

Conferentieverlag

Conceptleren in de elementaire electriciteitsleer.
Een verslag van het IPN-seminar 34

Inleiding

Doelstellingen van het seminar.

Van 3 tot en met 7 maart 1986 vond in Kiel een scholingsconferentie plaats over onderwijs in de electriciteitsleer aan 12 tot 16 jarigen. Aan deze conferentie werd deelgenomen door leraren, leerplanontwikkelaars, lerarenopleiders en onderzoekers op het terrein van de natuurkunde- didactiek. IPN-seminar 34 was een vervolgonferentie op een eerdere internationale workshop van onderzoekers en vakdidactici, gehouden van 10 tot en met 14 september 1985 in Ludwigsburg over hetzelfde onderwerp, waarbij door de deelnemers de stand van zaken van onderzoek op dit gebied werd geïnventariseerd (Van Aalst en Licht, 1985).

Het seminar had vooral ten doel de aanwezige leraren en leerplanontwikkelaars te informeren over recente resultaten van het onderzoek naar preconcepties (Alltagsvorstellungen) en leerproblemen en suggesties te doen voor nieuwe didactische aanbiedingswijzen.

Werkwijze

Tijdens het seminar werden - door een aantal onderzoekers en didactici inleidingen gehouden waarna discussies plaatsvonden. Over een aantal van deze sessies zal in dit verslag worden gerapporteerd. Tijdens een tentoonstelling konden verschillende didactische hulpmiddelen - modellen, proefopstellingen, lesmateriaal - worden bekeken en kon met de ontwerpers van gedachten worden gewisseld over de achtergronden en de resultaten ervan in de klaspraktijk. Vermeldenswaard tenslotte zijn de interviews die tijdens het seminar werden afgenomen aan een aantal leerlingen uit de bovenbouw avo/vwo. Aan de hand van vraagstukken uit de electriciteitsleer werd gepoogd hun inzicht vast te stellen met betrekking tot kernbegrippen, uit de electriciteitsleer, zoals spanning en stroom.

Rapportage naar aanleiding van enige conferentiebijdragen

In het volgende zal gerapporteerd worden over een aantal seminar-

bijdragen aan de hand van de volgende onderwerpindeling:

1. leerlingideeën en het leren van natuurkunde;
2. de betekenis van modellen in het electriciteitsonderwijs;
3. de introductie van het spanningsbegrip;
4. computersimulaties;
5. een constructivistische aanpak in het onderwijs.

1. Leerlingideeën en het leren van natuurkunde

Zoals bekend wordt er de laatste jaren veel onderzoek gedaan naar voorstellingen die leerlingen hebben als gevolg van hun buitenschoolse ervaringen met fysische verschijnselen en naar de mogelijke invloed daarvan op het leerproces in het natuurkunde-onderwijs.

Tijdens de voordrachten en uit de verstrekte papers bleken een aantal interessante uitkomsten van het onderzoek.

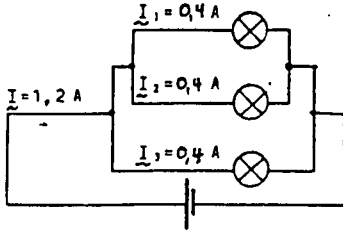
a. Lokaal en sequentieel redeneren

Veel onderzoeksresultaten leiden tot de conclusie (Von Rhoeneck, 1986) dat leerlingen in de leeftijdsgroep van 12 tot 16 jaar bij het oplossen van vraagstukken op het terrein van eenvoudige elektrische schakelingen in de problemen komen, doordat ze ongeschikte redeneringen toepassen. Voorbeelden die expliciet aan de orde kwamen waren het zogenaamde lokaal en het sequentieel redeneren.

Bij het lokaal redeneren wordt ter plaatse van een stroomvertakking gerekend 'alsof de stroom niet weet wat verderop in het circuit gebeurt'. Chr.von Rhoeneck (Ludwigsburg) vond in het onderzoek voor de situatie in figuur 1, dat 60% van de leerlingen aan stroom sterkten respectievelijk: $I_1 = 0,6 \text{ A}$ en $I_2 = I_3 = 0,3 \text{ A}$ voorspelt. Sommigen, waaronder H. Haertel (IPN, Kiel), veronderstellen dat aan het lokaal redeneren ten grondslag ligt dat leerlingen bij elektrische stroom niet denken in termen van een 'star' systeem, maar ideeën hebben die zijn afgeleid van verschijnselen die ze waarnemen in bijvoorbeeld het autoverkeer bij filevorming en rond andere obstakels voor het 'gewoon voortbewegen' van de stroom auto's.

Met sequentieel redeneren wordt bedoeld dat leerlingen in gedachten in de richting van de stroom, door een stroomkring gaan en daarbij aannemen dat een aangebrachte verandering 'vooraan' in de stroomkring wel gevolgen heeft voor de elementen in de kring die verderop komen, terwijl een aangebrachte verandering 'achteraan' in de keten niet merkbaar is 'vooraan' in de kring. Von Rhoeneck vindt bijvoorbeeld dat 33% van de leerlingen die de schakeling uit figuur 2 voorgelegd krijgen, tot een foutief antwoord komt. Overigens blijkt ook bij deze opgave dat leerlingen er vooral - onafhankelijk van de situatie - van uitgaan dat de regel: $I = \text{constant}$ altijd geldt (het constante-stroom idee; zie ook Licht, 1986).

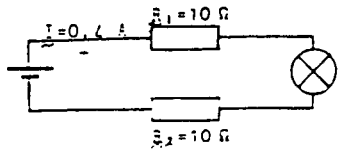
6 Die Lämpchen im folgenden Stromkreis sind alle gleich.



Ergänzen Sie die Stromstärken in den Verzweigungen.

Fig.1 Vraagstuk m.b.t. lokaal denken

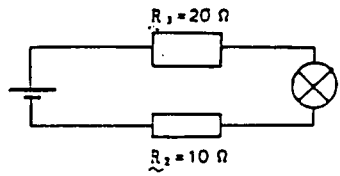
7 Die Stromstärke im folgenden Stromkreis beträgt 0,4 A.



Nun wird zunächst der Widerstand R_1 und anschließend der Widerstand R_2 geändert. Batterie und Lämpchen bleiben unverändert.

1. Änderung: Der Widerstand R_1 wird durch den Widerstand $R_3 = 20 \Omega$ ersetzt:

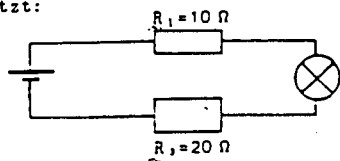
Fig.2 Vraagstuk m.b.t. sequentieel denken



Vergleichen Sie mit der ersten Schaltung und kreuzen Sie an:

- stimmt
1. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun kleiner als 0,4 A.
 2. Die Stromstärke im Lämpchen ist genauso groß wie vorher.
 3. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun größer als 0,4 A.

2. Änderung: Der Widerstand R_1 wird wieder eingesetzt. Dann wird der Widerstand R_2 durch den Widerstand $R_3 = 20 \Omega$ ersetzt:



Vergleichen Sie wieder mit der ersten Schaltung und kreuzen Sie an:

- stimmt
1. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun kleiner als 0,4 A.
 2. Die Stromstärke im Lämpchen ist genauso groß wie vorher.
 3. Die Stromstärke im Lämpchen ist nun größer als 0,4 A.

b. Kenniselementen en proceselementen

Door W.Jung (Universiteit van Frankfurt) werd de gedachte geïntroduceerd bij het traceren van denkproblemen, onderscheid te maken tussen kennis- en proceselementen die een rol zouden spelen in het redeneren van leerlingen. Bij kenniselementen moet gedacht worden aan begrippen, modellen en theorieën, terwijl proceselementen betrekking hebben op redeneringsvormen zoals het lokaal en sequentieel redeneren. Naar Jung's idee worden denkproblemen voor ons inzichtelijker, wanneer we uitgaan van het gegeven dat leerlingen deze twee typen elementen in een zekere onderlinge onafhankelijkheid kunnen toepassen. Het gevolg hiervan is dat het gebruik van correcte proceselementen niet zonder meer betekent dat aan hun kennis van de gebruikte kenniselementen ook niets ontbreekt: leerlingen kunnen correct aangeleerde heuristische gebruiken zonder tegelijkertijd een goede voorstelling te hebben van de natuurwetenschappelijke inhoud van de daarbij gebruikte begrippen. Fouten kunnen ook ontstaan doordat correcte kenniselementen worden aangewend naast verkeerde proceselementen: leerlingen kunnen in de problemen komen doordat ze weliswaar een bruikbare voorstelling hebben van elektrische stroom, maar bij het oplossen van vraagstukken uitgaan van de gedachte dat de richting van de stroom en daarmee de plaats van weerstanden in een circuit, bepalend is voor de invloed van die weerstanden op de stroom.

c. Geometrische en topologische structuur van schakelingen.

Het inzicht van leerlingen in de electriciteitsleer wordt in de onderbouw veelal onderzocht aan de hand van vraagstukken waarin schakelingen een belangrijke rol spelen. Aan de hand van vaak schematische-tekeningen moet de leerling zich een beeld vormen van de probleemsituatie. Onderzoeksgegevens - o.a. van R.Duit (IPN, Kiel) - wijzen uit dat fouten kunnen ontstaan doordat leerlingen de onderlinge positie van de elementen uit de schakeling in de figuur - de topologische structuur van de schakeling - aanzien voor de voor probleemstelling relevante onderlinge 'electrische positie' - de geometrische structuur - van de schakeling. Een gevolg is bijvoorbeeld dat weerstanden of lampjes e.d., die naast elkaar zijn afgebeeld al heel gauw als parallel geschakeld worden beschouwd (zie ook paragraaf 4 en figuur 4).

2. De betekenis van modellen in het electriciteitsonderwijs

In het electriciteitsonderwijs wordt veel gebruik gemaakt van modellen om de leerlingen te leren kwantitatieve vraagstukken op te lossen en/of kwalitatieve vragen te beantwoorden. Daarbij worden zowel materiële modellen - waterkringloop en knikkermodel - als immateriële denkmodellen - electronen, energiepakketjes - gebruikt.

Zoals bekend blijken leerlingen vaak problemen te hebben bij het aanleren van het modellendenken.

Kircher (Würzburg) heeft onderzoek gedaan naar de herkomst van leerproblemen die betrekking hebben op het niet zien van de - juiste - analogie tussen de modelsituatie (een waterkringloop) en de werkelijke situatie (een schakeling van elektrische componenten). Mede op basis van onderzoeksresultaten van Bunge en Wilkinson, wijst hij er op dat het gebruik van modellen en analogieredeneringen slechts gerechtvaardigd is vanuit de volgende vooronderstellingen:

- de denkstructuren en de mathematische representaties van (probleem-)situaties die nodig zijn bij het probleemoplossend denken in de modelsituaties, zijn identiek met die welke nodig zijn in de werkelijke situatie;
- het aanleren van betreffende denkstructuren en mathematische representaties verloopt makkelijker in de modelsituatie dan in de werkelijke situatie.

Kircher betwijfelt of aan deze voorwaarden wordt voldaan in het geval van het gebruik van watermodellen in het onderwijs in de electriciteitsleer. Hij heeft bovendien ervaren dat leerlingen soms weinig de logica inzien van het eerst moeten exerceren met een watermodel alsvorens aan de slag te kunnen gaan met de werkelijke natuurkundeproblemen, i.c.-vraagstukken over elektrische schakelingen en daarom ook 'weigeren', de kennis die is opgedaan bij het watermodel, toe te passen op electriciteitsproblemen. Bovendien doet zich hier het probleem voor van wat wij voor het gemak noemen, de gestapelde modellen. Het beschrijven van een elektrische schakeling in termen van stroom en spanning is ook een vorm van modellendenken. Het watermodel moet dan functioneren als een model voor een model van de werkelijke situatie.

Schwedes (Bremen) maakt in haar onderzoek gebruik van klasse-ervaringen met een door haar ontwikkeld wateranalogon van elektrische schakelingen. Leerlingen worden door de vormgeving van de opstelling uitgedaagd om zelf vragen te bedenken en die te onderzoeken met behulp van het model. Op deze wijze kunnen hun eigen ideeën zich ontwikkelen over de wetmatigheden die gelden voor het watersysteem. Schwedes onderzoek toont aan dat deze procedure leerresultaten oplevert die leerlingen zeer van pas kunnen komen tijdens het electriciteitsonderwijs dat daarna volgt. Voorbeelden zijn:

- allerlei leerlingvoorstellingen over stromen worden door hen verwoord tijdens het experimenteren en kunnen door de docent worden aangevuld, c.q. gecorrigeerd;
- enerzijds kan het 'continuïteitsidee over elektrische stroom

- worden versterkt en anderzijds het 'verbruiksidee' worden afgebroken;
- wetmatigheden die in vertakkingspunten gelden, worden goed zichtbaar;
 - het systeemaspect van de stroming wordt benadrukt, waardoor o.a. het sequentieel denken wordt tegengegaan.

Een belangrijk probleem bij het model van Schwedes is dat het bij de leerlingen geen bruikbaar analogon van de elektrische spanning ontwikkelt. Verder heeft ook zij de ervaring dat de transfer van de opgedane kennis naar elektrische circuits niet altijd spontaan verloopt: de 'waterregels' moeten bij de behandeling van de analoge elektrische situaties vaak alsnog door de docent worden geactualiseerd.

3. De introductie van het spanningsbegrip

Uit veel bijdragen tijdens het seminar kon afgeleid worden dat het aanbrenge van een correct spanningsbegrip bij leerlingen een groot probleem vormt. Waar het aanbieden van veel ervaringen aan de hand van leerlingexperimenten en/of van analogie-situaties, uiteindelijk met betrekking tot het begrip elektrische stroom nog wel tot resultaten leidt, blijkt uit veel onderzoeksresultaten dat het natuurkundeonderwijs er t.a.v. spanning nauwelijks in slaagt successen te boeken. Tijdens dit seminar zijn een aantal voorstellen gedaan voor (verbetering van) de behandeling van het begrip spanning.

a. Waterdruk als analogon van elektrische spanning

Voor aanhangers van het watermodel als didactisch hulpmiddel wordt aanbevolen gebruik te maken van een opstelling waarin geen turbulentie voorkomt. Dit kan bereikt worden door gebruik te maken van een relatief hoge waterdruk en van relatief geringe stroomsnelheden. Helaas leidt dit in de praktijk tot oplossingen die de waterstroom zelf, onzichtbaar maken, omdat dikke rubber slangen worden gebruikt. Deze aanpak veronderstelt bij leerlingen een mate van inzicht in het begrip (hydrostatisch) druk, die vaak niet aanwezig is.

b. Gravitatie als analogon van elektrische spanning

Door Von Rhoeneck en medewerkers is ervaring opgedaan met een aanpak waarin electronen worden vergeleken met pinguins in een kinderspeelgoed die nadat ze omhoog zijn gebracht - door een elektrisch aangedreven liftje - via een goot langs een spiraal omlaag en naar het beginpunt van de lift kunnen bewegen. In de klas wordt dan ook gesproken over hoog- en laaggelegen electronen als de spanningsverschillen voor en na het psseren van een weerstand worden verduidelijkt. In dit model blijkt onduidelijk, hoe de laaggelegen electronen de hooggelegen electronen beïnvloeden. Problemen

rond sequentieel redeneren worden met dit model niet opgelost.

c. Spanning als kenmerkende grootheid voor de bruikbaarheid van spanningleverende apparaten.

Aan de hand van voorbeelden van elektrische gebruiksapparaten kan leerlingen duidelijk gemaakt worden dat voor de bepaling van de bruikbaarheid van een spanningleverend apparaat het niet voldoende is alleen gegevens te hebben over de beschikbare/gewenste stroomsterkten. De spanning kan worden geïntroduceerd als grootheid die (naast de beschikbare stroomsterkte) een belangrijk kenmerk is voor de bruikbaarheid van het betreffende spanningleverende apparaat. Een conferentiedeelnemer had goede ervaringen opgedaan in het technische onderwijs met het gebruik van een vergelijkingstabel, waarin verschillende apparaten, hun specifieke toepassingsgebied en de kenmerkende spanningen zijn opgenomen. Dit maakt voor de leerlingen het nut van de grootheid spanning plausibel.

d. Spanning als veelzijdig kenmerk van gebruiksapparaten.

Door een deelnemer werd een behandeling toegelicht waarbij leerlingen het belang van spanning werd verduidelijkt door achtereenvolgens in te gaan op de aspecten:

- eigenschap die vermeld wordt op alle elektrische energiebronnen; grootheid waarvan je de getalswaarde moet weten om verbruikers
- correct aan te kunnen sluiten op een gegeven elektrische energie bron;
- grootheid waarvan de waarde informeert over eventueel gevaar bij verkeerd gebruik;
- grootheid die maatgevens is voor de geschiktheid voor een bepaalde prestatie bij een gegeven stroomsterkte; spanning als Leistung pro Strom.

e. Spanning als relevant quotiënt

Een deelnemer wist zijn leerlingen te overtuigen van het nut van het begrip spanning, door $P=X \cdot I$ te postuleren als formule die het verband geeft tussen de grootheden vermogen en stroomsterkte. Deze grootheden waren de leerlingen reeds bekend en hadden in bepaalde toepassingssituaties hun nut al bewezen. De constatering dat X , blijkens berekeningen aan enige reële voorbeelden de - al reeds op de apparaten vermelde? - spanning was, overtuigde de leerlingen van de betekenis van deze nieuwe elektrische grootheid.

4. Computersimulaties (H.Haertel, Kiel)

Zoals bekend doet Haertel al langer onderzoek naar begripsproblemen

op het terrein van de electriciteitsleer. In dat kader zijn door hem computersimulatieprogramma's ontwikkeld vanuit de overtuiging dat een belangrijk en grotendeels onopgelost probleem tijdens het onderwijs nog ligt vóór het moment van de behandeling van wiskundige formules en wel in de fase van het kwalitatieve denken. Het gaat daarbij om de overgang van het 'alledaagse denken' naar een fysische zienswijze.

In de context van dit onderwerp is aandacht besteed aan:

- a. educatieve software t.b.v. het aanvankelijk electriciteits onderwijs;
- b. de vraag hoever je - ten behoeve van het onderwijs aan onderbouwleerlingen - kunt gaan in het vereenvoudigen van oorspronkelijke fysische theorieën.

Eén van Haertel's programma's is gewijd aan de electrische stroomkring. Op het beeldscherm - zie figuur 3 - is een gestippelde kring te zien die als geheel in beweging kan worden gezet. De snelheid van de punten kan stapsgewijs veranderd worden en er kunnen weerstanden in of uit de kring worden geplaatst.

Met deze situatie moet de leerlingen duidelijk worden:

- dat de stroomsterkte aan weerszijden van een weerstand gelijk is;
- dat het veranderen van de weerstand op een plaats in het circuit direct gevolgen heeft voor de stroming in het hele circuit;
- dat meteen na het inschakelen van de spanningsbron alle 'ladingen' tegelijk in beweging komen;
- dat de stroomsterkte toeneemt met de grootte van de spanning;
- dat bij een vertakking, behoud van lading geldt;
- dat in parallelschakelingen de stroomsterkte omgekeerd evenredig is met de weerstanden.

Een ander programma is bedoeld om het onderscheid te laten zien tussen de geometrische en de topologische structuur van een schakeling. Leerlingen hebben hier - zoals eerder vermeld - veel problemen mee. Dit blijkt o.a. duidelijk bij het beantwoorden van de opgave in figuur 4, waarin moet worden aangegeven welke schakelingen elektrisch identiek zijn. Haertel veronderstelt dat dit probleem mede het gevolg is van het feit dat leraren bij het tekenen van schakelingen altijd werken met nette rechte lijnen en parallelle weerstanden altijd evenwijdig aan elkaar tekenen.

In het simulatieprogramma kan de leerling een circuit waarin een aantal basisschakelingen zijn opgenomen stapsgewijs of continu een aantal geometrische vormveranderingen laten doorlopen en ervaren tenslotte toch weer bij de oorspronkelijke - overzichtelijke en bekende - schakeling terug te komen.

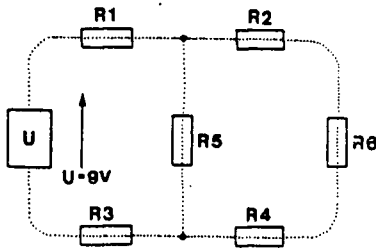


Fig.3 Voorstelling van een elektrische stroomkring op het beeldscherm.

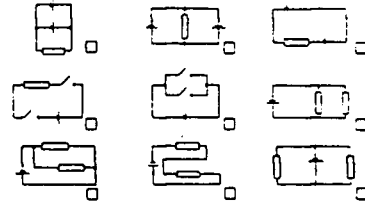


Fig.4 Vraagstuk m.b.t. identificeren van identieke schakelingen.

In twee andere simulaties wordt gebruik gemaakt van een voorstelling van een stroming in de vorm van trillende punten in een gesloten kringloop (figuur 5). Hiermee kan het effect van een weerstand op de stroomsterkte en 'verschijnselen' bij stroomvertakkingen worden gestimuleerd. De leerling ziet ook welke consequenties aannamen ten aanzien van de compressibiliteit van het stromende medium hebben, voor de invloed van weerstanden (grootte en plaats in de keten) op de stroomsterkte. Door een bijzondere voorziening in het programma kan ook duidelijk gemaakt worden welke rol behoud van ladingen, in de waargenomen verschijnselen speelt.

Vereenvoudigen van fysische theorieën in een didactische context. Haertel heeft ook een simulatie ontwikkeld die bedoeld is om leerlingen te helpen bij het ontwikkelen van een concept voor spanning. Hij gaat daarbij uit van de theorieën over verschillen in elektrische velden, tussen enerzijds de (draad-)geleiders en anderzijds de weerstanden, als gevolg van verschillen in ladingsverdelingen. In zijn simulatie maakt Haertel gebruik van een vereenvoudiging van deze theorie door het - minimale - effect van veranderingen in oppervlakteladingen aan het grensvlak tussen de geleider en de weerstand als hoofdoorzaak te nemen voor het veldverloop in een weerstand. Naar aanleiding van de demonstratie van deze simulatie ontwikkelde zich een heftige discussie over de vraag of een dergelijke 'foutieve' voorstelling van zaken - verstoring t.g.v. minimale oppervlakteladingsverschillen opvoeren als de oorzaak voor het veldlijnenpatroon - toelaatbaar was. Een argument vòòr is, dat leerlingen door middel van deze simulatie in ieder geval een concept opbouwen dat hen behulpzaam is bij het oplossen van de vraagstukken die zij aangeboden krijgen. Het interessante van het voorbeeld is dat

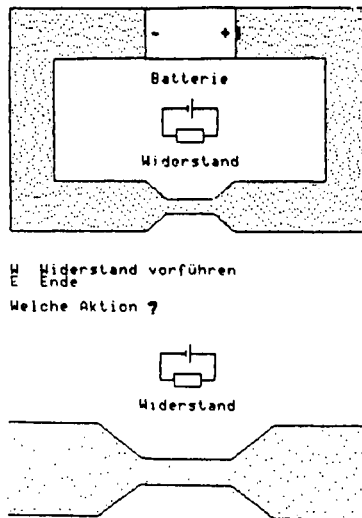


Fig.5 Simulatie van een stroomkring

de beoordeling of de door Haertel gekozen vereenvoudiging inderdaad principieel foutief is, niet door alle aanwezigen werd bevestigd. Degenen die dat wel dachten te kunnen, wierpen zich in de discussie over het didactische argument op als deskundigen wier oordeel onvoorwaardelijk moest worden overgenomen: zuiverheid in de leer is altijd belangrijker dan leerlingen voor hen begrijpelijk (denk-)gereedschap meegeven.

5. Een constructivistische aanpak in het onderwijs

Schwedes en Licht tenslotte, besteedden aandacht aan een constructivistische aanpak in het electriciteitsonderwijs. In een dergelijke aanpak wordt leren nadrukkelijk opgevat als het veranderen van bestaande concepten en redeneerwijzen. Immers de kennis- en betekenisstructuur die de lerende al heeft, beïnvloedt de betekenis die de lerende construeert in relatie tot nieuw aangeboden informatie. Een begrip als stroomverbruik is voor veel leerlingen begrijpelijk, plausibel en wordt toegepast in uiteenlopende situaties. Ondanks het electriciteitsonderwijs blijft dit verbruiks-idee bij veel leerlingen bestaan. Een confrontatie tussen dit aanwezige idee en het te ontwikkelen fysische begrip stroomsterkte lijkt een mogelijkheid om leerlingen op zijn minst over het verschil tussen beide concepten te laten nadenken en praten. Over de meeste geschikte plaats van deze confrontatie - aan het begin of meer aan het eind - in een lessenreeks zijn (nog) geen onderzoeksgegevens bekend. Als mogelijke

nadelen van deze werkwijze werden in de discussie genoemd: onzekere en faalangstige leerlingen kunnen nog meer in verwarring komen door het vernemen van uiteenlopende alternatieve leerlingideeën; het zal veel tijd kosten en is alleen al om die reden niet bij elk onderwerp bruikbaar; er wordt in deze aanpak te sterk gespeculeerd op een streven onder leerlingen om een coherentie en consistente verzameling van concepten te construeren. Zeker onder jonge leerlingen behoef je daarop niet te rekenen.

Totaal indruk

Het seminar werd door alle participanten (ca. 25) als leerzaam en vruchtbaar gezien, dit ondanks het feit dat niet één richting kon worden gegeven voor een aanpak in het electriciteitsonderwijs, die voor het merendeel van de leerlingen tot succes leidt. De opzet en uitvoering van een seminar met deelnemers uit de eerder genoemde gremia lijkt het waard herhaald te worden in Nederland. Wellicht moeten we het onderwerp dan uitbreiden naar andere leerstofgebieden binnen de natuurkunde of naar andere vakken.

Referenties

Aalst, H.F.van en P.Licht. Conferentieverlag, Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 3, 2, 1985, 158-161.

Licht, P. Begrip- en rekenproblemen in beginnend electriciteitsonderwijs, Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen, 4, 2, 1986, 88-106.

Rhoeneck, Chr.von. Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannungs und Widerstand, paper IPN-seminar 34, 1986.

F.L.Gravenberch

Stichting voor de Leerplanontwikkeling te Enschede

P.Licht

Vrije Universiteit Amsterdam

Vakgroep Didactiek en Practica Natuurkunde