

Het gebruik van een microcomputer bij het practicum natuurkunde

W.J.Findhammer en G.Verkerk, Technische Hogeschool-Eindhoven
R.Heijeler, Universiteit van Amsterdam

Summary

In this article you will find a discussion of results of a field-experiment in which pupils aged 16 to 18 (of general secondary and pre-university schools) carry out an experiment which is connected with a microcomputer. We held an enquiry before and after the experiment. The pupils were observed in their execution of the experiment and afterwards they answered a number of test-questions. Opinions, and the change of opinion, of the pupils before and after the experiment are investigated here. Furthermore the learning effect of the experiment and the behaviour of the pupils while they were doing the experiment are considered. Using the microcomputer in the practical work of the physics lessons appears to be not only possible but also useful, particularly in order to convey a correct and up-to-date concept of physics and physical research to pupils.

1. Inleiding

De ontwikkelingen op het gebied van de micro-elektronica hebben ertoe geleid dat scholen voor voortgezet onderwijs in toenemende mate beschikken over één of meer microcomputers.

Naast het gebruik van deze apparatuur voor het vak informatica is er een groeiende belangstelling om ook bij het onderwijs in de natuurkunde microcomputers te gebruiken.

Eén van de doelstellingen van het natuurkunde-onderwijs is de leerlingen een beeld te geven van actueel natuurwetenschappelijk onderzoek (Van der Loo, 1985). Hiertoe kan men enerzijds de leerlingen confronteren met resultaten van onderzoek, anderzijds met de manier waarop deze resultaten verkregen worden. Bij natuurwetenschappelijk onderzoek is de computer een onmisbaar instrument geworden. Door het opnemen van een aantal aan een microcomputer gekoppelde experimenten in het curriculum kunnen wij leerlingen een beeld geven van de rol van computers in natuurwetenschappelijk onderzoek (Ellermeijer, Heijeler, 1984).

Het veldexperiment heeft zich grotendeels gericht op de vraag of het beeld, dat leerlingen hebben van de natuurkunde en van natuurkundig onderzoek, verandert als zij een microcomputer gebruiken als automatisch meetinstrument, gekoppeld aan practicumapparatuur. Tevens is aandacht besteed aan het leereffect van een dergelijke practicumproef en aan de wijze waarop de leerlingen zich gedragen bij de uitvoering ervan.

2. De uitvoering

In het voorjaar van 1985 is het veldexperiment uitgevoerd op drie scholen in de omgeving van Eindhoven. Gebruikt is de spirometerproef (als proef gekoppeld aan de microcomputer ontwikkeld door de afdeling Didactiek Natuurkunde van de Universiteit van Amsterdam in de periode 1982-1985) uit het thema "Lijfwerk" van het vwo-bovenbouwproject (PLON, UvA, RUG, 1983a). In het thema wordt aandacht besteed aan de volgende aandachtsvelden waarin de algemene onderwijsdoelen van het project zijn terug te vinden resp. gebieden waarin fysieke kennis relevant is (PLON, UvA, RUG, 1983b):

A1: de omgeving van de leerling waarin natuurkundekennis relevant is

A5: de natuurkunde in studie en beroep

G1: fysica van het menselijk lichaam

G5: informatieoverdracht van bron naar ontvanger.

Door de computer te gebruiken kan men toevoegen:

A2: belangrijke wetenschappelijke ontwikkelingen waar natuurkundekennis relevant is

G4: mechanisatie en automatisering.

De spirometerproef is een onderdeel van een onderzoek over de ademhaling. De proef wordt beschreven in een artikel, dat eveneens opgenomen is in dit nummer van het Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen (Ellermeijer, Heijeler, 1986).

Omdat de scholen die hebben deelgenomen aan het veldexperiment niet participeren in het vwo-bovenbouwproject is de nieuwe practicumhandleiding zodanig aangepast dat de spirometer als een op zichzelf staand onderwerp behandeld wordt. In de inleiding van onze handleiding komen alle begrippen die bij de uitvoering van de proef een rol spelen aan de orde. Ook het meetprincipe wordt erin behandeld. De door ons gebruikte handleiding werkt meer met sterk sturende opdrachten dan de originele versie. Aan de handleiding is een werkblad toegevoegd waarop de leerlingen de verkregen resultaten moeten noteren.

Aan het veldexperiment hebben 134 leerlingen uit 4 havo en uit 5 vwo deelgenomen (35 havo- en 99 vwo-leerlingen). Voordat zij enige informatie kregen over de computerproef hebben zij een enquête ingevuld (prétest). Vervolgens is een inleidende les verzorgd over achtergronden van de computerproef. Een week later hebben de

leerlingen de computerproef uitgevoerd in groepjes van 2 of 3. Tijdens de uitvoering zijn van enkele groepjes leerlingen video-opnames gemaakt. Hierbij zijn ook gesprekken die leerlingen onderling voerden geregistreerd.

Een week na afloop van het practicum is een kort proefwerk gegeven om vast te stellen wat de leerlingen van de spirometerproef hebben geleerd. Daarna is opnieuw een enquête afgenomen om het beeld te bepalen dat leerlingen hebben ten aanzien van het computergebruik in de natuurkunde en de techniek na het computer-experiment (posttest). Een aantal vragen waren dezelfde als die in de prétest. Zowel de enquêtes als de observaties en de toets zijn geëvalueerd.

3. De enquêtes

In verband met de automatische verwerking van de antwoorden is gekozen voor enquêtes in de vorm van een lijst met beweringen. De leerlingen konden op een 5-puntsschaal aangeven in welke mate ze het met een bewering eens waren.

De beweringen zijn verdeeld over 6 groepen.

1. over natuurkunde (-practicum) in het algemeen;
2. over ervaringen met computers;
3. over maatschappelijke aspecten van computergebruik;
4. over computergebruik in de natuurkunde in het algemeen en over mogelijkheden van computers in experimentele situaties in het bijzonder;
5. over computergebruik bij natuurkundepacticum;
6. over ervaringen bij de spirometerproef.

In de prétest staan de beweringen uit groepen 1 t/m 5. In de posttest komen de beweringen uit groepen 4 en 5 terug. Daarnaast zijn de beweringen uit groep 6 opgenomen. Aan het einde van de lijst zowel van de prétest als van de posttest staat een open vraag die uit drie onderdelen bestaat. In ieder onderdeel wordt gevraagd een schatting te geven van een grootte die met de eigen ademhaling te maken heeft.

De mening van de leerling vóór het experiment

Naar aanleiding van de scores op de beweringen van groep 1 kunnen de volgende uitspraken gedaan worden. Omtrent de vraag of zij natuurkunde een moeilijk vak vinden zijn de meningen verdeeld. Vrijwel alle scores worden even frekwent gekozen. Jongens blijken minder moeite met het vak te hebben dan meisjes.

Zowel jongens als meisjes vinden practicum in gelijke mate leuk maar ze zijn minder goed te spreken over het maken van een practicumverslag. De meeste leerlingen vinden overigens wel dat het maken van een verslag voor hen nuttig is.

Uit de reacties op de beweringen uit groep 2 (ervaring met computers) blijkt dat ongeveer de helft van de leerlingen geen ervaring heeft met

het werken met een computer. In de waardering voor het werken met de computer vinden wij die tweedeling terug. Eveneens de helft van de leerlingen vindt het werken met de computer erg leuk, terwijl de anderen iets minder uitgesproken positief zijn. Hetzelfde geldt voor de waardering voor programmeren. Een ons inziens relatief hoog percentage (26%) van de leerlingen blijkt over een eigen computer te beschikken.

Over de beweringen uit groep 3 (maatschappelijke aspecten), waartoe o.a. de vraag behoort "computers vormen een bedreiging voor de privacy", lopen de meningen sterk uiteen, dat wil zeggen, vrijwel alle scores worden even frekvent gekozen.

Bekijken we de zaak nauwkeuriger dan blijkt dat leerlingen met een eigen computer positiever staan ten opzichte van het gebruik van de computer in de maatschappij dan leerlingen die geen computer bezitten.

De beweringen uit groepen 4 (gebruik in natuurkunde) en 5 (gebruik bij practicum) van de prétest leveren op dat leerlingen de computer in de natuurkunde weliswaar belangrijk vinden maar dat natuurkundig onderzoek zonder de computer ook mogelijk is. Verder zijn zij van mening dat je van elektronica niets hoeft te weten om met een computer te kunnen werken. De mogelijkheid om meetapparatuur aan een computer te koppelen is bij het grootste deel van de leerlingen wel bekend en dat je het geheugen van een computer goed kunt gebruiken bij het doen van metingen is ook aan vrijwel iedereen duidelijk, maar de meesten hebben er geen idee van bij welke toepassingen een geautomatiseerde meetopstelling gebruikt wordt. Leerlingen met een eigen computer scoren in het algemeen extremer (positiever) op vragen met betrekking tot het computergebruik dan leerlingen die geen eigen computer hebben. Meisjes hebben minder ervaring met computers dan jongens. Deze ervaring speelt gezien de resultaten ook een rol bij de meningsvorming over het gebruik van computers.

5. De mening van de leerlingen na het experiment

De beweringen van de prétest die herhaald zijn in de posttest maken het mogelijk uitspraken te doen in hoeverre er sprake is van een meningsverandering. Om aan te geven of deze verandering van mening significant is, hebben wij Student's t-toets toegepast. Meer dan 50% van de beweringen die herhaald zijn in de posttest blijken een significant verschil in de scores op te leveren. Wij noemen enkele verschillen. Veel meer leerlingen dan voor het experiment weten na afloop dat computers kunnen worden gebruikt bij het registreren van een fysische grootte. Bovendien is nog duidelijker dan vooraf dat het hierbij niet alleen om snel verlopende verschijnselen gaat. De manier waarop je computers goed kunt gebruiken bij het practicum (verwerken van gegevens) was voor velen al erg duidelijk, maar na afloop weten bijna alle leerlingen hiervan. Een zeer duidelijke

meningsverandering heeft zich voltrokken met betrekking tot het tijdsaspect. Na afloop vindt iedereen dat bij gebruik van de computer veel meer metingen in één practicumuur gedaan kunnen worden.

Vergelijking van de resultaten van de prétest en de posttest geeft aan dat de vooraf geconstateerde verschillen in het beeld van computergebruik tussen de groepen leerlingen met en zonder eigen computer ook na het uitvoeren van de spirometerproef nog bestaan. Bij de posttest hebben de leerlingen met een eigen computer nog steeds een meer extreme mening.

Een aantal beweringen uit de posttest (groep 6) was bedoeld om de spirometerproef zelf te evalueren. De scores maken duidelijk dat de proef in zijn geheel als erg prettig is ervaren. Het feit dat computers worden gebruikt bij het practicum heeft de leerlingen erg aangesproken. Zij zouden dergelijke practica ook graag zien bij andere (natuurwetenschappelijke) vakken. Men was tevreden over de handleiding, evenals over de informatie die op het beeldscherm verscheen. Men vond ook de opstelling niet ingewikkeld. Verreweg de meeste leerlingen hadden voorkeur om te werken in groepjes van twee.

In de waardering voor de spirometerproef waren geen verschillen merkbaar tussen meisjes en jongens, ook niet tussen havo- en vwo-leerlingen en evenmin tussen leerlingen met en zonder eigen computer. De proef is blijkbaar voor alle groepen bovenbouwleerlingen havo en vwo geschikt en er is geen computerervaring vereist.

6. Wat hebben de leerlingen geleerd

Om na te gaan wat de leerlingen over het onderwerp geleerd hebben na de uitvoering van de proef zijn twee methoden gebruikt. Zowel in de prétest als in de posttest was een vraag opgenomen over het schatten van drie ademhalingsparameters. Verder is de leerlingen na afloop van het experiment een korte toets voorgelegd bestaande uit acht meerkeuzevragen.

De schattingen van de ademhalingsparameters ademfrequentie (hoe vaak per minuut adem je lucht in?), ademvolume (hoeveel lucht adem je dan gemiddeld in?) en vitale capaciteit (hoeveel lucht kun je in één keer maximaal uitademen als je eerst zo diep mogelijk hebt ingeademd?) leveren bij de posttest een veel beter resultaat dan bij de prétest.

Niet alleen zijn de gemiddelde waarden van de geschatte parameters bij de posttest korrekt in tegenstelling tot die bij de prétest, maar ook is de spreiding in de waarden bij de posttest veel kleiner.

Ook uit de resultaten van de meerkeuzetoets volgt dat de leerlingen circa één week na uitvoering van de proef nog voldoende kennis hebben van het onderwerp. De p-waarden op de afzonderlijke vragen liggen tussen 0,6 en 0,9 en de gemiddelde p-waarde bedraagt 0,8. Op een vraag over de expiratoire - seconde - capaciteit (E.S.C.) die bepaald moest worden uit een spirogram bedroeg de p-waarde 0,75. Ook zwakke leerlingen scoorden in vele gevallen goed.

7. Observaties tijdens de uitvoering

Het doel van de observaties is het beschrijven van het gedrag van de leerlingen bij de uitvoering van de proef. Er is gekozen voor een observatiesysteem op basis van "time-sampling". Het gedrag van de leerlingen is iedere 15 seconden vastgelegd. Omdat het aantal observatoren (3) veel kleiner was dan het aantal leerlingen (circa 12) is een roulatieschema gehanteerd waarbij een leerling steeds 4 minuten lang geobserveerd is. Vervolgens ging na 1 minuut pauze de observator over op een volgende leerling. Elke leerling is op deze manier op drie verschillende tijdstippen gedurende 4 minuten geobserveerd. Vooraf waren de volgende 12 gedragscategorieën vastgesteld:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 0 doet niets | 6 leest AD-omzetter af |
| 1 kijkt in de handleiding | 7 vult werkblad in |
| 2 bedient het toetsenbord | 8 ademt in spirometer |
| 3 bekijkt het beeldscherm | 9 overlegt met leerlingen |
| 4 bouwt aan opstelling | 10 krijgt/vraagt hulp |
| 5 controleert opstelling | 11 speelt met programma |

Hoewel de gedragscategorieën elkaar in de observatieperiode niet uitsluiten, bleek toch een grote overeenstemming te bestaan in de beoordeling door verschillende observatoren.

De uitgevoerde observaties zijn verwerkt tot gedragscurves waarin het aantal waarnemingen van een bepaald type gedrag is uitgezet als functie van de tijd. Voor iedere categorie van gedrag die geobserveerd is resulteert dit in een curve zoals van categorie 7 weergegeven is in figuur 1.

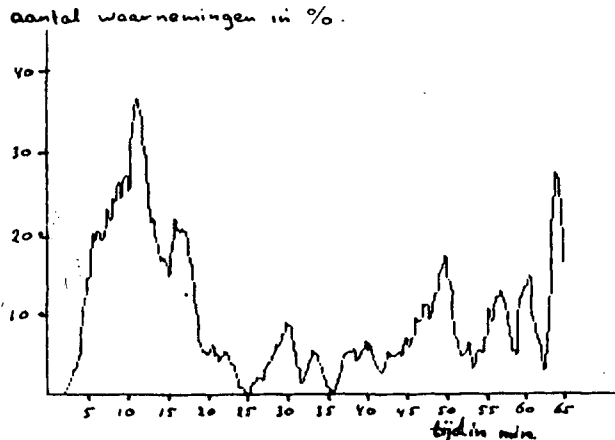


Fig.1 observatiecurve voor categorie 7: het werkblad invullen als functie van de tijd.

Bekijken wij figuur 1 wat nauwkeuriger dan zien we dat de leerlingen omstreeks 10 à 15 minuten na aanvang van het practicum bezig zijn met het invullen van het werkblad.

Aan het begin van het practicum is men gezien andere curves vooral bezig met het kijken in de handleiding (cat. 1) en het bouwen aan de opstelling (cat. 4). Na ca. 5 minuten begint categorie 9, overleg tussen leerlingen onderling, te scoren en na ca. 15 minuten categorieën 2 (toetsenbord bedienen) en 3 (scherm bekijken) die onderling samenhangen. Het aflezen van de AD-omzetter (cat. 6) gebeurt vooral in de periode tussen 5 en 20 minuten na het begin en het ademen in de spirometer (kat. 8) zien wij vooral na ca. 20 minuten vanaf de start gebeuren.

De overige categorieën vertonen vrij vlakke curves. Zo ontspant men zich regelmatig (cat. 0), vraagt en krijgt men regelmatig hulp (cat. 10) en controleert men regelmatig de opstelling (cat. 5).

Het spelen met het programma (cat. 11) heeft nauwelijks plaatsgevonden: slechts aan het begin en aan het einde van het practicum.

De oppervlakte onder de curves levert ons de tijd die de leerlingen besteed hebben aan de verschillende gedragscategorieën gedurende het gehele practicum. Hieruit blijkt op welke wijze de leerlingen met die proef bezig zijn geweest. In figuur 2 is dit overzichtelijk weergegeven.

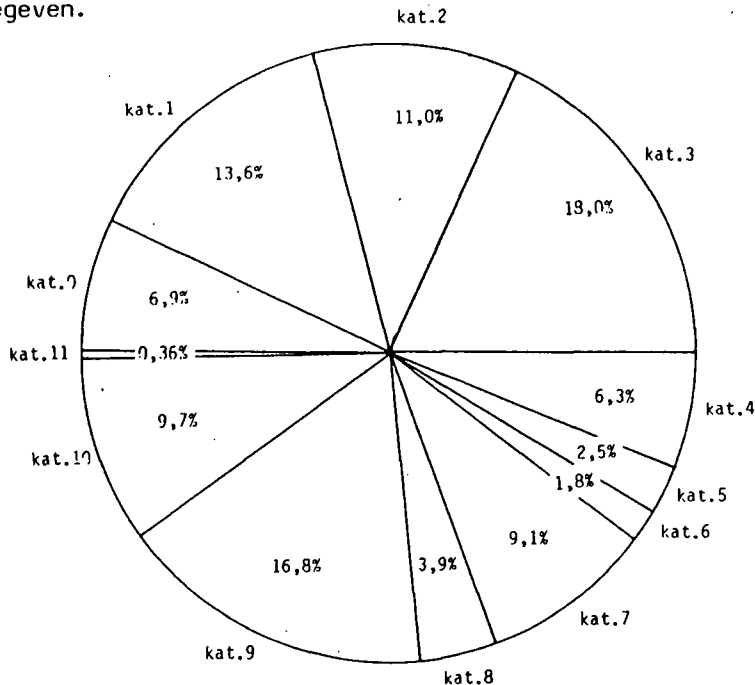


Fig.2 tijd voor de verschillende gedragscategorieën t.o.v. de totale tijd voor het practicum (in %).

- Enkele conclusies die wij uit de gedragscurves hebben getrokken zijn:
- veel leerlingen hebben de proef kennelijk niet erg goed voorbereid (ze beginnen met het lezen van de handleiding)
 - de proef blijft de leerlingen voortdurend boeien (categorie 0 blijft laag)
 - naarmate de proef vordert, daalt de belangstelling voor de handleiding
 - er vindt veelvuldig overleg plaats tussen de leerlingen

8. Video-opnames tijdens de uitvoering

Hoewel slechts in beperkte mate groepjes leerlingen opgenomen zijn tijdens het practicum leveren de video-opnames toch zeer gedetailleerde informatie over het gedrag van de leerlingen tijdens de uitvoering als een aanvulling op de eerder beschreven observaties. Tevens kan gelet worden op fouten die vaak worden gemaakt en op veel voorkomende problemen bij de uitvoering van de proef en de bediening van het programma. Wij zullen ons hier beperken tot de bespreking van enkele gedragsaspecten.

Het grootste deel van de leerlingen is erg geconcentreerd en serieus bezig. Meestal merken ze helemaal niet wat er verder in het lokaal gebeurt. Zij besteden geen aandacht aan de observatoren noch hindert hen merkbaar het feit dat er video-opnames worden gemaakt.

Als de camera wordt gericht op een nieuwe groep, dan moeten ook de microfoons worden verplaatst. Dit kan niet onopvallend gebeuren zodat de leerlingen daarover meestal een opmerking maken. Na korte tijd (ca. één minuut) is de aandacht voor de microfoons al weer verdwenen. Als het computergedeelte van de proef begint zijn vrijwel alle leerlingen enthousiast over de manier waarop de metingen door de computer worden uitgevoerd. Opmerkingen als 'doet hij dit allemaal voor ons' zijn dan regelmatig te horen. Nog sterker wordt het enthousiasme als de eerste metingen worden verwerkt. De grafieken worden uitgebreid bewonderd ('wat mooi') en als de resultaten worden gegeven dan vinden ze dat prachtig. De verbazing en het enthousiasme blijven steeds aanwezig, ook al gaat er wat is bij de metingen. Men doet de metingen gewoon over.

Een enkele keer slaat de bewondering door naar een bijna heilig ontzag voor de resultaten die de computer geeft. Als er iets fout gaat dan wordt dat vrijwel steeds geweten aan een foute bediening want 'de computer kan het veel beter dan wij'. Hoe geconcentreerd leerlingen bezig zijn blijkt o.a. uit het feit dat op rumoer in het klaslokaal niet of nauwelijks wordt gereageerd. Een groepje dat langer dan anderen bezig is tengevolge van storingen met de apparatuur, heeft niet in de gaten dat alle andere leerlingen al weg zijn.

Tussen groepjes onderling is nauwelijks overleg hoewel ze vlak naast elkaar zitten te werken. Alle aandacht blijft gericht op de

proef die kennelijk voldoende aspecten biedt om leerlingen ruim een uur geconcentreerd te laten werken.

In het algemeen wordt met het programma zeer serieus gewerkt. Alleen bij het verwerken van de metingen wordt er in sommige gevallen op een wat speelse manier mee omgegaan. Het ligt ook wel erg voor de hand om b.v. het merkteken eens wat over het scherm te laten bewegen. Ook na afloop van de proef blijven enkele leerlingen nog wat spelen met de opstelling of met het programma.

Conclusies en aanbevelingen

Op grond van het hiervoor beschreven onderzoek dat zich beperkt heeft tot 134 havo- en vwo-leerlingen afkomstig van 3 scholen in Eindhoven en omgeving willen wij enkele concluderende uitspraken doen. Bovenbouwleerlingen, ook leerlingen zonder computerervaring, zijn erg enthousiast over het gebruik van de computer bij een natuurkundeproef. Zij werken zeer geconcentreerd aan een dergelijke proef en worden bij de uitvoering voortdurend verrast door de mogelijkheden van de computer. Al door een enkele goede computerproef krijgen leerlingen een beter beeld dan voorheen in het gebruik van de computer in natuurwetenschappelijk onderzoek, in het bijzonder natuurkundig onderzoek. Ondanks het feit dat de computer veel aandacht krijgt verwerven leerlingen kennis en inzicht in het onderwerp waarop de proef betrekking heeft.

Verder willen wij enkele suggesties geven voor verdere ontwikkelingen en onderzoek. Het is gewenst meer geautomatiseerde proeven dan de bij ons onderzoek gebruikte proef zowel binnen als buiten het standaardprogramma voor havo- en vwo-scholen en wellicht ook voor andere schooltypen te ontwikkelen en systematisch op hun didactische bruikbaarheid te toetsen. Vooral het laatste gebeurt op dit moment nog te weinig. De bruikbaarheid en de geschiktheid van het ontwikkelde materiaal wordt ook nog negatief beïnvloed door de geringe uitwisselbaarheid. Door de grote verscheidenheid aan microcomputers en het gebrek aan standaardisatie wordt veel ontwikkelingswerk dubbel gedaan hetgeen ten koste gaat van de aandacht voor evaluatie dus van de kwaliteit.

Voorts is het wenselijk te komen tot een gewogen pakket geautomatiseerde proeven waarmee het beeld dat leerlingen zich vormen van natuurkunde als wetenschap uitgebreid wordt met moderne meettechnieken uit hedendaags natuurwetenschappelijk onderzoek en uit de techniek. Voor bovenbouwleerlingen dus B-leerlingen ligt dit voor de hand. De vraag is ook in hoeverre onderbouwleerlingen dus ook toekomstige A-leerlingen een beeld behoren te krijgen van dit soort computertoepassingen. Ook kan systematisch onderzocht worden in hoeverre geautomatiseerde proeven een bijdrage kunnen leveren aan het bijbrengen van fundamentele begrippen in de natuurkunde. In eerste

instantie lijkt de computer hiervoor niet het aangewezen medium maar juist door de ontwikkelingen van de computer in onze samenleving en ook in het onderwijs b.v. in de vorm van computer-ondersteunend-onderwijs zal de jeugd in toenemende mate vertrouwd raken met computers en automatisering.

Literatuur

- Loo, F.A. van der. *Naar een nieuw eindexamenprogramma natuurkunde voor havo en vwo*, Een bijdrage tot de WEN-discussie, februari 1985.
- Ellermeijer, A.L. & Heijeler, R. *Metten met de micro-computer bij het vak natuurkunde in de bovenbouw van het havo/vwo*, Intern rapport vakgroep Fysische Experimenteerkunde, 1984.
- PLON, UvA, RUG. *VWO-bovenbouw natuurkunde project. Thema 'Lijfwerk'*, 1983a.
- PLON, UvA, RUG. *EPEP-vwo, een voorstel voor een PLON Examen Programma voor vwo*, 1983b.
- Ellermeijer, A.L. & Heijeler, R. *Metten aan de ademhaling m.b.v. een micro-computer: een case-study over de inrichting van computer-ondersteunende experimenten*, *Tijdschrift voor Didactiek van de β -wetenschappen*, 4, 2, 1986.