

Leren van een vaktaal: stof- en reactiebegrip in biologieboeken

H.Smit en F.G.Brinkman

Universitaire Lerarenopleiding, Vrije Universiteit, Amsterdam;
Lerarenopleiding, Hogeschool Holland, Diemen.

Summary

An analysis is made of the way in which biology books introduce pupils in lower secondary school into the subject language. Special attention is given to those topics for which some understanding of the chemical concepts 'substance' and 'reaction' is needed as referential knowledge. Since these concepts are not being considered as part of the biological knowledge to be taught and since formal chemistry teaching does not start until the third form of secondary school, these concepts are only introduced in passing, in the context of topics like digestion, slow combustion in the cell or photosynthesis. This may lead not only to the formation of misconceptions around chemical concepts but also to improper understanding and use of the biological subject language.

Based on the analysis a proposal is made for the minimum content of the mentioned chemical concepts that should be aimed at while teaching biology. This minimum content should be kept in mind while introducing biological subject language in schoolbooks. In some cases this will imply a teaching strategy different from the conventional experimental method. This could from another point of view also very well be an improvement: it might counterbalance a too simplistic stereotype of the nature of science. Suggestions are given for an approach to subject language development based on teaching methods for the learning of foreign languages and for the teaching of pupils with Dutch as a second language. Especially pupils with lower reading ability could benefit from this approach.

1. Inleiding

Bij het biologieonderwijs is, voor het goed begrijpen van onderwerpen zoals spijsvertering en fotosynthese, eigenlijk een functionerend stof- en reactiebegrip nodig. Vanuit de optiek van biologen gaat het hier om *referentiële kennis*¹ (Steinert, 1989a, 1989b), die systematisch aan de orde komt in het schoolvak scheikunde. Het probleem is echter dat het scheikundeonderwijs pas in de derde klas begint; ook in de basisvorming zal deze volgorde niet veranderen. Bij veel leerlingen zal de benodigde referentiële kennis dus niet

als voorkennis, die eventueel nog geactualiseerd moet worden, aanwezig zijn. Dit betekent dat tijdens het biologieonderwijs er voor gezorgd moet worden, dat bij de leerlingen bruikbare noties worden ontwikkeld rond de begrippen 'stof' en 'reactie'. Deze begrippen komen dan over het algemeen aan de orde in een context, die gericht is op het leren van bepaalde biologische vakonderdelen en niet op het leren van deze niet-biologische begrippen. Het zal dus vaak gaan om *incidenteel leren*² (Schouten-Van Parreren, 1985, blz. 63). Het doel van het biologieonderwijs kan gezien worden als het aanleren van de *biologische vaktaal*³ en het gebruik daarvan in biologische contexten. Vaktaal en contexten variëren per opleidingsniveau, maar terminologie en symboliek zijn universeel communiceerbaar tussen biologen.

De laatste tijd is nogal wat aandacht besteed aan de problemen, die zich voordoen bij de behandeling van de begrippen 'stof' en 'reactie' in het scheikundeonderwijs. De bedoeling van dit artikel is om na te gaan in hoeverre hierbij verkregen inzichten ook voor het biologieonderwijs van belang kunnen zijn.

Om hierop wat meer zicht te krijgen is een aantal biologieboeken geanalyseerd; daarbij is nagegaan:

- a. op welke wijze met de begrippen 'stof' en 'reactie' wordt omgegaan;
- b. in hoeverre een goede begripsvorming, zowel op biologisch als op scheikundig gebied, bij de leerlingen wordt bevorderd of belemmerd door de manier, waarop deze onderwerpen worden besproken.

Voordat de resultaten hiervan worden beschreven zal eerst worden aangegeven:

- (i) welke begripsinhoudelijke problemen zich zouden kunnen voordoen;
- (ii) welke ideeën er bij leerlingen worden aangetroffen rond 'stof' en 'reactie'.

Op grond hiervan wordt een voorstel gedaan voor de noties rond deze begrippen, die als referentiële kennis minimaal nodig zijn voor het kunnen begrijpen van de biologische vaktaal in de schoolboeken zoals die in bijvoorbeeld de 1e en 2e klas van de MAVO worden gebruikt.

Aan het eind van het artikel wordt besproken welke strategieën gebruikt zouden kunnen worden bij het schrijven en gebruiken van lesteksten om tijdens biologieonderwijs het incidenteel leren van benodigde noties rond scheikundige begrippen te bevorderen. Daarbij is speciaal gedacht aan de *taalzwakke leerling*⁴. Immers, een goede leerling redt zichzelf wel, ook al is op het gebruikte lesmateriaal het nodige aan te merken. Het zijn de zwakke leerlingen, die het eerst uit de boot vallen.

2. Problemen voor leerlingen rond de begrippen 'stof' en 'reactie'

In deze paragraaf zal nagegaan worden hoe in het scheikundeonderwijs de begrippen 'stof' en 'reactie' in het algemeen worden gehanteerd.

Daarna wordt een overzicht gegeven van de begripsvorming van scheikundeleerlingen op dit gebied. In §3 worden op grond daarvan onderwerpen in het biologie-curriculum benoemd, waar navenante begripsproblemen zijn te verwachten.

2.1 Hoe fungeert het begrip 'stof' in het scheikunde- onderwijs?

Over het algemeen beginnen de schoolboeken voor scheikunde met de invoering van het begrip 'stof'. Maar uiteindelijk gaat het om het invoeren van het begrip 'reactie'. Ook scheikundigen blijken het woord 'stof' slordig te hanteren. Nu eens betekent het 'materiaal' (de stof waaruit een voorwerp is gemaakt; dit kan ook een mengsel zijn), dan weer is het 'zuivere stof'. Vaak moet uit de context blijken wat bedoeld wordt. Uit onderzoek blijkt dat dit voor leerlingen zeer verwarrend kan zijn (Buck, 1987). Dit kan tot gevolg hebben dat leerlingen bijvoorbeeld geen goed onderscheid maken tussen scheiden en ontleden.

Het begrip 'stof' in de betekenis van 'zuivere stof' wordt vanuit verschillende invalshoeken gebruikt (Buck, 1986, 1987; Ten Voorde, 1987):

- a. operationeel: waaraan herken je een stof? Dit is dan vaak gekoppeld aan de toestand bij kamertemperatuur en aan concrete voorwerpen. Bij het scheikundeonderwijs wordt er vaak stilzwijgend van uitgegaan dat de stof zuiver is.
- b. losgekoppeld van concrete voorwerpen: bijvoorbeeld poedersuiker en kandij zijn dezelfde stof.
- c. losgekoppeld van de aggregatietoestand. Vast en gesmolten ijzer zijn dezelfde stof. Dat betekent dat sommige eigenschappen, die gebruikt worden om stoffen te herkennen niet onder alle omstandigheden gebruikt kunnen worden. Fysische constanten, om stoffen te karakteriseren, worden belangrijk.
- d. gekoppeld aan een sub-microscopisch model. Een zuivere stof bestaat uit één atoom/molecuulsoort, die karakteristiek is voor die stof.
- e. gekoppeld aan het reactiebeprip. Stoffen kunnen onderling reageren en worden daarbij omgezet in andere stoffen. Dit is uiteindelijk het niveau waarop het stofbeprip moet gaan functioneren bij de leerling.

De invalshoeken a. t/m d. hebben betrekking op één stof, terwijl het bij invalshoek e. gaat om de *relatie* tussen stoffen. Ook vanuit de invalshoeken voorafgaande aan d. (dus vanuit een macroscopisch stofbeprip) kan al een bijdrage worden geleverd aan de vorming van het beprip chemische reactie.

2.2 Hoe fungeert het begrip 'reactie' in het scheikundeonderwijs?

Belangrijke kenmerken voor het plaats vinden van een chemische reactie zijn (Joling, 1988; Lameris, 1983; De Vos, 1985a, 1985b):

- a. *verschijnselen*, die optreden *tijdens het verloop van de reactie*. Vooral spectaculaire verschijnselen spreken tot de verbeelding van leerlingen. Echter, veel reacties verlopen zonder dergelijke effecten en worden door de leerling dan ook niet als reactie herkend. Daarnaast kan menging ook aanleiding geven tot een heftige 'reactie' (zoals menging van zwavelzuur en water) maar dit wordt dan toch door leerlingen niet als een scheikundige reactie beschouwd. Slechts de autoriteit van de leraar geeft in zo'n geval uitsluitel!
- b. *verandering van stoffeigenschaften* wanneer een reactie heeft plaats gevonden. Ook hierbij doen zich een aantal problemen voor. Het is niet op voorhand duidelijk bij welke veranderingen men nog steeds met dezelfde stof te maken heeft en wanneer men moet spreken van een 'nieuwe stof'. Door toepassen van scheidingsmethoden kan worden nagegaan of een nieuwe stof is ontstaan. Maar filtreren van water en ijs leidt niet tot een scheiding van twee verschillende stoffen. Is het ontstaan van nieuwe kleuren bij chromatografie een aanwijzing voor het optreden van een reactie onder milde omstandigheden of is het alleen maar een scheiding van tevoren gemengde stoffen? De leerling zal op gezag van de leraar een antwoord moeten aanvaarden.

2.3 Stadia bij de ontwikkeling van het begrip 'reactie' bij scheikundeleerlingen

Tijdens de ontwikkeling van het reactiebegrip bij leerlingen kunnen een aantal stadia worden onderscheiden (Andersson, 1986; Driver, 1985; Ross, 1988; De Vos, 1985a).

Samengevat komt het er op neer dat door waarneming gedomineerd redeneren ('stoffen komen en gaan') geleidelijk overgaat in meer formeel redeneren. Vooral bij verschijnselen uit het dagelijks leven worden geen vraagtekens gezet ('zo gaat het nu eenmaal'): onderscheid tussen een chemisch proces, zoals roesten, en een biologisch proces, zoals beschimmelen, wordt soms niet gemaakt (Sequeira e.a., 1987). De overgang naar meer formeel redeneren, waarbij wordt ingezien dat een reactie een relatie legt tussen bepaalde uitgangsstoffen en daaruit gevormde produkten - *massabehoud* - en waarbij een koppeling wordt gelegd met een sub-microscopisch model - *elementbehoud*, vereist bij leerlingen een andere manier van kijken naar veranderingen: een 'objectwisseling' in de terminologie van Ten Voorde (1987).

Zelfs bij leerlingen die al scheikundeonderwijs hebben gehad komt door waarneming gedomineerd redeneren nog vaak voor als het gaat om ervaringen uit het dagelijks leven waarmee ze van jongs af aan vertrouwd zijn.

Voor veel leerlingen blijkt het wel of niet optreden van een chemische reactie om processen te classificeren een onbelangrijk criterium te zijn (Brinkman e.a., 1989). Het onderscheid tussen chemische en fysische veranderingen, waaraan in sommige scheikundeboeken nogal wat aandacht wordt besteed, is voor hen kennelijk niet zo belangrijk. Dit kan mede veroorzaakt worden door het ontbreken van een goed functionerend stofbegrip. Bij opvallende *proces*kenmerken (vuurverschijnselen, kleurveranderingen) zijn leerlingen het meest gevoelig voor het idee dat er ingrijpende materiële veranderingen plaats vinden (Stavridou, 1989; De Vos, 1985a).

Naast structurele veranderingen (hergroepering van atomen, verbreken en vorming van bindingen) spelen bij scheikundige reacties energie-omzettingen een belangrijke rol. Bij leerlingen worden deze twee aspecten vaak niet aan elkaar gekoppeld (Driver, 1985; Ross, 1988). Energie wordt dan gezien als iets dat is opgeslagen in stoffen en dat, onder bepaalde omstandigheden, daaruit kan worden vrijgemaakt. Bij reacties wordt één stof dan meestal als de energiedrager gezien, de andere stoffen zijn zoiets als 'hulpstoffen' bij het vrij maken van de energie.

Een reactietype, dat ook binnen het biologieonderwijs van belang is, is de verbrandingsreactie. Zelfs nadat deze bij het scheikundeonderwijs is besproken gebruiken veel leerlingen nog steeds allerlei ideeën vanuit hun kinderjaren om verbrandingsverschijnselen te verklaren: brandstof wordt verbruikt, na verbranding blijft er weinig massa (asresten) over, de rest is omgezet in energie; lucht is één of andere hulpstof; het besef dat het om een reactie gaat (waarbij zuurstof en brandstof gelijkwaardige reactanten zijn, die worden omgezet in producten met dezelfde massa) is afwezig (Osborne e.a., 1983). Dat dergelijke misconcepten zo hardnekkig zijn is niet verwonderlijk, als we bedenken dat bij verbranden van stoffen als hout, kaarsvet en aardgas de brandstof (die alleen al door deze naam een speciale status krijgt) opraakt, terwijl de verbrandingsproducten (grotendeels) gasvormig, onzichtbaar en meestal reukloos zijn. Met merkwaardige kunstgrepen, zoals een koud glas en het geheimzinnige kalkwater, wordt in schoolboeken 'bewezen' dat ze wel degelijk bestaan.

3. Welke problemen zijn bij het biologieonderwijs te verwachten?

Bij onderwerpen, zoals spijsvertering, ademhaling, fotosynthese en kringlopen die in de onderbouw van het voortgezet onderwijs en in de basisvorming aan de orde kunnen komen, zou een adequaat functionerend stof- en reactiebegrrip gewenst zijn. Echter, het scheikundeonderwijs begint op de

meeste scholen pas in de derde klas. De benodigde referentiële kennis is dus, althans voor een deel, niet aanwezig. Dit heeft twee belangrijke algemene consequenties:

- a. het biologieonderwijs zal werken met concepten die bij de meeste leerlingen ver af staan van hun belevingswereld.
- b. de wijze waarop deze concepten tijdens het biologieonderwijs verder ontwikkeld worden heeft een directe terugslag op de mogelijkheden voor leerlingen om zelfstandig vergelijkbare biologische situaties te analyseren. De in het scheikundeonderwijs gesignaleerde begripsproblemen die hierboven beschreven zijn, zullen voor het biologieonderwijs in het voortgezet onderwijs (zie de kerndoelen van de basisvorming biologie en de biologie-eindexameneisen M.A.V.O., H.A.V.O en V.W.O.) naar verwachting eveneens een rol spelen. Samengevat zijn deze problemen te verwachten op de volgende gebieden.

Begripsproblemen bij leerlingen kunnen liggen op de volgende gebieden. De daarbij aangegeven voorbeelden geven aan dat er bij verschillende onderwerpen in de biologie in dit verband al begripsproblemen bij leerlingen zijn gesignaleerd.

- (i) verschillende betekenisinhouden van het woord 'stof' worden niet herkend (zoals in voedingsstof, zuurstof, stofwisseling) (Brinkman e.a., 1991);
- (ii) tussen mengen en scheiden enerzijds en reageren anderzijds wordt geen onderscheid gemaakt (daardoor geen besef van de verschillende typen processen die bijvoorbeeld in de darm plaats vinden);
- (iii) massabehoud wordt verward met stofbehoud (het inzicht dat bij een reactie nieuwe stoffen ontstaan ontbreekt), bijv. de relatie tussen fotosynthese en zetmeel (Bell e.a., 1984);
- (iv) geen massabehoud bij chemische processen (fotosynthese, waarbij het gas koolstofdioxide zo'n centrale rol vervult, wordt daardoor erg ondoorzichtig) (Bell e.a., 1984);
- (v) het besef ontbreekt, dat er ingrijpende stofomzettingen plaats kunnen vinden, ook als er geen opvallende verschijnselen optreden (zoals bij verbranding in de cel) (Brinkman e.a., 1989);
- (vi) een chemische reactie (zoals roesten) wordt onvoldoende onderscheiden van een biologisch proces (zoals beschimmelen, een samenspel van zeer veel reacties) (Osborne e.a., 1983);
- (vii) er wordt geen relatie gelegd tussen energie-omzetting en optreden van chemische reacties (daardoor onvoldoende zicht op de rol van zuurstof bij verbrandingsprocessen in de cel en op de rol van licht bij fotosynthese) (e.g. Eisen e.a., 1992);

(viii) de behoefte ontbreekt om een natuurwetenschappelijke analyse en verklaring te geven bij biologische verschijnselen waarmee leerlingen van jongsaf vertrouwd zijn (e.g. Brinkman, 1990).

Om na te gaan in hoeverre deze begripsproblemen te herleiden zouden kunnen zijn tot het gehanteerde taalgebruik in het onderwijs is een analyse gemaakt van de wijze waarop in een aantal schoolboeken voor biologie stofwisseling en processen die hierbij een rol spelen (zoals fotosynthese, spijsvertering, ademhaling, anabolisme, katabolisme) worden behandeld. Daarbij is gelet op de volgende aspecten:

1. wordt rekening gehouden met het nog niet of slechts gebrekkig functioneren van stof- en reactiebegrip bij de leerlingen?
2. kan de wijze van uitleg leiden tot een onjuiste beeldvorming over de genoemde biologische begrippen als de leerling uitgaat van onjuiste of onvolledige concepten?
3. wordt een bijdrage geleverd aan gewenste conceptvorming of worden juist ongewenste concepten versterkt, waardoor de leerling bijvoorbeeld bij het latere biologie- en scheikundeonderwijs gehinderd wordt?

4. Analyse van gedeelten uit schoolboeken

Bij twee biologiemethoden en een 'kennis der natuur'-methode is in de boeken voor de eerste en tweede klas geïnventariseerd in welke tekstfragmenten de begrippen 'stof' en 'reactie' aan de orde komen. Bij de weergave van de resultaten in de vorm van citaten uit deze fragmenten is de volgorde van het boek aangehouden om een indruk te geven van de wijze waarop deze concepten worden ontwikkeld. Uit dit overzicht blijkt tegelijk bij welke biologie-onderwerpen deze concepten een belangrijke rol spelen. De keuze van deze boeken vond plaats op grond van de mate waarin de schrijvers pretendeerden andere natuurwetenschappen dan alleen biologie in hun methode te integreren.

Zo resulteerden een 'zuivere' biologie-methode (Oskamp), een methode die biologie afstemt op de andere natuurwetenschappen (Exact-biologie) en een (geïntegreerde) 'kennis der natuur'-methode.

4.1 Een onderbouw-methode biologie

Allereerst een aantal citaten uit de veel gebruikte methode: A.A.G. Oskamp, e.a., *Kreutzer Biologie voor de onderbouw*, Wolters-Noordhoff. In deel 1m hv, 1985 lezen we:

p.60: De hand krijgt de stoffen die bijvoorbeeld voor de beweging van spieren nodig zijn uit het bloed. ...

p.62: De spieren hebben voor hun werk voedingsstoffen en zuurstof nodig. Deze worden door het bloed aangevoerd. Afvalstoffen uit de spieren worden door het bloed afgevoerd.

Door je ademhaling wordt er in de longen steeds nieuwe zuurstof aan het bloed toegevoegd. Door te eten komt er voedsel in je darm. Dat wordt daar verteerd. De verteerde voedingsstoffen worden in het bloed opgenomen. Onverteerbare resten verlaten via de anus de darm. De afvalstoffen van je spieren worden door je nieren uit het bloed gehaald.

Dit is de eerste beschrijving van een aantal stofwisselingsprocessen. Uit de tekst valt niet op te maken wanneer het gaat om een scheiding (onverteerbare resten) en om een reactie (voedsel → verteerde voedingsstoffen). Er wordt geen relatie gelegd tussen voedingsstoffen en zuurstof, terwijl ook de herkomst van de afvalstoffen niet wordt verduidelijkt. Waarom de spieren voedingsstoffen en zuurstof nodig hebben wordt niet verteld. Op de verschillende aard van de processen en op de aanwezige relaties wordt dus niet expliciet ingegaan. De auteurs doen een keuze: ze noemen een aantal belangrijke reactanten en produkten van stofwisselingsreacties maar vermijden de aanduiding laat staan beschrijving van deze reacties zelf. Het beeld dat hieruit naar voren komt, betekent een feitelijke mystificatie van het reactiebeprip. Het badwater wordt behandeld maar het kind wordt tot de bovenbouw nog even buiten beschouwing gelaten. Hoe zinvol een dergelijke aanpak is staat te bezien.

Bovendien wordt het woord 'stof' hier zonder nadere toelichting in verschillende betekenissen gehanteerd: als algemene verzamelnaam ('stoffen'), als deelverzameling ('voedingsstoffen', 'afvalstoffen') en als zuivere stof ('zuurstof'). Bovendien zijn er dan nog de 'onverteerbare resten' die kennelijk geen stoffen zijn. De door Buck (1987) gesignaleerde verwarring bij leerlingen kan toeslaan.

§3.3 gaat over 'energie en verbranding'. In de inleiding staat:

p.70: om te kunnen bewegen heb je energie nodig. (auto als voorbeeld) benzine is in de motor verbrand en daarbij is energie voor beweging vrijgekomen. Ook in je lichaam wordt energie verkregen door verbranding, al komen daar geen vlammen aan te pas....

De vergelijking tussen de motor en het lichaam is alleen maar functioneel als leerlingen een goed beeld hebben van wat in de motor gebeurt. De meeste leerlingen realiseren zich echter niet dat in de motor een reactie tussen zuurstof uit de lucht en benzine plaats vindt, waarbij energie 'vrij' komt en waarbij verbrandingsgassen ontstaan. Dat kun je ook niet zien. In de gekozen opzet moeten de leerlingen zelf afleiden wat er gebeurt tijdens een verbranding

en vervolgens inzien dat het bij langzame verbranding in organismen om een vergelijkbaar proces gaat.

Vervolgens worden een aantal leerlingenproeven beschreven (p.70-72):

- verbranding van een kaars → er ontstaat water bij verbranding
- stikstof, zuurstof en koolstofdioxide worden genoemd als bestanddelen van lucht; er blijken zomaar potjes met zuurstof en koolstofdioxide te zijn; een kaars brandt goed in zuurstof → zuurstof is nodig voor verbranding.
- kalkwater als reagens op koolstofdioxide
- overschenken van koolstofdioxide
- koolstofdioxide ontstaat bij een brandende kaars
- koolstofdioxide ontstaat bij kiemende erwten → waarschijnlijk ook bij kiemende erwten- verbranding
- koolstofdioxide in uitademingslucht bij mensen → verbranding bij mensen.

Deze serie proeven is volstrekt duidelijk als je al een compleet beeld hebt over verbranding en stofwisseling. Vanuit deze optiek valt het niet eens op dat de logica volkomen zoek is. Echter, bij de leerlingen ontbreekt deze optiek! Een drietal opmerkingen hierover:

1. Terwijl een scheikundeboek (zoals SLO, Chemie 3 mavo, Wolters-Noordhoff, 1989) meer dan twintig bladzijden nodig heeft om zicht te krijgen op verbrandingsreacties (nadat het reactiebegrip al eerder is ingevoerd), wordt hier hetzelfde gedaan in twee bladzijden, zonder dat vooraf over chemische reacties is gesproken. En dan te bedenken dat juist rond verbranding bij vrijwel alle leerlingen de aanwezige concepten sterk afwijken van de gewenste. Het is dan ook zeer optimistisch om te verwachten dat het leefwereldbegrip 'verbranding' vervolgens gekoppeld wordt aan het formele concept 'langzame verbranding'.
2. Ten onrechte wordt hier gesuggereerd dat verbanden worden afgeleid met behulp van de experimentele methode. Koolstofdioxide is alleen maar een verbrandingsprodukt als koolstofhoudende stoffen worden verbrand. Koolstofdioxide wordt niet alleen gevormd bij verbrandingsreacties, maar ook bij reacties zoals de inwerking van zuur op carbonaten. De vorming van koolstofdioxide is dus noch een nodige, noch een voldoende voorwaarde voor het optreden van een verbrandingsreactie. De opgedrongen conclusie dat bij kiemende zaden waarschijnlijk (een relativering, die net zo goed niet gemaakt had kunnen worden, gezien het vervolg) verbranding optreedt is logisch niet verdedigbaar. Deze conclusie vooronderstelt dat het, zowel bij het branden van een kaars als bij het kiemen van zaden, gaat om chemische reacties, waarbij zuurstof één van de reaktanten is en dat de stoffen die reageren in de kaars en in de zaden koolstof bevatten.
3. Uit zichzelf zullen leerlingen het biologisch proces 'kiemen van zaden' niet koppelen aan processen, die in hun belevingswereld gepaard gaan met

vuurverschijnselen. Ze weten niet dat bij de verbranding van een kaars en bij 'langzame verbranding' chemisch gezien verwante stoffen betrokken zijn. De relatie tussen de aard van de brandstoffen en de gevormde verbrandingsprodukten is hun onbekend.

Wat voor beeld zullen de leerlingen op deze manier krijgen, niet alleen over verbrandingsprocessen, maar ook over de experimentele methode?

Daarna staat er

p.72: ... De brandstof die jij voor je verbranding gebruikt, is vooral glucose (druivesuiker). Deze stof krijg je met je voeding binnen of je maakt hem uit je voedingsstoffen.

Het onderscheid tussen 'binnen krijgen' en 'maken uit' veronderstelt een reactiebegrip en een beeld van de spijsvertering. Ook hier weer impliciete relaties, die voor een leerling niet zullen functioneren, maar voor de schrijvers van het boek vanzelfsprekend zijn (zij zouden zich geen goede biologen voelen als zij dat onderscheid niet zouden maken).

4.2 Een geïntegreerde onderbouw-methode biologie

Vervolgens een bespreking van de behandeling van deze onderwerpen in A.E.M. van Deinse-Brokkx, e.a., *Exact Biologie* deel 1 mhv (1981) en deel 2 mhv (1986), Meulenhoff. Deze methode is gekozen omdat bij de opzet uitdrukkelijk gestreefd is naar afstemming tussen biologie en natuurkunde en scheikunde.

In deel 1 in thema 5 'Veranderingen' (p.108-114, 129-130) ook weer de brandende kaars die 'kaarsvet en zuurstof verbruikt' en 'warmte en koolzuurgas afgeeft'. Dit wordt medegedeeld zonder nadere uitleg. Verder de vermelding dat inademingslucht voldoende zuurstofgas moet bevatten en dat groene planten het zuurstofgehalte van de lucht kunnen verhogen. 'Hoe het precies zit met zuurstofgas en koolzuurgas in de lucht zul je later leren bij scheikunde.' Wel wordt bij de bespreking van oude lichtbronnen verteld: 'veel van de stoffen, die als brandstof gebruikt werden, waren namelijk ook eetbaar'. Maar dit heeft verder geen enkele functie. Relaties tussen stoffen worden niet gelegd. Ook is niet duidelijk wat de zin is van het bespreken van de verbrandingsverschijnselen voor de biologie.

In deel 2, thema 'Je bestaat', komt spijsvertering aan de orde (p.8-11):

'Erwtjes die je eet worden door je lichaam veranderd. De organen, die daarbij een belangrijke rol spelen ... hebben ... verteringsfuncties'.

'.... bloed door het lichaam kan circuleren:

- * naar de darmen om verteerd (= opgelost) voedsel op te nemen
- * naar de longen om zuurstofgas op te nemen en koolzuurgas en water af te geven

- * naar de nieren, waar er afvalstoffen en andere overtollige stoffen uit worden gehaald.'

Daarna op p.11 over het belang van water:

'..... dat je water met andere stoffen moet combineren. Dan is water een goede bouwstof.'

En vervolgens over de transportfunctie van water:

transporteert '.... bijv. de verteerde stoffen uit het voedsel van de dunne darm naar de rest van het lichaam, en de opgeloste afvalstoffen in het bloed van de nieren naar de blaas.'

Verteren wordt dus gelijk gesteld met 'oplossen'; daarnaast wordt over 'veranderen' gesproken. Verder zijn er ook nog afvalstoffen. En water kan combineren met andere stoffen. Een koppeling tussen 'oplossen' en 'veranderen' draagt niet bij tot een goede begripsvorming. Welke relaties er liggen tussen de verschillende stoffen wordt niet expliciet gemaakt. Het idee van reacties blijft zo volledig buiten zicht.

Op p.18 wordt, net als in Oskamp, de analogie tussen de motor, die benzine en zuurstofgas verbrandt voor de benodigde energie, en de mens, die voeding en zuurstofgas nodig heeft voor de benodigde energie, beschreven. 'In de organen wordt dan energie uit de voedingsstoffen vrijgemaakt.' Dat het om een reactie tussen zuurstof en voedingsstoffen gaat blijkt uit deze omschrijving niet. Op p.21 staat: 'in het lichaam wordt die energie vrijgemaakt met behulp van zuurstof'. Is zuurstof alleen maar een hulpstof?

Verder levert voedsel 'niet alleen energie maar ook materiaal voor de opbouw van het lichaam' (p.18). Vervolgens wordt volstaan met het opsommen van de namen van verschillende soorten opbouwstoffen en van 'andere stoffen (materialen)' die nodig zijn. Op p.46 wordt bij de vraag 'kun je groei beïnvloeden?' op vergelijkbare wijze gesproken over groeihormonen (hierdoor 'wordt groei veroorzaakt') en over voeding ('ook belangrijk voor groei en ontwikkeling') Dat hormonen voorwaarden scheppen voor groei en dat voeding de materiële drager is van groei blijkt zo helemaal niet. Op p.60 staat bij celgroei:

de cel wordt groter 'doordat iedere cel stoffen opneemt uit de omgeving en daar zijn materialen van maakt'.

De wijze waarop nu gebruik gemaakt wordt van de woorden 'stoffen' en 'materialen' is duidelijk verschillend van die op p.21. Pas bij een functionerend reactiebeprijp is deze zin te begrijpen.

4.3. Een methode 'kennis der natuur' voor de onderbouw

De benadering in deze twee biologieboeken is vervolgens vergeleken met de wijze waarop in J. van Prooijen, e.a., *Natuurlijk, doen!*, 2e dr, Nijgh en Van Ditmar, deel 1 (1986) en deel 2 (1987) deze onderwerpen worden besproken. Omdat dit een 'kennis der natuur' boek is kan worden verwacht dat wat meer aandacht wordt besteed aan scheikundige begripsvorming.

In deel 1, p.8 wordt het stofbegrip ingevoerd: stof = 'materiaal ... waar een voorwerp van gemaakt is'. Vlak daarna staat de cryptische waarschuwing; 'Let op: sommige voorwerpen bestaan uit meer dan één stof, of kunnen van verschillende stoffen zijn gemaakt.' Deze zin betekent pas wat als stof wordt opgevat als zuivere stof, maar dat is dan wel een betekeniswisseling, die bij leerlingen niet verwacht kan worden. In het rijtje stoffen op p.9 staan zuivere stoffen en mengsels gewoon door elkaar. Op p.37 staan naast elkaar een rijtje 'voorwerpen' en een rijtje 'stoffen'. Aan de leerlingen wordt gevraagd om voor elk voorwerp aan te geven uit welke stof het 'bestaat'. Gezien de mogelijkheden worden koppels verwacht als: ijzervijzel - ijzer; maar ook: bleekmiddel - chloor, uitlaatgas - koolmonoxide. Stoffen zoals chloor en koolmonoxide zullen de meeste leerlingen niet kennen, het is dan ook onduidelijk welke bijdrage de laatste twee koppels zullen geven aan de begripsvorming. De suggestie, dat deze voorwerpen uit één stof zijn opgebouwd, die wordt gewekt door het gebruik van 'bestaan uit', is ongewenst. De koppeling 'uitlaatgas - koolmonoxide' is hinderlijk bij de latere bespreking van verbrandingsprocessen: daar wordt alleen gesproken over kooldioxide. Ook in dit boek komt onderzoek aan de brandende kaars voor. In deel 1, p.9 moet worden getekend waar vloeistof en vaste stof is. Daarna wordt gevraagd of je van de resten van de kaars een nieuwe kaars kunt maken. Verder geen toelichting. Op p.83 moet ook nog worden getekend waar de kaars gasvormig is (bij de bespreking van fase-veranderingen).

In deel 2, p.36 bij de proef met een brandend waxinelichtje, dat drijft op water en waaroverheen vervolgens een maatcilinder wordt gezet staan dan zo maar, zonder enige uitleg vooraf, de volgende vragen:

1. Wat gebeurt er met de kaarsvlam?
2. Welk gas uit de lucht heb je nodig om te kunnen blijven leven?
3. Wat heeft een kaarsvlam nodig om te kunnen branden?

Op p.39 staat dan 'zoals je ...(bij deze proef)... gezien hebt is voor verbranding zuurstof nodig'. (Let wel: 'gezien!'). Kortom, ook in dit kennisder-natuurboek is de behandeling vergelijkbaar met die in de besproken biologieboeken.

In deel 1, p.7 wordt van scheikunde gezegd dat deze wetenschap zich bezig houdt 'met de samenstelling van allerlei stoffen' en 'met veranderingen van stoffen die blijvend zijn'. Een reactiebegrip wordt echter niet ingevoerd.

In deel 2 wordt op p.117, bij de bespreking van elektriciteit ineens het planetenmodel van atomen getekend en wordt een molecuul water weergegeven door een tekening van twee losse waterstofatomen en één los zuurstofatoom in een grote cirkel. Op p.123 wordt gesproken over 'ingewikkelde scheikundige processen' in een batterij.

De behandeling van stofwisseling en spijsvertering verloopt ongeveer net zo als in de besproken biologieboeken.

In deel 1, p.167 wordt bij de bespreking van fotosynthese ineens koolzuurgas als noodzakelijk bestanddeel in de lucht binnengesmokkeld. Zetmeel ontstaat 'als water en koolzuurgas met behulp van zonlicht aan elkaar worden gemaakt'. Een molecuulmodel en het reactiebeprip zijn nog helemaal niet aan de orde geweest. Wat zal een leerling zich hierbij dan voorstellen?

In deel 2, p.39-40 wordt eerst gezegd dat voor verbranding zuurstof nodig is, vervolgens wordt onderscheid gemaakt tussen langzame en snelle verbranding. Daarna wordt in één korte alinea toegewerkt naar een reactiebeprip, tegelijkertijd is het een voorbeeld van langzame verbranding:

'Wanneer ijzer gaat roesten, verbindt het ijzer zich langzaam met zuurstof uit de lucht. We noemen dit ook wel 'oxyderen'. Oxyde = een verbinding met zuurstof

Zonder enige toelichting wordt hier het woord 'verbinding' in de scheikundige vaktaal-betekenis gebruikt.

Aansluitend wordt de overstap gemaakt naar levende wezens, waarin ook langzame verbranding plaats vindt: 'zuurstof wordt daarbij opgenomen en koolzuurgas komt daarbij vrij'. Hoe dit samenhangt met het roesten van ijzer wordt niet verder uitgewerkt, het zal de meeste leerlingen ontgaan (ze zullen roesten eerder koppelen aan verteringsprocessen dan aan verbrandingsprocessen in levende wezens). Op p.70, bij de herhalingsopdrachten, wordt vervolgens bij langzame verbranding gezegd: 'de stoffen veranderen langzaam maar zeker in een andere stof'. Bepaald niet een formulering die bijdraagt tot gewenste conceptvorming bij leerlingen!

Op p.98-100, waar de fotosynthese opnieuw aan de orde komt, wordt wel uitdrukkelijk gezegd dat er nieuwe stoffen ontstaan.

In deel 2, p.2-3 en 31, bij spijsvertering, wordt 'verteren' omschreven met woorden als: klein maken, veranderen, oplosbaar maken. Maar op p.104 wordt, bij de beschrijving van kringlopen gezegd: 'veel dingen geven niet zoveel moeilijkheden, zoals plantaardige en dierlijke resten, die verteren kunnen'. Hier wordt verteren, net als vaak in de spreektaal gebeurt, gebruikt in de zin van een verdwijntruc. De aard van de verteringsprocessen wordt er zo niet duidelijker op.

4.4 Enkele opmerkingen en conclusies

Wanneer we dit zo achter elkaar zien, dan is het niet verwonderlijk dat leerlingen, ook nadat ze biologieonderwijs hebben gehad, nog steeds geen duidelijk beeld hebben van stofwisselingsprocessen. Belangrijke relaties tussen stoffen en processen worden niet of onvoldoende gelegd. Specifiek woordgebruik binnen een vaktaal wordt onvoldoende onderscheiden van dagelijks taalgebruik. Lezend als bioloog kan alles volslagen duidelijk zijn. Maar bij een leerling, die het in de les nog niet helemaal heeft begrepen en die hoopt dat het boek hem wel verder zal helpen, kan de verwarring groot worden.

Misconcepten bij leerlingen rond verbrandingsprocessen en andere chemische reacties kunnen gehandhaafd blijven of zelfs gevormd worden. Verschillende van deze misconcepten zijn zeer hardnekkig. Ook na een aantal jaren scheikundeonderwijs blijken ze nog bij veel leerlingen aanwezig te zijn (Osborne e.a., 1983).

De vraag, of in biologie- en kennis der natuurboeken rekening wordt gehouden met een gebrekkig of niet-functionerend stof- en reactiebegrip bij leerlingen, kan dus voor de onderzochte methodes ontkennend worden beantwoord.

Het begrip 'stof' wisselt zonder aankondiging vaak van betekenis. Het begrip 'reactie' wordt bij de behandeling van stofwisseling òf vermeden, waardoor reactanten geen relaties met elkaar hebben, òf toegelicht met chemisch zeer complexe voorbeelden, die meer verwarring dan verheldering bieden. Dat dit laatste aanleiding kan zijn tot een onjuiste beeldvorming bij leerlingen is evident. De flakkerende vlammetjes in de maag van de, door een leerling van Alfred Schermer, getekende persoon die zijn voedsel aan het verteren is, zijn daar een illustratief voorbeeld van (Brinkman e.a., 1989).

Van een bijdrage aan conceptvorming op het gebied van stof en reactie kan moeilijk worden gesproken. Het beeld dat uit de teksten naar voren komt is op dit punt in elk geval niet verhelderend te noemen. Aangezien de begripsvorming bij leerlingen over deze onderwerpen nog niet duidelijk in kaart is gebracht, is het nog te vroeg om te stellen dat de gevolgen schadelijk voor later biologie- en scheikundeonderwijs zouden kunnen zijn.

5. Kan het ook anders?

5.1 Beperkende randvoorwaarden

Gezien de structuur van het gangbare onderwijs en zeker ook gezien de urentabel voor biologie in de basisvorming is er binnen het vak biologie onvoldoende tijd beschikbaar om de begrippen 'stof' en 'reactie' op te bouwen zoals dat bij scheikunde gebeurt. Het is misschien ook niet nodig om een beroep te doen op gedetailleerde concepten voor een goede biologische begripsvorming, hoewel het wel wenselijk zou zijn. Gezien de kerndoelen van

de basisvorming zullen in ieder geval basisbegrippen rond stofwisseling ook in het begin van het biologieonderwijs aan de orde moeten komen. Maar dan zou dit wel zo moeten gebeuren dat de leerlingen voldoende inzicht krijgen om de kennis in het dagelijks leven te kunnen toepassen. Tevens zou het een verantwoorde aanzet moeten zijn voor het daarna volgend biologie- en scheikundeonderwijs.

De vraag wordt dan: welke noties moeten bij de leerlingen minstens aanwezig zijn rond de scheikundige begrippen 'stof' en 'reactie' voor een biologisch verantwoord inzicht in stofwisselingsprocessen? Op basis van het voorafgaande wordt het volgende voorgesteld.

Noties rond het begrip *reactie*:

- a. stoffen kunnen verdwijnen, tegelijkertijd komen daarvoor *andere* stoffen in de plaats (bijvoorbeeld bij verbranding in de cel);
- b. er bestaan bepaalde vaste *relaties* tussen stoffen die verdwijnen en stoffen die dan gelijktijdig ontstaan (aminozuren zijn bouwstenen voor eiwitten en niet voor vetten);
- c. stofomzettingen gaan gepaard met *energieomzettingen* (wanneer een organisme energie opneemt, zoals bij fotosynthese, of afstaat, zoals bij spierarbeid, vindt tegelijkertijd een reactie plaats).

De betekenis, die aan het begrip 'stof' wordt gegeven door de leerlingen zal in elk geval bovenstaande noties moeten kunnen ondersteunen. Voldoende is misschien als *stof* wordt opgevat in de zin van 'materiaal':

- a. dat in verschillende soorten voor kan komen;
- b. dat aan kenmerkende eigenschappen herkend kan worden.

Deze noties zouden dus ontwikkeld moeten worden tijdens het biologieonderwijs. Ze kunnen gebruikt worden bij het expliciet aangeven van verbanden. Verwijzingen naar moleculen en naar chemische formules zouden vermeden moeten worden. Wel kan gebruik worden gemaakt van reactieschema's en, waar zinvol, van gebruikelijke scheikundige namen voor stoffen.

5.2 Verkenning van mogelijke strategieën

De bij de leerlingen aanwezige concepten zullen veelal niet toereikend zijn om tot een gewenste begripvorming te komen. Het onderwijs zal dus gericht moeten zijn op een bereiken van een 'objectwisseling' (Ten Voorde, 1987) of, wanneer het gaat om een samenhangend geheel van begrippen, een 'paradigma-verandering' (Kuhn, 1972).

Omdat, zoals we hebben gezien, een geleidelijke opbouw van het begrip 'reactie' vanuit leerlingen- en docentenproeven zeer tijdrovend is, zal naar een andere strategie gezocht moeten worden; waarbij proeven uiteraard wel gebruikt kunnen worden als illustratie. Weliswaar zijn de onderwijsstrategieën in de natuurwetenschappen, die momenteel gepropageerd worden, veelal

methoden waarin uitgebreid gebruik wordt gemaakt van proeven. Daarvoor zijn goede redenen aan te geven. Maar dan moet het wel op een verantwoorde wijze gebeuren. In ieder geval is het ongewenst als de illusie wordt gewekt van een experimentele benadering terwijl het in feite om 'indoctrinatie' gaat.

Is de weg via practica en demonstraties echter ook de enig mogelijke weg? Een belangrijk doel van het onderwijs is dat de leerlingen uiteindelijk in staat zijn om begrippen wendbaar te kunnen gebruiken ook in alledaagse situaties. Daarvoor moeten ze zich bruikbare en gangbare paradigma's eigen maken: ze moeten door een goede bril kijken. In dit goed leren kijken zitten irrationele stappen, het is een discontinu proces (Van Peursen, 1986, p. 32-35). Leerlingen kijken op hun eigen manier naar proeven. Het uitvoeren van veel proeven leidt niet vanzelf tot de gewenste manier van kijken. Redeker (1990) spreekt in dit verband van 'omleren'. Het in 1963 begonnen experimentele scheikunde- onderwijs van de Werkgroep Empirische Inleiding (WEI) had wel oog voor de noodzaak van een gestructureerde invoering van de vaktaal (Van der Aalsvoort, 1982, p. 241-254). Toch is het experiment uiteindelijk niet succesvol gebleken. Een mogelijke oorzaak hiervoor zou kunnen zijn dat onvoldoende rekening werd gehouden met het irrationele karakter van omleren. Dergelijk omleren zou ook kunnen plaats vinden via lesmateriaal dat minder sterk de nadruk legt op (school)proeven. Gedacht kan worden aan een meer taalgerichte benadering, die de gebruikelijke schoolse vakinhoud overstijgt: bijvoorbeeld een beschrijving van de historische ontwikkeling van ideeën rond een bepaald verschijnsel of een bestudering van maatschappelijk georiënteerde contexten waarin te leren begrippen een belangrijke rol spelen. Afwisselende invalshoeken tijdens natuurwetenschappelijk onderwijs zijn zelfs aan te bevelen om een te stereotiep beeld van natuurwetenschappen te voorkomen (Smit, 1991). Deze stereotypie kan namelijk leiden tot ongewenste, etnocentrische vooroordelen (Rattansi, 1989). Tevens geeft natuurwetenschappelijk onderwijs, dat zich beperkt tot overdragen van het standaardbeeld, leerlingen een onvolledig beeld van de natuurwetenschappelijke praktijk en van het functioneren van natuurwetenschap in de samenleving (Latour, 1988).

Mede vanuit de russische leerpsychologie wordt er de nadruk op gelegd dat echt leren niet tot stand kan komen zonder een goede verwoording van het geleerde (Van Parreren, 1987). Een leerweg om zich de benodigde noties uit de referentiële kennis eigen te maken zou dan mogelijkkerwijs ook kunnen verlopen via het gestructureerd aanleren van de vaktaal, waarbij minder de nadruk wordt gelegd op het uitvoeren en interpreteren van proeven. Gekozen zou kunnen worden voor meer verhalende contexten, waarbij dan speciaal gebruik gemaakt wordt van strategieën die hun nut hebben bewezen bij het verwerven van een tweede taal. Immers, leren van een vaktaal is, tot op zekere hoogte, vergelijkbaar met het leren van een tweede taal. (Steinert,

1989) Ideeën voor taalverwerving en voor aanleren van een vaktaal kunnen we verder vinden bij Bergerud (1988), Hofmans-Okkes (1987), Hoyle (1987), de Jong (1990a, 1990b), Meestringa (1990) en Schouten-Van Parreren (1985). Hieronder volgt een samenvatting van een aantal van deze ideeën.

1. Wanneer kenniselementen uit andere disciplines als *referentiële kennis* nodig zijn, is het belangrijk dat deze bij de leerling *geactualiseerd* worden (Hofmans-Okkes, 1987). Vaak wordt in vaktaaltteksten, gezien de structurering, aangenomen dat leerlingen daartoe zelf in staat zijn. Weliswaar wordt in het kader van de bespreking van verbrandingsprocessen in organismen vaak ook even gekeken naar een brandende kaars. Maar er wordt in een zeer korte tekst zoveel aan de orde gesteld, dat deze alleen te begrijpen is als er al een gewenste notie rond begrippen als reactie en reagens aanwezig is. In §2.3 kwam naar voren dat het reactiebegrip bij leerlingen echter niet een voor de hand liggend criterium is bij de indeling van processen in categorieën.

Een eerste stap zal dus moeten zijn dat wordt vastgesteld welke concepten bij de leerlingen reeds aanwezig zijn. Van daaruit moet dan worden verder gewerkt. Immers, als er geen gewenste noties zijn valt er weinig te actualiseren. Zoals we hebben gezien is dit een benadering, die nogal ver af staat van de benadering in de geanalyseerde schoolboeken. Ook bij het preconcepten-onderzoek gaat het veelal niet om het opsporen van preconcepten op het gebied van de referentiële kennis, maar om leerling-ideeën rond de nieuw te verwerven vakkennis.

2. De *betekenis* van nieuwe *vaktaalwoorden* moet worden afgeleid uit de *context* (Schouten-Van Parreren, 1985). De context kan een concrete ervaring zijn, opgedaan in het dagelijks leven of tijdens een practicum. Daarnaast biedt een leerboek ook beschreven contexten. Om een lestekst niet al te lang te maken wordt vaak gekozen voor een beknopte tekst. Daardoor kan deze voor de leerling te encyclopedisch en te abstract worden. Vooral het bespreken van non-voorbeelden, om de reikwijdte van een begrip af te grenzen, blijft meestal achterwege.

Voorbeeld: maak duidelijk dat oplossen van suiker in water iets heel anders is dan verteren van voedsel.

Voor *incidenteel leren* van de betekenis van een onbekend woord wordt bij het leren van vreemde talen als vuistregel gebruikt dat een nieuw woord minstens in vier verschillende, maar voldoende verwante contexten aan de orde moet komen (Schouten-Van Parreren, 1985). Om te zorgen dat de betekenis niet te snel weer vergeten wordt zal het woord in de drie volgende lessen nog minstens één maal aan bod moeten komen (4+1+1+1-strategie).

Non-voorbeeld: de proef met een brandende kaars (één context) gebruiken

voor ontwikkelen van een reactiebeprip, voor het bespreken van de karakteristieken van een verbrandingsreactie en voor het invoeren van het idee van langzame verbranding in cellen.

Factoren die kunnen leiden tot een foutieve betekenis-inhoud van een begrip zijn:

a. misleidende context;

Voorbeeld: ook als er een reactie plaats vindt wordt vaak gesproken over het 'veranderen' van stoffen. Beter zou het zijn om dan consequent bijvoorbeeld het woord 'omzetten' te gebruiken en expliciet duidelijk te maken wat hiermee wordt bedoeld.

b. meerdere onbekende of onjuist opgevatte woorden in een context (voor goed begrip van een leestekst moet minstens 95% van de woorden bekend zijn, uitgaande van een effectieve leesstrategie).

Voorbeeld: de betekenis, die een woord heeft wordt mede bepaald door het vaktaaldomein waaraan het is ontleend. 'Reageren' betekent als scheikundige term iets heel anders dan als term in de biologie bij de beschrijving van gedrag.

3. Bij het schoolvak is het voor een goed begrip nodig dat de juiste *relaties* tussen kenniselementen worden gelegd (Boschhuizen, 1987; Steinert, 1989b).

Taalkundig kunnen deze verbanden worden weergegeven met behulp van *verwijswoorden* (zoals: eerst daarna) en specifieke *zinsconstructies* (zoals: als dan). Daardoor kunnen zinnen ingewikkeld worden om te lezen. Schrijvers van leerboeken proberen ingewikkelde zinnen soms te vermijden door het weglaten van zinsconstructies die de verbanden expliciet aangeven. Daardoor worden de zinnen wel korter, maar de verbanden worden daarmee tegelijkertijd impliciet. En daarmee wordt de tekst juist moeilijker om echt te begrijpen!

Juist die relaties die door leerlingen niet gemakkelijk gelegd worden zullen voortdurend *expliciet* moeten worden aangegeven.

Voorbeeld: de rol van zuurstof bij verbranding in de cel blijft bij veel leerlingen zeer onduidelijk. Dat kan mede veroorzaakt worden doordat bij voedingsstoffen, als over 'brandstof' wordt gesproken, alleen wordt gekeken naar wat via de maag naar binnen komt. Dan, ineens, wordt bij verbranding zuurstof genoemd, terwijl daarvoor een koppeling tussen brandstof en zuurstof niet aan de orde is geweest.

Relaties kunnen ook expliciet worden gemaakt door *visualisering*. Voor het zojuist besproken voorbeeld zou een structuurschema kunnen worden gemaakt.

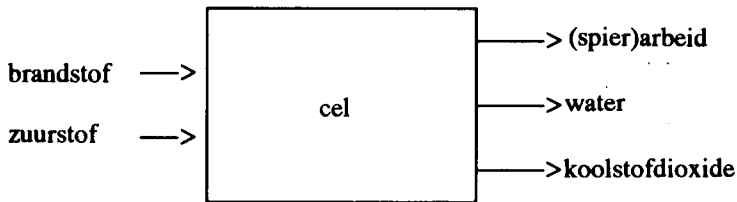


Fig. 1. Schema van de celademhaling

Daarbij zou er dan uitdrukkelijk op kunnen worden gewezen dat in de cel een omzetting plaats vindt; gekoppeld hieraan is een energieomzetting, waardoor arbeid verricht kan worden (hierbij komen nogal wat begrippen aan bod die ontleend zijn aan het domein van de natuurkunde).

Vooral voor leerlingen met een zwakke leesstrategie is het van belang om heel expliciet in te gaan op het leggen van verbanden, het uitleggen van de betekenis van moeilijke woorden (ook buiten de vaktaal om) en het aangeven van de functie van tekeningen, tabellen of grafieken, die voorkomen in een te bestuderen tekst. Tekstbegripvragen toetsen het resultaat van een leesproces, maar leiden over het algemeen niet tot een verbetering van de leesstrategie (Schouten-Van Parreren, 1985).

4. Belangrijk voor het opsporen van relaties en het ontwikkelen van begrippen vanuit de tekst is dat er opdrachten worden gegeven, die uitnodigen tot *gevarieerd handelen* (niet alleen schriftelijk, maar ook als groepswork): schema's en tekeningen maken of afmaken, raden van woordbetekenissen, opsporen van verbanden (logisch, ruimtelijk, chronologisch), categoriseren, opstellen van een overzichtsmatrix, lokaliserend lezen, synoniemen en homoniemen herkennen, samengestelde woorden analyseren of opbouwen, gebruik maken van woordenboek en encyclopedie, verband leggen met andere kennis, onderscheid maken tussen voorbeelden en non-voorbeelden van een bepaalde categorie of een bepaald proces, enz (Steinert, 1989b). Juist voor zwakke leerlingen is een zorgvuldig taalgebruik en een duidelijke structurering van groot belang. Daarbij zal de docent er op bedacht moeten zijn dat er geen te grote kloof ontstaat tussen de tijdens de les gebezigde (vak-)taal en het (vak-)taal gebruik in het schriftelijk lesmateriaal, dat daarna zelfstandig verwerkt moet worden. Zowel in het lesmateriaal als tijdens de les zal echter niet alleen aandacht moeten worden besteed aan de vakinhoud, maar ook aan strategieën, die de leerling helpen bij het zelfstandig verwerken van informatie.

Op basis van bovenstaande analyse worden lesteksten opgesteld, die op een aantal scholen zullen worden gebruikt (Schermer e.a., 1991). In een volgend

artikel zal over de ervaringen, die hierbij zijn opgedaan, worden gerapporteerd.

Noten:

1. Referentiële kennis is een aanduiding voor alles wat je over een onderwerp moet weten om een bepaalde uiteenzetting te kunnen volgen. Een aantal categorieën van referentiële kennis, nodig voor het goed begrijpen van een vaktekst, zijn:
 - a. kenniselementen uit andere disciplines;
 - b. bepaalde alledaagse ervaringen, normen en waarden;
 - c. taalregels voor constructie van samengestelde woorden en voor het weergeven van denkstructuren.
2. Schouten-Van Parreren maakt voor het leren van woorden het volgende onderscheid:
 - incidenteel leren: leerlingen maken zich de betekenis van woorden eigen, zonder ze speciaal te hebben ingeprent;
 - intentioneel leren: de betekenis wordt wel ingeprent.
3. Onder vaktaal verstaan we:
 - terminologie, eigen aan een bepaald vak of beroep;
 - karakteristieke zinsbouw en tekstvormen;
 - symbolen en afbeeldingen van de werkelijkheid in de vorm van schema's, werktekeningen, modellen, enz;
 - betekenisvol gebruik van bovenstaande elementen in domeinspecifieke situaties.
 Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen het formele taalgebruik in de geschreven vak- en beroepstalen en het mondeling taalgebruik tijdens de beroepspraktijk of in een lessituatie (Steinert, 1989a).
4. Bij het gebruik van een schoolboek weerspiegelt het taalzwak zijn van een leerling zich bijvoorbeeld in de leesstrategie.
 - Een goed lezer:
 - is gericht op functie en betekenis van een tekst als geheel;
 - volgt een 'top-down' strategie (voorspellend lezen);
 - leest sterk 'metacognitief' (gebruikt verschillende strategieën: stelt vragen, stelt voor zichzelf leesdoelen vast, enz.).
 - Een problematische lezer:
 - probeert per onderdeel een tekst te 'decoderen';
 - volgt een 'bottom-up' strategie (brengt geen structuur aan in het gelezene) (Galema, 1989, p.18-19).

Literatuur

- Aalsvoort, M. van der & B. van der Leeuw (1982). *Leerlingen, taal en school: de rol van taal in elke onderwijsleersituatie*. Enschede: SLO.
- Andersson, B. (1986). Pupils' explanation of some aspects of chemical reaction. *Science Education*, 70, 5, 549-563.
- Bell, B. & A. Brook (1984). *Aspects of secondary students' understanding of plant nutrition. Children's Learning in Science Project*. Leeds: University of Leeds.

- Bergerud, D., T.C. Lovitt & S. Horton (1988). The effectiveness of textbook adaptations in life science for highschool students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 21, 2, 70-76.
- Boschhuizen, R. (1987). *Van vakinhouden naar leerinhouden*. Academisch - Proefschrift. Amsterdam: VU-uitgeverij.
- Brinkman, F.G. & R. Boschhuizen (1989). Pre-instructional ideas in biology. A survey in relation with different research methods on concepts of health and energy, In J.T. Voorbach & L.G.M. Prick (Eds.), *Teacher Education* 5, (pp.75-90), 's-Gravenhage: SVO.
- Brinkman, F.G. (1990). Pupils' ideas about health, In J.T. Voorbach & L.G.M. Prick (Eds.), *Teacher Education* 6, (pp.59-69), Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Brinkman, F.G. & H.A. Achterstraat (1991). The development of the concept of health by teaching a nutrient concept of fat, In J.T. Voorbach & L.G.M. Prick & H. Vonk (Eds.), *Teacher Education* 7, (in press), Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Buck, P. (1986). Vorstellung hinter dem Begriff 'Stoff'. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik/Chemie*, 34, 13, 38-42.
- Buck, P. & A. Lenz (1987). Een begripsinhoudelijke analyse van 'stof'. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 5, 2, 88-104.
- Driver, R. (1985). Beyond appearances: the conservation of matter under physical and chemical transformations, In R. Driver e.a. (Eds.), *Childrens ideas in science*, (pp.145-169), Milton Keynes: Open University Press.
- Eisen, Y & R. Stavy (1992). How to make the learning of photosynthesis more relevant? *International Journal of Science Education*, (in press).
- Galema, C., H. Hacquebord & B. Lijmbach (1989). *Verbeteren van tekstbegrip*. Groningen: Rijksuniversiteit, Faculteit der Letteren.
- Hofmans-Okkes, I. (1987). *Schoolboeken leren lezen*. Muiderberg: Coutinho.
- Hoyle, P. (1987). Science education for a multicultural society: some language issues, In *Secondary Science Curriculum Review, Better science: working for a multicultural society*, (pp.28-32), Heinemann: ASE.
- Joling, E. (1988). Chemie mavo: onderzoek naar het functioneren van een leergang scheikunde, In *SCO rapport 161*, Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Jong, E.J. de (1990a). *Schoolse taalvaardigheid in zaakvakken: leergangen*. Enschede: SLO.
- Jong, E.J. de (1990b). *Schoolse taalvaardigheid in zaakvakken: lespraktijk*. Enschede: SLO.
- Kuhn, T.S. (1972). *De structuur van wetenschappelijke revoluties*. Meppel: Boom.

- Lameris, G.H. (1983). Een mogelijke kennisstructuur voor het begin-onderwijs scheikunde. *Faraday* 52, 1, 2-8, 2, 43-50.
- Latour, B. (1988). *Wetenschap in actie*. Amsterdam: Bert Bakker.
- Meestringa, Th. (1990). *Nederlands als tweede taal voor gevorderde tweedetaalleerders*. Enschede: SLO.
- Osborne, R.J. & B.W. Schollum (1983). Coping in chemistry. *Australian Science Teachers Journal* 29, 13- 24.
- Parreren, C.F. van (1987). *Ontwikkelen onderwijs*. Leuven/Amersfoort: Acco.
- Peursen, C.A. van (1986). *Filosofie van de wetenschappen*. Leiden: Martinus Nijhoff.
- Rattansi, P. (1989). History and philosophy of science and multicultural science teaching, In M. Shortland & A. Warwick (Eds.), *Teaching the history of science*, (pp.118-125), Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Redeker, B. (1990). Leefwereld en natuurkundige interpretatie bij het ontstaan van nieuwe kennis. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8, 2, 85-99.
- Ross. K.A. (1988). Concept profiles for matter, energy, burn, fuel, food. Lezing tijdens ASE-conferentie, Januari 1988.
- Schermer, A.F.K., A. Harms, J. Cornelisse, F. Hoekstra, C. de Koning Gans, M. van der Lee & G. Kamphof (1991). *Oriëntatie op de Natuur deel 2*, Experimentele lesbundel voor 'kennis der natuur', Almere: Het Bakken, Hoevelaken: C.P.S.. Amsterdam: VU-Lerarenopleiding.
- Schouten-van Parreren, M.C. (1985). *Woorden leren in het vreemde-talen onderwijs*. Apeldoorn: Van Walraven.
- Sequeira, M. & M. Freitas, (1987). Children's alternative conceptions about 'mold' and 'copperoxide', In J.D. Novak (Ed.), *Proceedings of The Second International Seminar 'Misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics'*, (pp.413-423), Ithaca/New York: Cornell University.
- Smit, H. (1991). *Wetenschap en techniek: een kulturele activiteit*. Leeuwarden: Stichting ECN, (in voorbereiding).
- Stavridou, H. & C. Solomonidou (1989). Physical phenomena - chemical phenomena: do pupils make the distinction? *International Journal of Science Education*, 11, 1, 83-92.
- Steinert, I. (1989a). Vaktaal: taal als teken. Het leren van en in een tweede taal cultureel benaderd, In M. Kienstra (Red.), *Onderwijs aan anderstaligen*, (pp.145-158), Dordrecht: Foris.
- Steinert, I. (1989b). Vaktaal: overdrachtsmiddel van kennisvaardigheden en communicatiemiddel op de werkvloer. *Samenwijs*, 298-301, 338-341, 13-15.

- Voorde, H.H. ten (1987). Understanding of chemical language in the communication of chemists with non-chemist. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 5, 1, 30-43.
- Vos, W. de (1985a). *Corpusculum Delicti*. Utrecht: Rijksuniversiteit.
- Vos, W. de (1985b). Molekulen tussen leefwereld en wetenschap. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3, 3, 195-202.