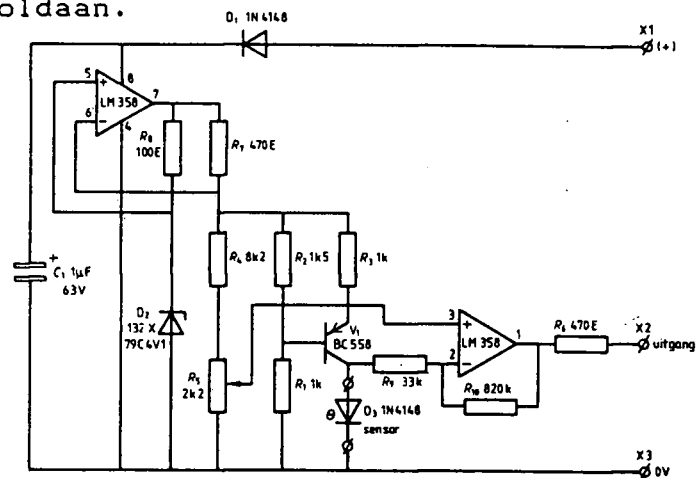
De schakeling werd overgenomen uit een boek voor interface-schakelingen voor Cintec apparatuur. (zie literatuurlijst)

De diode die als sensor gebruikt wordt is de 1N4148.

Deze diode wordt voorin in de spuit aangebracht.

Deze diode zal de gastemperatuur juist meten als de gastemperatuur overal in de spuit gelijk is. Gezien het geringe gasvolume, hebben wij geen redenen om te veronderstellen dat aan deze voorwaarde niet wordt voldaan.

Figuur 10: de schakeling.



T Temperatuursensor

3.2.0. Werking van de schakeling:

De schakeling vervult twee functies, hij werkt als constante stroombron en als versterker voor de diodespanning.

Ook in deze schakeling wordt weer de LM 358 gebruikt, waarbij IC1 als stroombron funktioneert en IC2 als versterker voor de diode. Het gedeelte A (zie schema, figuur 9) is het gedeelte dat voor de constante stroom zorgt, terwijl gedeelte B voor de versterking van het diode-signaal wordt ingezet.

De andere diode die in de aanvoerleiding is aangebracht heeft een beveiligende functie voor het onjuist aansluiten van de voedingsspanning.

De versterkingsfactor van het tweede gedeelte van de LM 538 hangt af van de keuze van de weerstanden R10 en R9.

De versterkingsfactor is hier $820/33$, dus ongeveer 25 keer.

Hoofdstuk 4: De drukmeting.

4.0.0 Inleiding op de drukmeting:

In hoofdstuk vier wordt een druksensor besproken. Dit is een meetinstrument dat een gasdruk omzet in een spanning die evenredig is met de gasdruk.

Gebruik is gemaakt van een druksensor van Honeywell, MicroSwitch, type 135PC05G1.

Uitgegaan is van de fabrieksspecificaties dat de sensor een bereik heeft van van 0-0,345 Bar en dan een zwevende spanning levert van 0-70 mVolt. Deze spanning moet omgezet worden naar een spanning tussen 0 en 2,55 Volt ten opzichte van aarde.

4.1.0 De druksensor:

4.1.1 Voor de technische specificaties zie bijlage 1.

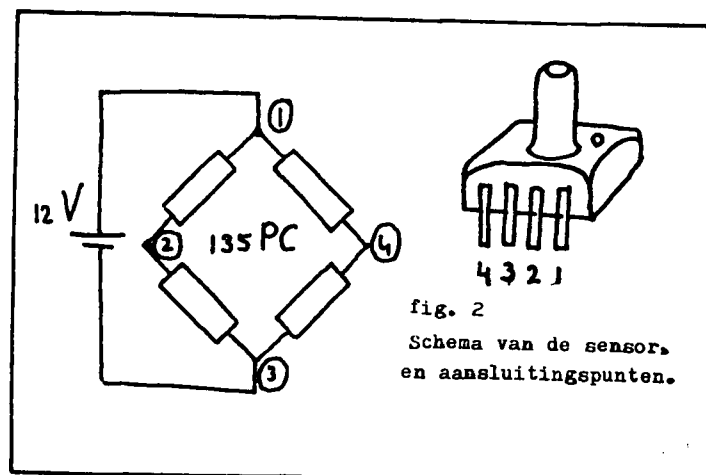
4.1.2 Het principe van de druksensor:

Een kristal is opgenomen in de brug van Wheatstone. Door drukverschillen buigt het kristal door en daardoor verandert diens weerstand.

De drukvariatiaties worden gemeten ten opzichte van de luchtdruk. Dit is het zogenaamde Gauge-type. ("absolute" meet ten opzichte van vacuum).

De druksensor meet deze drukverschillen en zet ze om in een spanning van 0 tot ongeveer 70 mVolt.

Om dit uitgangssignaal geschikt te maken voor de computer moeten we gebruik maken van een versterker die de maximale uitgangsspanning versterkt tot 2,55 Volt.



Figuur 13: schema sensor en aansluitpunten.

4.2.0 De spanningsversterker:

Er is hier gebruik gemaakt van een verschilversterker. Omdat een potentiaalverschil versterkt moet worden, tussen twee punten die zwevend staan ten opzichte van aarde. Van de druksensor wordt van de punten 2 en 4 (zie figuur 11) een potentiaal gehaald: V_2 en V_4 , deze worden gemeten ten opzichte van het aarde-niveau van de voeding.

Deze versterker is opgebouwd uit de volgende onderdelen:
 de operationele versterker (OP-AMP), een LM 358,
 twee weerstanden van 68 kOhm,
 twee weerstanden van 2K2 Ohm,
 een weerstand van 1 kOhm.

4.2.1 De schakeling:

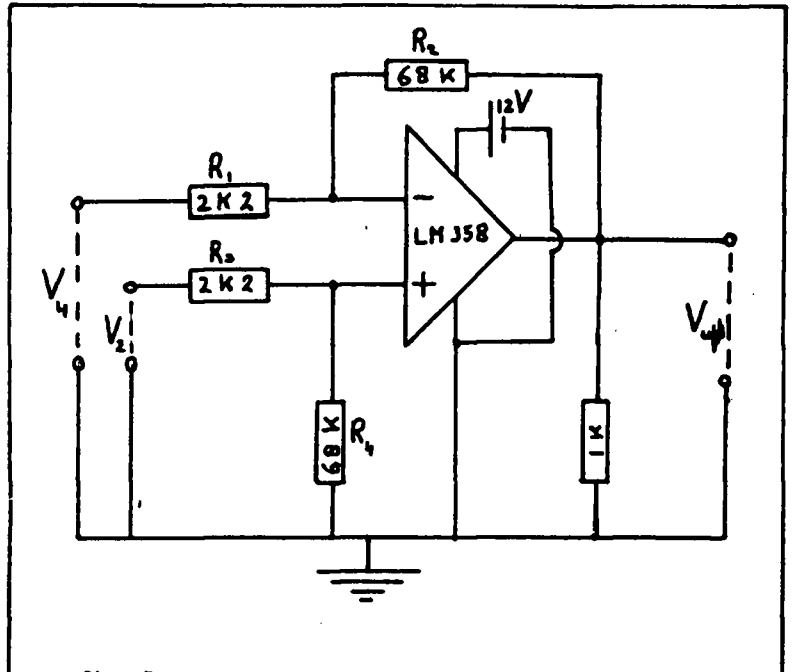


fig. 3
 Schema van de verschilversterker.

4.2.2 Berekening van de versterking:

Voor de verschilversterker geldt:

$$V(\text{uit}) = \frac{(R_2+1)}{R_1} \left(\frac{R_4}{R_3+R_4} \right) V_2 - \frac{R_2}{R_1} V_4$$

$$\begin{aligned} \text{Stel } V_2 &= V_0 + V \\ V_4 &= V_0 \end{aligned}$$

Substitueren in eerste vergelijking:

$$V(\text{uit}) = \frac{R_4(R_2+R_1)}{R_1(R_3+R_4)} V_0 - \frac{R_2}{R_1} V_0 - \frac{R_2}{R_1} V$$

$$\text{als nu } \frac{R_4(R_2+R_1)}{R_1(R_3+R_4)} = \frac{R_2}{R_1} \quad \text{dan valt } V_0 \text{ weg !!!}$$

$$\text{dit is zo als } R_2=R_4 \text{ en } R_1=R_3 \text{ dus } V(\text{uit}) = \frac{R_2}{R_1} V$$

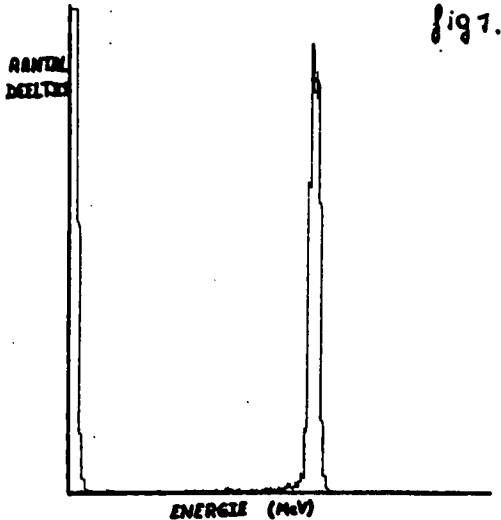
Voorwaarde was: $V(\text{uit}(\text{maximaal})) = 2,55 \text{ Volt}$
 $V = 70 \text{ mVolt}$ (fabrieksspecificatie)

Bij deze schakeling is gekozen voor $R_2=68 \text{ kOhm}$ en $R_1=2\text{k}2 \text{ Ohm}$.

De versterkingsfactor is dan 30,9 keer, dan wordt 70 mVolt versterkt tot 2,16 Volt, hetgeen voldoende is. Eventuele aanpassing kan dan in het computerprogramma plaatsvinden.

Analyse van een spectrum.

Onder een spectrum verstaan we het patroon dat gevormd wordt door energieën van een te onderzoeken deeltjesbundel.
In fig 1 staat een spectrum zoals die gemaakt is op de clz windesheim te Zwolle.



241

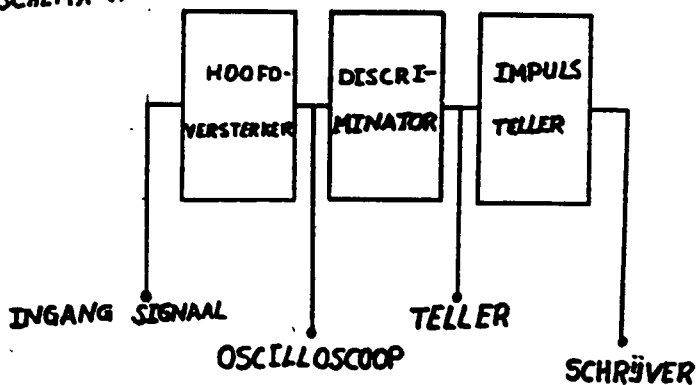
Dit is een spectrum dat is gemaakt van een Americium - preparaat die voornamelijk vervalt tot alfa-straling met een energie van 5,484 MeV.

Voor het maken van zo'n spectrum is nodig:

- een Impuls Hoogte Analysator
- een alfa-detector met bijbehorende apparatuur
- een X-Y-schrijver

De iha die hier gebruikt is, is die van Phywe en schematisch gezien werkt hij als volgt:

SCHEMA 1.

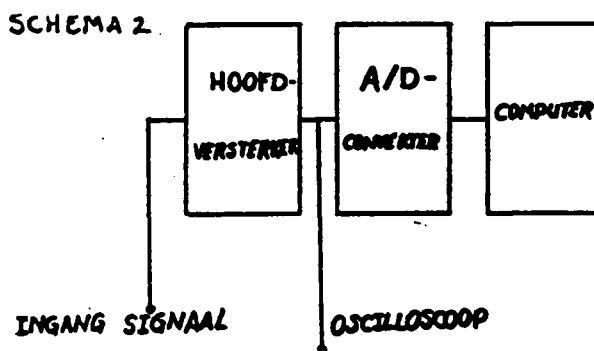


In de hoofdversterker worden de negatieve signalen die van de detector komen omgezet in positieve signalen (met een Gausvorm) waarbij de amplitude gevarieerd kan worden van 0 tot 10 Volt.

In de discriminator wordt het aantal pulsen geteld dat binnenkomt.

In de **IMPULSTELLER** wordt het aantal pulsen met een bepaalde amplitude geteld en dit wordt omgezet naar een spanning die op de Y-aansluiting van de schrijver wordt gezet.

Het is de bedoeling dat deze iha wordt nagebouwd met een heel andere opzet; Door een computer het werk van zoveel mogelijk onderdelen te laten doen is het mogelijk schema 1 te vereenvoudigen tot schema 2:



Het voordeel hiervan is:

- De iha is niet meer nodig
- De schrijver is niet meer nodig
- De computer (is reeds aanwezig op school) wordt meer gebruikt
- Flexibeler meten

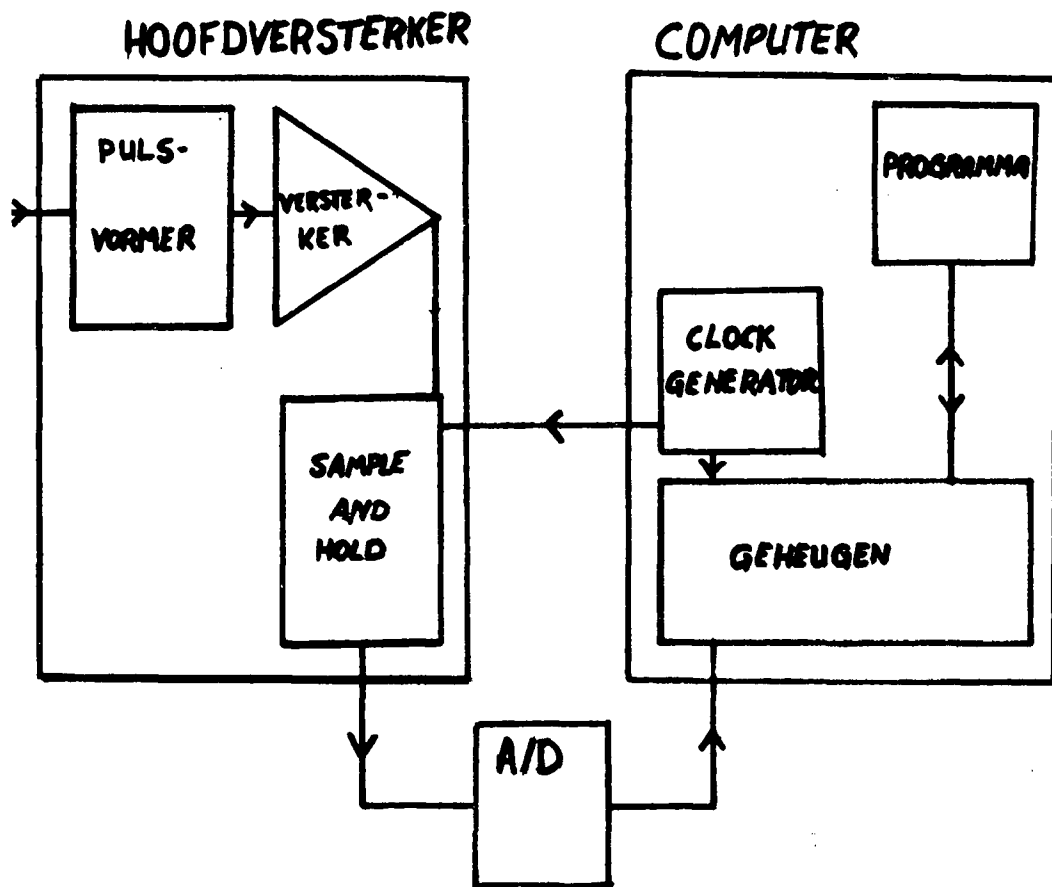
Vergroten we schema 2 dan krijgen we schema 3 op blz 3.

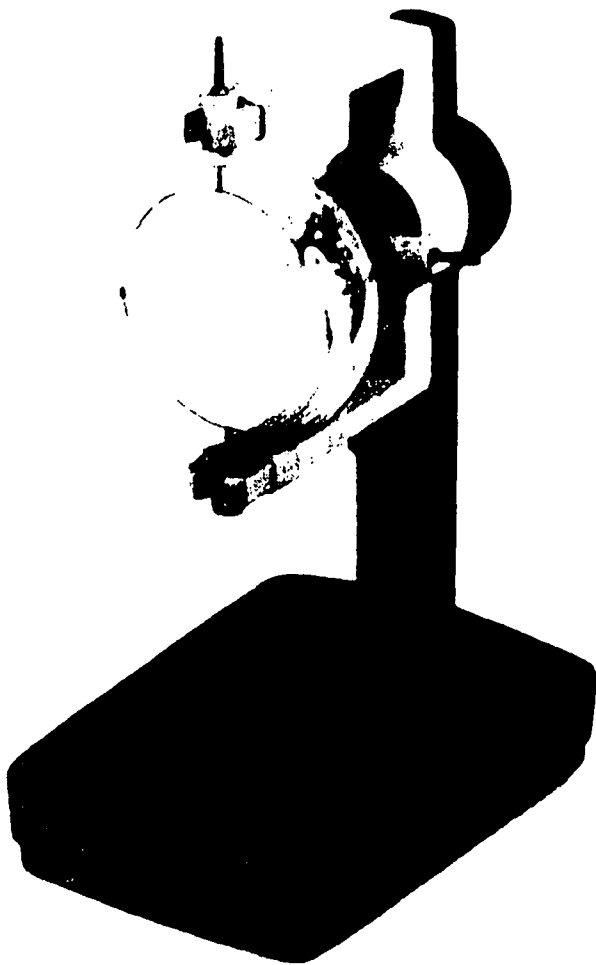
De weinige electronica die nodig is wordt gebruikt voor de volgende schakelingen:

- een pulsformer: deze vormt de puls om naar een positieve puls.
- een regelbare versterker: Dit om de puls groot genoeg te maken voor registratie
- een sample and hold schakeling. Deze is nodig om de A/D-converter de tijd te geven het signaal om te zetten.

Door de computer een bepaalde tijd te laten meten en al deze meetsignalen op te slaan in het geheugen, waarbij de clockregelaar zowel het geheugen alsook de tijdsduur stuurt, kan het spectrum na de meting met behulp van de computer in beeld gebracht worden.

SCHEMA 3





06.053 300 Hertzbuis-aanslagpotentialen van helium

Met deze unieke, vernieuwde buis is het mogelijk op eenvoudige wijze de aanslagpotentialen en de ionisatie spanning te meten. Het is mogelijk de verschillende aanslagpotentialen te meten en dus niet veelvouden van één bepaalde aanslagspanning.

De tussen anode en kathode versnelde elektronen zullen indien zij een energie bezitten die voldoende is om een helium atoom aan te slaan inelastisch botsen met helium atomen in de buis. Deze atomen zullen door de tussen anode en kollektor aangelegde spanning via de kollektor door de galvanometer gemeten worden. Door variatie van de anode spanning en daardoor de energie van de elektronen kan nu bepaald worden bij welke energiën de aanslagpotentialen liggen en kan de ionisatie-energie van helium berekend worden.

De meetschakeling waarmee je het experiment uitvoert, is de volgende:

