

Problemen in de begripsontwikkeling in relatie tot de aanpak van docent en studieboek-schrijver

W.H. Kaper en H.H. ten Voorde¹

Didactiek der Scheikunde

Universiteit van Amsterdam

Summary

The relation of 'conceptdevelopment' by students and the teaching approach of authors of textbooks and teachers is the subject of this article.

In §1 it is indicated in which way this article is linked to previous research. A 'context' concept will be developed (§2), which will prove useful in analyzing textbooks, that is in analyzing a planned conceptdevelopment.

Next (§3), a distinction will be made between three teaching approaches, three ways of pursuing conceptdevelopment by students, which I name: stealthy (Dutch: sluipend), explicit and problem posing respectively. Three recurrent problems in the development of an 'ion' concept will become understandable as a result of a stealthy way of exchanging one context for another, i.e. a particular teaching approach (§4). A problem will be formulated with respect to the identification of "teaching approaches" (§3.3). An argued naming of teaching approaches may become possible when we consider "teaching approach" as an aspect of a teaching-learning-situation as a whole. To this end the situation to which a stealthy approach belongs is described with a list of properties (§5). Finally the question is raised to what kind of situation a problem posing approach may be reckoned (§6).

1. Positiekeuze en vraagstelling

1.1 Problemen van het onderwijzen

Mede als gevolg van veranderende doelstellingen worden er in bestaand onderwijs problemen gesignaleerd. Er worden verschillen opgemerkt tussen uitspraken die leerlingen "uit zichzelf" soms na het volgen van onderwijs nog doen, enerzijds, en de uitspraken die de school van hen verwacht, anderzijds. (Holding, 1985, 1987; Licht, 1986a, 1987; Johnston, 1989). Het is bekend dat zulke verschillen, ook als ze verdwijnen als gevolg van onderwijs, na enige tijd dikwijls weer terugkomen (o.a. Licht, 1987).

Bij een evaluatieonderzoek naar de scheikundeonderwijsgang "Chemie mavo" (Davids e.a., 1982; Beenhakker-Wagenaar, 1981), zijn ook door mij zulke verschillen gesignaleerd, lettende op het gebruik van woorden als 'stof', 'reactie', 'ion' (Joling e.a., 1988, p. 294-297).

1.2 Een paar trends in het zoeken naar oplossingen, positiekeuze

In het zoeken naar oplossingen voor de geschetste problemen onderscheid ik een paar richtingen, en bij elk geef ik aan in hoeverre mijn onderzoek daarbij aansluit.

a. Kennismaken met "de wetenschappelijke methode"

Er wordt betoogd dat de essentie van wetenschap niet gelegen is in zijn resultaten maar in "de wetenschappelijke methode". Het opdoen van ervaring met deze methode in het (onder leiding) opnieuw creëren van reeds bestaande kennis is daarom nodig om deze kennis op zijn -relatieve- waarde te kunnen schatten en om zich vrijer tot die kennis te verhouden. Deze opvatting (bijvoorbeeld Van Oers, 1988; Sharan & Hertz Lazarowitz, 1986; Johnston, 1989) zou kunnen leiden tot wat ik noem een probleemstellende aanpak (zie §3 en §6).

b. "Leren in contexten"

Met "leren in contexten" worden twee doelen beoogd die door Van Genderen (1985) zijn onderscheiden:

- a. betere aansluiting bij de beleavingswereld van leerlingen;
- b. naast natuurwetenschappelijke regels óók hun nut en hun gebruikswijze in praktische situaties onderwijzen.

Deze dubbele doelstelling heeft tot discussie geleid over wat we zullen verstaan onder 'context'. Zo heeft de WEN (1984) voorgesteld:

"(Ervarings)-context: een gestructureerd gedeelte van de werkelijkheid van de leerling (beleavingswereld), waarin begrippen, verschijnselen en gebeurtenissen (door de leerling) op de een of andere wijze met elkaar in verband gebracht worden."

Deze omschrijving sluit aan bij het constructivistische spreken van 'structuur'. Van Genderen (1985) verwerpt deze omschrijving die, volgens hem zelf, past bij doel a en kiest een omschrijving die past bij doel b:

"De contexten van een natuurkundige regel zijn de situaties waarin deze regel wordt aangeleerd en toegepast."

Het constructivistisch uitgangspunt is in deze omschrijving van 'context' niet terug te vinden. In tegenstelling tot Van Genderen stel ik in dit artikel (§2) een begrip 'context' voor dat dichter aansluit bij dat van de WEN (1984) en bij het constructivisme.

c. "Structuren" uitbreiden en soms vervangen

Onderzoekers uit de constructivistische school formuleren de eis dat nieuw

te verwerven kennis door leerlingen moet worden "geïntegreerd" in de kennis die zij reeds bezitten. Zowel de gewenste als de aanwezige kennis wordt een "structuur" toegekend. De nieuwe kennis moet worden "verbonden" met reeds aanwezige kennis (uitbreiding van de structuur) ofwel aanwezige kennis moet worden "geherstructureerd" wanneer de nieuwe kennis er niet zonder meer in opgenomen kan worden. Dit verbinden en dit herstructureren zijn activiteiten van de leerling. Hij "construeert" op deze wijze zijn wereld (Driver, 1987; Holding, 1985, 1987; Johnston, 1989; Licht, 1986b; Treffers, 1990). Ik sluit me aan bij een concept van leren als: uitbreiden en soms vervangen van een "structuur".

d. Leren als "taal krijgen voor" (structuren in) ervaringen

Voor de constructivisten is er één plaats waar de werkelijkheid structuur krijgt en dat is: in het hoofd van degene die leert, "in memory" (Driver, 1987, p. 15). De relevante structuren zijn "cognitieve structuren", "patterns of thinking".

Van Hiele (1986) onderscheidt naast structuren die aan de werkelijkheid worden toegekend ook zogenaemde "visuele structuren" die zonder tussenkomst van taal of van het discursieve denken worden ervaren. Volgens hem "heeft" de werkelijkheid dus al structuren, niet alle structuren zijn "geconstrueerd", volgens hem. Hij onderscheidt 5 relevante media voor structuren:

1. de "werkelijkheid" ("visuele structuren");
2. de geest van het individu;
3. de geest van de mensheid;
4. de taal;
5. de handeling.

In dit artikel zal ik voornamelijk letten op *het taalgebruik* in een schoolboek en in de klas. Dit doe ik omdat we de taal kunnen zien als een medium waarin niet-visuele structuren ontstaan, zoals bijvoorbeeld een atoomtheorie, die aan de werkelijkheid worden toegekend² (Van Hiele, 1986, p. 140).

Door te letten op de taal als medium voor "constructie", in plaats van op de geest, verschuiven we het onderzoeksobject van individu naar groep, want denken is individueel maar taal heb je met anderen gemeen, anders functioneert het niet. Door te letten op taalgebruik kunnen we dus het onderwijsleerproces gaan beschrijven en organiseren als sociaal proces in plaats van alleen als een optelsom van individuele psychologische processen. (Tot de te onderzoeken groep rekenen we ook degene die onderwijst).

Bij het onderzoek naar taalgebruik kan de 'context' waarin een woord gebruikt wordt aandacht krijgen. In dit verband heeft 'context' de betekenis van: de samenhang waarin een woord gebruikt wordt, voorzover die samenhang van belang is voor de betekenis van dat woord. (Verg. Van Genderen, 1985).

Ten Voorde (1983) vestigt de aandacht op het gebruik van bepaalde woordcombinaties die kenmerkend zijn voor het gebruik van 'stof' in een fysische 'theorie-context' waarin 'een stof' heterogeen wordt voorgesteld, nl. bestaande uit vele 'deeltjes'. Dit gebruik staat in tegenstelling tot het gebruik in een fysische 'beschrijvende context', waar 'stof' juist betrekking heeft op één homogeen voorwerp, daar we in die context anders van een mengsel spreken (bijv. verschillende macroscopische 'deeltjes' met lucht ertussen).

Als criterium voor het onderscheiden van verschillende 'contexten' voor een woord hanteert hij het voorkomen van dat woord in schijnbaar tegenstrijdige uitspraken. Die tegenstrijdigheid wordt opgelost door te concluderen dat we in beide gevallen niet over dezelfde 'zaak' spreken: het woord 'stof' heeft in deze twee contexten niet dezelfde betekenis. Volgens hetzelfde criterium, dat in het geciteerde artikel (1983) nog niet werd uitgesproken, onderscheidt hij ook een fysische en een chemische context van het woord 'stof', met andere woorden: twee verschillende termen 'stof'.

In §2 probeer ik een term 'context' te introduceren op een meer expliciete wijze dan in 1983. Rekening houden met zulke 'wisselingen van context' betekent, ons inziens, kiezen voor een niet-sluipende aanpak (§3).

1.3 Vraagstelling

In §1.2 zijn enkele trends genoemd in het spreken over onderwijs. Veel van de geciteerde artikelen zijn programmatisch van karakter: men begint op een nieuwe wijze over onderwijs te spreken, en men probeert hieruit consequenties te trekken voor het onderwijzend handelen. Voor zover het om nog niet, of nog niet helemaal gerealiseerde idealen gaat, blijven de gebruikte woorden enigszins vaag.

De bedoeling van dit artikel is om verschillende 'onderwijsaanpakken' te onderscheiden op een *beschrijvende* manier, dus door naar gerealiseerd onderwijs te kijken. Aan het te maken onderscheid stel ik de eis dat met behulp hiervan bepaalde problemen kunnen worden begrepen. De vraagstelling luidt:

Welk onderscheid in "onderwijsaanpak" is bruikbaar bij het begrijpen van gesignaleerde "problemen in de begripsontwikkeling"?

Het onderzoeksmateriaal betreft protocollen en enquêteresultaten uit een evaluatieonderzoek naar "Chemie mavo". Verder beperk ik me tot enkele problemen die samenhangen met de invoering van "ionen" (Joling e.a., 1988)³. Elders (Kaper, 1989) zijn ook enkele andere problemen bij gebruik van "Chemie mavo" vanuit een "sluipende aanpak" verklaard.

2. 'Wisseling van context' als gezichtspunt voor het analyseren van begripsontwikkeling

In deze paragraaf doe ik een voorstel voor een term 'context' als middel om begripsontwikkeling te beschrijven. Ik kijk daarbij eerst naar *een plan* voor een begripsontwikkeling, namelijk de introductie van 'ionen' volgens "Chemie mavo" (§4.4, 4-mavo).

Tot §4.4 van "Chemie 4-mavo" functioneren de woorden stof', 'zuiver', 'mengsel', 'reactie', 'molecuul' en 'atoom' in een onderlinge samenhang die het duidelijkst blijkt uit algemene uitspraken zoals voorkomen in hoofdstuk 1 van dit schoolboek:

- "Alle stoffen bestaan uit (...) moleculen" (p.18)
- "Alle watermoleculen zijn precies gelijk, ofwel: ze zijn *identiek*. Zo zijn ook alle suikermoleculen identiek. En alle zuurstofmoleculen zijn identiek. Enz. Maar een watermolecuul en een suikermolecuul en een zuurstofmolecuul zijn onderling verschillend." (p.20)
- "Een *zuivere stof* bestaat uit één soort moleculen, een *mengsel* bestaat uit verschillende soorten moleculen." (p.21)
- "Waarin verschillen al die soorten moleculen van elkaar?
In de eerste plaats door de soorten atomen waaruit ze zijn opgebouwd; in de tweede plaats door de aantallen van die atomen in een molecuul." (p.33)
- "Een chemische reactie is dus een hergroepering van atomen" (p.35)

In deze op elkaar volgende uitspraken ontstaat een samenhang tussen de gebruikte woorden. De betekenis van deze woorden is niet onafhankelijk van elkaar te denken, ze bepalen elkaars betekenis wederzijds. Zo zouden we op grond van het bovenstaande als betekenis voor 'molecuul' kunnen geven:

- het molecuul is het karakteristieke van een stof, waaruit die stof bestaat; en als betekenis voor 'stof':
- een stof is dat wat bestaat uit karakteristieke moleculen.

Zo'n woord in een bepaalde betekenis zouden we een *term* of (voor mij synoniem) een *begrip* kunnen noemen.

De aangeduide betekenis-relaties vormen samen een kloppend geheel. Om dit 'kloppende' karakter aan te duiden zal ik nog een uitspraak aan het lijstje toevoegen:

- "Wat gebeurt er bij een chemische reactie? Je hebt geleerd: beginstoffen verdwijnen en andere stoffen ontstaan (de reactieproducten)." (p.32)

Deze relatie tussen de termen 'reactie' en 'stof' *klopt* met de eerder gelegde relatie tussen 'reactie' en 'atoom', omdat een stof immers bestaat uit karakteristieke moleculen en deze op hun beurt weer uit karakteristieke soorten (en per soort een karakteristiek aantal) atomen. Het "hergroeperen"

van atomen impliceert dan het "verdwijnen en ontstaan" van molecuulsoorten en daarmee is de kring gesloten.

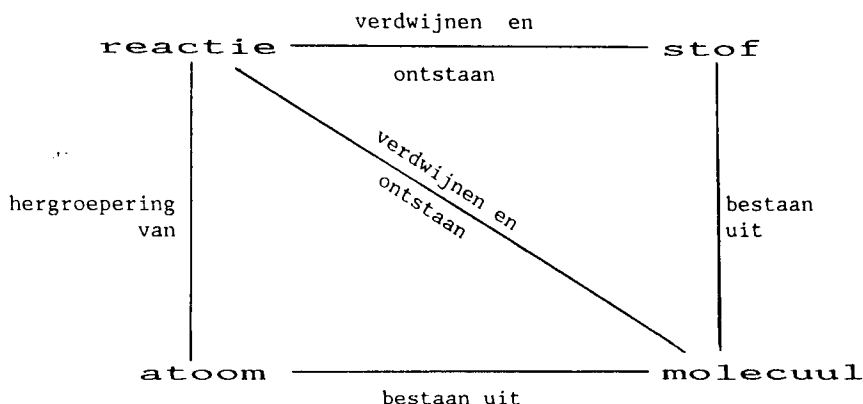


Fig.1. Kloppende samenhang van termen

Zo'n samenhang van termen die: a. elkaar wederzijds bepalen en b. een kloppend geheel vormen, noem ik een *context*.⁴ Begripsontwikkeling kunnen we nu opvatten als: het ontstaan van contexten en dus van 'begrippen'. De context bepaalt de betekenis van een term, dat houdt in: hij bepaalt hoe die term gebruikt wordt. In het gebruik van een term is een bepaalde consequentie, een "structuur", op te merken.

Zo worden kristalsuiker en poedersuiker "één stof" genoemd, met als argument dat ze uit dezelfde moleculen bestaan (3-mavo, p.66). Zo wordt het bestaan van niet-scheidbare materie verklaard met een begrip van scheiden als: sorteren van moleculen (p.60). En als we willen weten of er sprake is van een scheiding of van een ontleding dan kunnen we vragen: wat gebeurt er met de moleculen? De spreker kan dan antwoorden met een tekening zoals op p.113 of 114 van "3-mavo" en uit die tekening kunnen we dan aflezen of hij een scheiding dan wel een ontleding bedoelt (Criterium: is er wel of geen hergroepering⁵ van atomen aangeduid?).

Atomen, moleculen, stof en reactie kunnen tot iemands "werkelijkheid" behoren. In plaats van te zeggen dat er hierboven een *taal* is weergegeven zouden we daarom misschien evengoed kunnen zeggen dat er een *structuur in een werkelijkheid* is weergegeven. Misschien komt dit (bijna?) op hetzelfde neer als het om structuren gaat die niet visueel zijn? Mijn omschrijving van 'context' zou dan nauw aansluiten bij die van de WEN (1984): "een gestructureerd gedeelte van de werkelijkheid (...) waarin begrippen, verschijnselen

en gebeurtenissen met elkaar in verband gebracht worden" (Vgl. §1.2). De rol die "verschijnselen en gebeurtenissen" spelen bij het betekenis-krijgen van woorden komt in mijn begrip 'context' nog niet tot uitdrukking. Dit beperkt mogelijk de bruikbaarheid van deze term 'context'.

Wat zal er nu met de hierboven geschetste context van "atomen" en "moleculen" gebeuren wanneer we ineens één van de genoemde relaties verwerpen en door een andere vervangen? Bijvoorbeeld:

- niet alle stoffen bestaan uit moleculen;
- niet alle stoffen bestaan uit *identieke* groepjes atomen, sommige bestaan uit *verschillende* groepjes-atomen-met-een-lading in een vaste onderlinge verhouding.

Zijn de andere relaties dan nog bruikbaar? Kan een context stapje-voor-stapje veranderd worden en toch als 'kloppend geheel' behouden blijven? Wat betekent nu bijvoorbeeld 'zuiver', nu het niet meer 'bestaande uit identieke deeltjes' kan betekenen? Hoe beslissen we of keukenzout en gesmolten keukenzout dezelfde stof zijn, als het criterium 'dezelfde moleculen' niet meer geldt (vgl. "kaarsvet verhitten", 3-mavo p.80: "moleculen niet veranderd")? Zou het nieuwe criterium misschien zijn: 'ionen niet veranderd'?

Maar hoe zit het dan met neerslagreacties, daarbij veranderen de ionen evenmin. Wat betekent nu 'reactie'? Kan dat nog zijn "hergroepering van atomen" als er immers in NaCl van groepjes bij elkaar horende atomen geen sprake meer is (4-mavo, p.43, 44 en 162)?

Vanwege deze vragen lijkt het me zinvol om een context voorlopig als niet veranderbaar op te vatten. Bij een verandering in het gebruik van één woord verwacht ik dat dit andere veranderingen met zich meebrengt, voordat er opnieuw sprake is van een kloppend geheel. Van een context zeg ik niet dat hij verandert, wel zeg ik dat hij wordt ingewisseld voor een andere. In de nieuwe context hebben dezelfde woorden een andere betekenis. We kunnen daarom ook spreken van een wisseling van taal.

Met deze gezichtspuntskeuze sluit ik aan bij Ten Voorde (1983): het voorkomen van op het eerste gezicht strijdige beweringen wordt opgevat als aanwijzing dat er een "wisseling van context" plaatsvindt (zie §1.2). In de volgende paragrafen wordt de bruikbaarheid van dit gezichtspunt onderzocht.

3. Sluipende, expliciete en probleemstellende aanpak bij het wisselen van context

Als we (een plan voor) begripsontwikkeling analyseren in termen van 'wisseling van context' dan zullen we bij het karakteriseren van de *aanpak* van een schoolboek-auteur of van een leraar letten op de manier waarop hij/zij leerlingen probeert mee te krijgen in zo'n wisseling van context. Ik noem deze aanpak:

sluipend	- wanneer de auteur of de leraar de indruk wekt dat zijn woorden <i>niet</i> van betekenis veranderen terwijl dit bij analyse toch het geval blijkt;
expliciet	- als een betekenis-toekenning ook als zodanig naar voren komt;
probleemstellend	- als auteur of leraar probeert leerlingen te laten ervaren dat een vorige context niet meer voldoet, voordat hij een nieuwe context expliciet aanreikt (of suggesties doet voor de ontwikkeling van een nieuwe context door leerlingen).

In §3.1 zal ik deze termen gebruiken om de aanpak van "Chemie mavo" te karakteriseren bij het verlaten van de context "alle stoffen bestaan uit moleculen". In 3.2 zal ik hetzelfde proberen te doen voor de aanpak van een leraar die "Chemie mavo" in zijn klas gebruikt. In 3.3 volgt een voorlopige evaluatie van de bruikbaarheid van de voorgestelde termen.

3.1 Sluipende, expliciete en probleemstellende aanpak in een studieboek
Bekijken we de invoering van de term 'ionen in een keukenzoutoplossing' in een studieboek: Chemie 4-mavo, §4.4. Na een leerlingenproef "Elektrische stroom door oplossingen?" volgt de tekst:

"Je hebt geconstateerd dat een suikeroplossing geen stroom geleidt. Algemeen geldt: *moleculaire oplossingen geleiden géén stroom.*

Een keukenzoutoplossing geleidt echter wél stroom.

5 *Hoe verklaren we dat?*

De verklaring is anders dan die voor de geleiding van metalen. Je zag bij onderdeel e gassen ontstaan; er treden chemische reacties op aan de elektroden. We kunnen dat niet verklaren met 'vrije elektronen'.

10 *'ionentheorie'.*

Arrhenius bedacht dat een keukenzoutoplossing *geladen atomen* bevat. Deze elektrisch geladen atomen noemde hij *ionen*. In de oplossing zijn positief geladen ionen en negatief geladen ionen. De lading van alle positieve ionen samen is even groot als die van alle negatieve ionen te zamen, zodat in totaal de elektrische lading van de oplossing nul is.

15

Die positieve en negatieve ionen kunnen tussen de watermoleculen door bewegen. Daardoor is een keukenzoutoplossing geleidend voor stroom.

Hoe dat precies in z'n werk gaat en wat voor reacties aan de elektroden optreden, bewaren we voor hoofdstuk 7."

De betekenistoekenning blijkt hier uit woorden als "bedacht", "theorie", "noemde". Daarom noem ik deze toekenning *expliciet*.

De zin "Hoe verklaren we dat?" is een vraag. Hierna poogt de auteur aan te geven waarom een eerder ingevoerde term 'vrije elektronen hier niet voldoet. Daarbij wordt verwezen naar een waarneming die leerlingen hebben kunnen doen. Leerlingen worden bij de vraag betrokken, ze worden aangesproken op hun ervaring: "Je zag ...". Dit noem ik kenmerkend voor een *probleemstellende aanpak*.

Niet kenmerkend voor zo'n aanpak is "De verklaring is anders dan...". Deze uitdrukking "De verklaring" verzekert leerlingen ervan dat het enig juiste antwoord op de vraag al bestaat, ongeacht of zij de voorafgaande vraag als probleem erkennen of niet. Het bestaan van de oplossing is al verzekerd nog voordat het probleem goed en wel gesteld is. Hun instemming of niet-instemming is kennelijk niet van belang.

Uitdrukkingen als "Arrhenius bedacht...", "ionentheorie", "hij noemde..." laten meer ruimte voor afwijzing (wat *hij* bedacht kunnen *wij* eventueel afwijzen). Daarom noem ik de aanpak hier enigszins probleemstellend.

De invoering van ionen is ook slechts gedeeltelijk expliciet. De verbinding van 'ionen' met 'geladen atomen' is expliciet gelegd, via het woordje "noemde".

Deze benoeming van ionen als geladen atomen werd gepresenteerd als nodig ter verklaring van het samengaan van stroomgeleiding en reacties aan de elektroden. De zaak die hier wordt benoemd kunnen we daarom aanduiden als *gemeenschappelijke oorzaak voor deze eigenschappen van sommige oplossingen*.

Hiermee is de term 'ionen' wel afgezet tegen 'vrije elektronen' en daarmee is wel een bepaalde context geproblematiseerd (elektrische stroom betekent verplaatsing van elektronen)⁶ maar de context waar het ons om ging (alle stoffen bestaan uit moleculen) nog niet!

Er is een relatie gelegd tussen 'ionen' en 'atomen', maar het is nog niet duidelijk hoe 'ionen' zich verhoudt tot de rest van de oude context. Met name is het nog niet duidelijk waarom de stelling "alle stoffen bestaan uit moleculen" nu is verworpen.

Dit betekent dat het onderscheiden van 'moleculaire stoffen' en 'zouten' nog geen grond heeft. Toch worden deze woorden al vanaf het begin van deze paragraaf gebruikt. Ze worden gebruikt *alsof* dit onderscheid reeds is gemaakt.

⁶In paragraaf 1.5 hebben we geleerd dat er een bijzondere groep stoffen is: de zouten. In deze paragraaf beginnen we deze zouten te leren kennen. Als voorbeeld voor deze groep stoffen nemen we keukenzout.

We vergelijken keukenzout met suiker. Suiker is dan een voorbeeld van de ons al bekende groep stoffen die we moleculaire stoffen hebben genoemd."

In §1.5 echter werd dit onderscheid slechts aangekondigd. De zin van dat onderscheid kon daar nog niet worden uitgesproken, daarvoor werd juist verwezen naar hoofdstuk 4:

"Waarom we bij deze stoffen (zouten WK) niet van moleculen mogen spreken zullen we in hoofdstuk 4 zien."⁷

Toch wordt in §4.4 onmiddellijk gesproken alsof het al een uitgemaakte zaak is: "hebben we geleerd", "de ons al bekende groep moleculaire stoffen". In het vervolg van de paragraaf worden 'zouten' en 'moleculaire stoffen' gebruikt in mededelingen van *schijnbare feiten*, bijvoorbeeld:

"Moleculaire stoffen blijken geen stroom te geleiden."

"Blijken". Alsof we het molecuulair-zijn van een stof reeds als feit kunnen vaststellen. Terwijl de daarvoor nodige keuze nog moet worden gemaakt. Terwijl in §1.5 een motivering van die keuze beloofd was!

De termen 'zout' en 'moleculaire stof' zijn in dit studieboek dus sluipend ingevoerd, want een onderscheiden betekenis wordt al verondersteld, terwijl het criterium voor het onderscheid nog niet is uitgesproken. De woorden 'zout', 'molecuair' en 'stof' zijn daarmee sluipend van betekenis veranderd.⁸

De verwerping van "alle stoffen bestaan uit moleculen" wordt expliciet in een volgende paragraaf. Daar lezen we:

"Je hebt geleerd dat een keukenzoutoplossing bestaat uit H_2O moleculen met daartussen losse Na^+ en Cl^- ionen. Ook vast keukenzout blijkt uit deze ionen te bestaan!

Positieve en negatieve ionen trekken elkaar aan door de tegengestelde elektrische lading; deze binding noemt men *ionbinding*.

- 5 De Na^+ en Cl^- ionen zijn in vast keukenzout in een bepaald patroon gerangschikt. De twee onderstaande tekeningen laten dat zien. De linker voorstelling is 'echter': de ionen zitten dicht op elkaar. Rechts zijn de ionen op afstand getekend om de ruimtelijke bouw goed te laten zien.

- Elk positief Na^+ ion wordt omringd door negatieve Cl^- ionen, en omgekeerd. Je kunt
- 10 vast natriumchloride dan ook noteren als $\text{Na}^+\text{Cl}^-(s)$. Een korreltje natriumchloride is elektrisch ongeladen. Tegenover elk Na^+ ion (lading 1^+) moet een Cl^- ion (lading 1^-) staan: dan is de totale lading nul. Een korreltje vast natriumchloride bestaat uit een geweldig aantal netjes gerangschikte Na^+ en Cl^- ionen. Het is niet mogelijk daarin een kluitje bij elkaar horende ionen aan te wijzen. We kunnen dus niet spreken van
- 15 moleculen natriumchloride."

Expliciet ("we kunnen dus niet spreken van") wordt hier een nieuwe betekenis toegekend aan natriumchloride: niet bestaande uit moleculen (en toch een stof).

Die nieuwe benoeming is gebaseerd op waarnemingen aan twee tekeningen,

zoals ook in de oude context mengsel, zuivere stof, scheiden en ontleden in tekeningen konden worden aangewezen.

Men verzekert ons dat in deze tekeningen 'ionen' zijn afgebeeld, en wel: ionen in "een korreltje" (r.12) "vast keukenzout" (r.2):

"Ook vast keukenzout blijkt uit deze ionen te bestaan!"

Het woord 'ionen' duidt hier echter niet meer op de gemeenschappelijke oorzaak van stroomgeleiding en reacties aan de elektroden, want daarvan is hier geen sprake. Er zijn kennelijk nog andere criteria om van 'ionen' te spreken. Die criteria worden niet genoemd. De betekenisverandering is *sluipend*: er wordt gesproken over "deze ionen", alsof het woord 'ionen' hier nog de oude betekenis heeft, alsof er slechts een feit wordt medegedeeld met behulp van reeds ingevoerde termen. Ik kan hier opnieuw spreken van een *schijnbaar feit* wanneer ik hiermee bedoel: een niet-controleerbare mededeling waarin niet-uitgesproken betekenis(sen) een rol spelen. Het 'sluipend' wisselen van context blijkt vaak via mededelingen van schijnbare feiten te verlopen (Kaper, 1989).

Welke term 'ionen' hier gebruikt wordt kan ik niet vaststellen. Verderop zie ik wel een nieuwe term verschijnen:

"De stof keukenzout is gekozen als voorbeeld voor alle zouten.

Zouten zijn stoffen die opgebouwd zijn uit positieve en negatieve ionen.

- 5 Je kunt ze daarom ook 'ionaire' stoffen noemen. Alle zouten hebben de volgende eigenschappen.
 - *Zouten zijn vaste stoffen met hoge smeltpunten*
Dat komt omdat de positieve en negatieve ionen stevig aan elkaar gebonden worden door de ionbindingen, zodat deze ionen stevige bouwwerken vormen.
- 10 - *Vaste zouten geleiden geen elektrische stroom.*
Dat komt doordat de ionen dan niet vrij kunnen bewegen.
 - *Zoutoplossingen geleiden elektrische stroom.*
Dat komt doordat bij het oplossen de positieve en negatieve ionen elkaar allemaal losgelaten hebben en los tussen de watermoleculen bewegen.
- 15 - *Gesmolten zouten geleiden elektrische stroom.*
Dat komt omdat bij die (hoge) temperatuur de ionen niet meer op een vaste plaats blijven, maar door elkaar bewegen."

Hier kan ik opnieuw als betekenis 'de gemeenschappelijke oorzaak van een aantal eigenschappen' veronderstellen. Alleen gaat het nu om gedeeltelijk andere eigenschappen dan eerst: het samengaan van stroomgeleiding in oplossingen met *reacties* wordt hier niet meer genoemd. Drie andere eigenschappen zijn nieuw.

Ook deze betekenis is sluipend ingevoerd, omdat alle zinnen de vorm

hebben van mededelingen over een reeds ingevoerde zaak. (Er staat niet: we noemen, we kennen toe, Arrhenius bedacht, etc.)

3.2 Sluipende, expliciete en een poging tot een probleemstellende aanpak in een klas

We zullen nu de bruikbaarheid van deze woorden nagaan bij het benoemen van de 'aanpak' van een docent in een klas. Opnieuw zal ik aanwijzend te werk gaan om daarmee deze woorden inhoud te geven: in klein lettertype vertel ik een gebeurtenis na, zonder daarbij woorden als 'context', 'sluipend' etc. te gebruiken. In groot lettertype interpreteer ik de weergegeven gebeurtenis in de hier te ontwikkelen didactische context.

a. Hoe een leerling de vorige context verdedigde en hoe een leraar daarop inging: een expliciet moment

Een gebeurtenis in een klas:

Voorafgaand aan de uitvoering van een proef, getiteld "Welke stoffen geleiden stroom?"⁹, maakt de leraar op het bord een indeling in drie soorten 'stoffen': moleculaire stoffen, atomaire stoffen zouten.

Deze indeling verschilt van de indeling die het boek hier (§4.4) voorstelt (moleculaire stoffen, *metalen*, zouten), maar is wel in overeenstemming met een eerdere passage in het boek (§1.5), waar twee uitzonderingen werden aangekondigd op de regel dat alle stoffen uit moleculen bestaan (p.43-44):

- a. een aantal elementen - deze bestaan uit atomen die niet in groepjes bij elkaar horende atomen (moleculen) geordend zijn;
- b. van de verbindingen: de zouten.

De groep a uit het boek wordt door de leraar dus aangeduid met 'atomaire stoffen'.

Een leerling noemt 'ijzer' als voorbeeld van een moleculaire stof en hij motiveert dit antwoord met: "Elk molecuul bestaat uit één atoom". Even later stelt hij dat de (door de leraar onderscheiden) 'atomaire stoffen' ook uit moleculen bestaan.

De leraar erkent deze bijdrage "dat kun je ook zeggen, ze bestaan uit moleculen met één atoom erin". Maar hij reserveert de uitdrukking 'moleculaire stof' nu voor stoffen met moleculen met meer dan één atoom. Zo redt hij zijn indeling in drie categorieën.

We kunnen deze gebeurtenis als volgt interpreteren: de genoemde leerling ziet een mogelijkheid om één van beide uitzonderingen in de vorige context, waar in alle stoffen uit moleculen bestaan, op te nemen. Hiertoe breidt hij de betekenis van "molecuul" (groepje atomen) een beetje uit, zodat ook moleculen van één atoom mogelijk zijn. Ik zeg expres dat hij de betekenis van 'molecuul' *uitbreidt* en niet dat hij die betekenis verandert. Want door deze

uitbreiding is het hem mogelijk het woord molecuul in de oude context te blijven gebruiken. De eerste "uitzondering" is dan geen uitzondering meer, is geen reden om die context te verlaten.

De indeling in drieën, waarin "alle stoffen bestaan uit moleculen" impliciet is verworpen, en die eerst zomaar op het bord verscheen (sluipend), kwam daardoor even ter discussie. "Dat kun je ook zeggen" zei de leraar, waarmee de feitelijkheid van de driedeling even verdween, overigens niet al te lang want: "Als je een molecuul met meer dan één atoom hebt, dan heb je een moleculaire stof".

De uitspraak "dat kun je ook zeggen" vind ik passen in een 'expliciete' aanpak: het is duidelijk dat een woord betekenis wordt *toegekend*, en dat je daarbij verschillende keuzen kunt maken. De uitspraak "Als... dan heb je..." noem ik weer sluipend, omdat het bestaan van moleculaire stoffen als aparte categorie daar weer als een feit geldt.

b. Een poging tot een probleemstellende aanpak bij het 'verklaren' van het geleidend vermogen van metalen en koolstof

Gebeurtenis:

Tijdens de uitvoering van de proef "Welke stoffen geleiden stroom?" maakte de leraar onderscheid tussen 'metalen' en 'andere atomaire stoffen'. Op verzoek van een leerling werd ook zo'n 'andere atomaire stof' uitgeprobeerd, het boek had daar niet in voorzien.

In het boek wordt het geleidend vermogen van metalen verklaard uit de aanwezigheid van 'vrije elektronen. Deze verklaring werd als feit gegeven. In plaats hiervan *vraagt* de leraar aan leerlingen om een verklaring:

leraar: Hoe komt het dat metalen en koolstof de stroom wel geleiden en moleculaire stoffen niet?

Deze vraag wordt door zeker één leerling opgevat in een context van het onderscheid atomaire/moleculair ('atomaire' verstaan als: éénatommige moleculen):

leerling: Bij moleculaire stoffen zijn de intermoleculaire ruimtes groter dan bij atomaire stoffen.

Er volgt een poging tot een gesprek over dit voorstel. Voor de leraar is er een verband tussen 'intermoleculaire ruimtes' en 'fase': in een gas zijn de intermoleculaire ruimtes groter. Hij gaat na of dit verband ook voor de leerling bestaat. Dan zegt de leraar:

leraar: Dus als 't aan de intermoleculaire ruimtes zou liggen dan zou neon (een gas) moeten geleiden.

Hij wacht niet of de leerling instemt met deze interpretatie van 's leerlings voorstel, maar geeft meteen zijn eigen conclusie: aan de intermoleculaire ruimtes kan het niet

liggen. De leerling houdt vol: "Ja maar (...)". Aan de hand van vloeistof en vaste stof wil de leraar dan alsnog nagaan of hij het voorstel van de leerling goed heeft verstaan:

leraar: welke invloed heeft dat dan volgens jou?

De leerling wil zich hier niet over uitspreken: "t kan een voordeel zijn of 't kan een nadeel zijn." De leerling ontwijkt een confrontatie. Een andere leerling neemt het echter van hem over:

leerling: Als je nou lucht hebt hè? Dan heb je moleculen. En tussen die inter-moleculaire ruimtes, zit daar dan ook lucht tussen?

leraar: Nee (...) daar zit niks tussen.

leerling: Geleidt niks?

En nu is het de leraar die de confrontatie ontwijkt: hij gaat niet in op de vraag "geleidt niks?", maar stelt zelf een geheel andere vraag. Zo komt hij dan tenslotte toch tot de verklaring uit het boek:

leraar: Stoffen die de stroom geleiden hebben elektronen die bewegen kunnen, dat noem je vrije elektronen.

In die verklaring speelt het onderscheid atomair / moleculair geen rol meer.

Karakteristiek voor een probleemstellende aanpak vind ik het zoeken naar wat de leerling bedoelt (zoeken naar de context van de leerling), en het stellen van vragen die deze context minder vanzelfsprekend maken. Het zoeken naar consequenties, in de beweringen van de leerling, die toetsbaar zouden zijn ("Welke invloed heeft dat dan volgens jou?") reken ik daartoe.

c. Een sluipende introductie van 'ionen in vast keukenzout'

Gebeurtenis:

leraar: We hebben gezien dat oplossingen van zouten de stroom geleiden. De verklaring daarvoor was dat oplossingen van zouten ionen bevatten. Oplossingen van keukenzout bevatten (schrijft:)

$\text{Na}^+(\text{aq})$

5

$\text{Cl}^-(\text{aq})$

Na-plus en Cl-min ionen. De vraag is: waar komen die Na-plus en Cl-min ionen nou vandaan. Voordat het opgelost was, wat was het toen?

leerling: vast

10

leraar: Toen was het keukenzout. In oplossing had je Na-plus en Cl-min met water ertussen. Dus wat had je toen? (voordat het was opgelost WK) Na-plus en Cl-min aan elkaar vast. Dan moet alleen het "aq" eraf. (schrijft:)

$\text{Na}^+\text{Cl}(\text{s})$

In "Chemie mavo" werd de term 'ionen in vast keukenzout' sluipend ingevoerd (Zie §3.1). Er werd gesteld: "Ook *vast* keukenzout blijkt uit deze ionen te bestaan!"

In tegenstelling tot het boek geeft de leraar hier een redenering. In deze redenering wordt vanzelfsprekend verondersteld dat ionen "ergens vandaan" moeten komen bij het ontstaan van een oplossing. Daarmee wordt uitgesloten dat de ionen tijdens het oplossen ontstaan zouden kunnen zijn. Een eigenschap 'behouden blijven' is daarmee sluipend ingevoerd om ionen in vast keukenzout te verantwoorden. Het woord 'ionen' is dus sluipend van betekenis veranderd. Leerlingen reageerden niet op de weergegeven redenering. Dat je niet kunt spreken van moleculen natriumchloride werd volgens het boek gerechtvaardigd: door aanwijzen in een gegeven tekening. Ook daarover ontstond geen discussie.

In het onderzoeksverslag (Kaper, 1989) werd beargumenteerd dat naast 'ionen in vast keukenzout' ook de (eerder geïntroduceerde) termen 'ionen in keukenzoutoplossingen', 'zouten' en 'moleculaire stoffen' door deze leraar sluipend werden ingevoerd.

Er zijn geen termen gevonden waarvan ik kan zeggen dat ze expliciet zijn ingevoerd, of dat ze in of door een probleemstellende aanpak betekenis hebben gekregen. Meer dan pogingen in die richting heb ik in mijn onderzoeksmateriaal niet kunnen vinden.

3.3 Discussie

Wanneer we de woorden 'sluipend', 'expliciet' en 'probleemstellend' gebruiken om de aanpak van een leraar te karakteriseren, in plaats van alleen de aanpak zoals die blijkt bij analyse van een onderwijstekst, dan kan het opvallen dat we die aanpak niet los kunnen zien van de "reacties" van leerlingen.

Het viel mij op dat leerlingen niet reageerden op enkele door mij als sluipend aangewezen stappen. De vraag komt op of ik nog van 'sluipen' zou spreken als ze wél gereageerd hadden op het veranderd woordgebruik van de leraar; de verandering zou dan immers niet onopgemerkt zijn gebleven (sluipen: de indruk wekken dat je woorden niet van betekenis veranderen, zie §3). Toen er een leerling wel reageerde op het (sluipend?) verlaten van "alle stoffen bestaan uit moleculen?", namelijk met een vraag:

leraar: Atomaire stoffen die bestaan dus uit atomen

leerling: Ze bestaan toch ook uit moleculen?

reageerde de leraar met:

leraar: ..of, dat kun je ook zeggen, ze bestaan uit moleculen met één atoom erin.

en noemde ik zijn 'aanpak' (heel even) expliciet. Maar was dit wel zijn aanpak, of was het de vraag van de leerling die de *situatie* een 'expliciet' karakter gaf? Of nog anders: is het wel juist dit expliciete aan één van twee individuen te willen toeschrijven? Moet dus de deelname van leerlingen niet worden opgenomen in de criteria voor 'sluipend', 'expliciet' en 'probleemstellend'?

In de volgende paragraaf zullen we zien dat een bepaald type problemen van leerlingen en een bepaald type problemen van de leraar vaak samengaan met een sluipende aanpak. Dit is een volgende aanwijzing dat we hier kunnen spreken van een bepaalde situatie.

4. Problemen in de begripsontwikkeling bij een sluipende aanpak

In §2 werd een manier voorgesteld om begripsontwikkeling te analyseren. Daarbij werd voorlopig alleen gelet op de geplande ontwikkeling, niet op de gerealiseerde. In §3 werd een manier voorgesteld en beproefd om de 'aanpak' bij het nastreven van begripsontwikkeling te karakteriseren. De vraag naar de relatie tussen 'aanpak' en gerealiseerde begripsontwikkeling kan nu aan de orde komen.

In deze paragraaf zullen drie problemen worden aangewezen die zich voordeden bij het verlaten van de context "alle stoffen bestaan uit moleculen" bij gebruik van "Chemie mavo". Het gaat mij hier allereerst om problemen van leraren: onderwijsdoelen die niet worden gehaald. Deze problemen zullen worden getoond aan de hand van observaties bij twee leraren in de klas, en van resultaten van een enquête onder leraren. Deze problemen worden in verband gebracht met de sluipende aanpak in "Chemie mavo" bij deze wisseling van context.

4.1 *Probleem 1: Onderscheiden van 'zouten' van 'moleculaire stoffen'*

Enkele lessen na de gebeurtenissen getoond in de vorige paragrafen, gebeurde, in dezelfde klas bij dezelfde leraar, het volgende:

- | | |
|-------------|--|
| boek: | Schrijf de formules met toestandsaanduidingen op van de volgende stoffen.
In welke gevallen is sprake van een zout? |
| | a) koolstofdioxide, een vloeistof |
| leraar: | (stelt de vraag aan een leerling) |
| 5 leerling: | CS ₂ |
| leerling: | Moet je daar ook de min-ladingen bij zetten? |
| leraar: | Wat denk je, moet je er altijd plus- en min-ladingen bij schrijven? |
| leerling: | Als 't geen zout is dan (...) |
| leerling: | (...) |
| 10 leraar: | E. zegt: als 't er bij eentje niet bij staat dan is ie twee-plus. Iedere stof is dus een zout want als bij eentje de lading er niet bij staat dan is ie twee-plus? |
| leerling: | Nee want soms heeft ie geen lading, da's logisch |

- leerling: (...) ionaire en moleculaire stoffen!
 leraar: Je kan het ook nog eraan weten dat koolstof geen metaal is.
 15 leerling: (...) geen vloeistof
 leraar: En daar kan je 't ook aan weten, een zout is nooit een vloeistof.

(school C)

De leerling in regel 6 wilde bij CS_2 "de min-ladingen erbij zetten". Dat houdt in: òf hij herkende in CS_2 geen 'moleculaire stof'; òf de relatie: moleculaire stof - bevat geen ionen (ladingen), bestaat voor hem niet.

Relevante eigenschappen van CS_2 in verband met 'moleculaire stof' versus 'zout' zijn, volgens het boek, inmiddels: verbinding van niet-metalen, geen vaste stof.

De leraar en minstens één andere leerling hanteren wel de eigenschappen die het boek noemde voor een zout: verbinding van metaal en niet-metaal (leraar in r.14), vaste stof (leerling in r.15). Ook de relatie met 'geen ionen' wordt door een andere leerling heel vanzelfsprekend gehanteerd in r.12-13. Uit deze vanzelfsprekendheid ("da's logisch") blijkt dat het onderscheiden van ionaire en moleculaire stoffen voor een deel van de klas inmiddels tot *norm* is geworden. Een norm waaraan de leerling uit r.6 nog niet kan, of wil, voldoen. Nog enkele voorbeelden van het probleem 'onderscheiden van moleculaire en ionaire stoffen', met daarbij de reacties van leraren op enquêtevragen hierover:

- Op het *bord* de formule: $\text{Sn}^{4+}\text{Cl}_4^-$ [volgens 't boek: $\text{Sn}^{4+}(\text{Cl})_4$]
 leraar: En als je deze getalletjes (wijst: de ladingen) nu weglaat?
 leerling: Dan is het geen zout meer.

(school A)

Reacties van leraren op de vraag of zo'n uitspraak vaak gedaan wordt door leerlingen:

1. "Bij het weglaten van de ionladingen willen de ll *later* nog wel eens vergissingen maken (...)"
2. Bij examenopgaven denken ze niet aan zouten als er geen ladingen vermeld worden!"
3. "Het omgekeerde (...) nl. om bij SO_2 te spreken van ionen"

Op het *bord* de formule $\text{Cu}^{2+}\text{O}^{2-}$

- leerling: (tegen buurman) Maar jij zei dat er achter zuurstof altijd een tweetje komt!
 (school C)

boek: $\text{Cl}_2(\text{aq})$. Dit ion bestaat niet.

leerling: Ja maar chloor was toch altijd met zijn tweeën?

(school A)

Reacties van leraren op het fragment uit school C:

4. "Eenmaal O^{2-} gehoord schrijven leerlingen voor zuurstof vaak $\text{O}^{2-}(\text{g})$ op. O_2 , H_2 , N_2 , I_2 , Br_2 , en Cl_2 moet ik er *steeds* weer inhameren na de zoutenbehandeling."

5. "Werkzaam chloor is Cl i.p.v. Cl_2 . Zuurstof opgelost in water is O^{2-} want stoffen in oplossing worden" (geladen? /in ionen gesplitst? De zin is niet volledig).

De reacties genummerd 1 en 2, wijzen erop dat leerlingen een formule van een zout herkennen aan de ladingsetallen in superscript, die bij moleculaire stoffen niet gebruikt worden.

Het criterium 'verbinding van metaal en niet-metaal' functioneert dan niet, evenmin als de 4 zout-eigenschappen (zie §3.1 van dit artikel). "Ionaire stof" of "zout" is niet een duidelijk afgebakende zaak geworden voor een (groot) deel van de leerlingen. Sommigen neigen ertoe nu altijd de schrijfwijze voor ionen te hanteren. In het "er in hameren" hoor ik het opleggen van dit voor leerlingen nog vreemde onderscheid als norm. Het onderscheid 'zout' - 'moleculaire stof' werd sluipend ingevoerd in "Chemie mavo" (zie 3.1) en de leraar uit school C volgde hierin het boek (3.2.3.).

Een tweede probleem dat met 'sluipend invoeren' in verband kan worden gebracht, heeft betrekking op de termen 'ionsoort' en 'stof'.

4.2 *Probleem 2: Verschil en relatie tussen een niet-ontleedbare stof en de bijbehorende ionsoort*

Leerlingen gebruiken vaak in plaats van de ion-naam de naam van het corresponderende element, die ook gebruikt wordt voor de niet-ontleedbare stof. Zo werd het oplossen van kaliumjodide in woorden beschreven met:

leerling: "kaliumjodide (...) wordt kalium plus jood"

Deze uitspraak werd door veel leraren herkend en zij wisten soortgelijke voorbeelden te geven:

"Herhaaldelijk!

natriumchloride --> natrium + chloor (voor oplossen)

Een zout is opgebouwd uit een metaal en een niet-metaal (het woord ion weglaten, sommigen blijven dit consequent volhouden)."

Hieruit blijkt mijns inziens dat het verschil tussen het metaal natrium en het natriumion nog niet leeft voor deze leerlingen. (Uit de respons van de leraar hoor ik dat dit volgens hem wel zou moeten).

Ik ga er dan vanuit dat ieder datgene wat voor hem belangrijk is, in woorden zal willen uitdrukken. Wie bijvoorbeeld de elektrolyse van koperchloride-oplossing tot koper en chloor kent, zal het oplossen van koperchloride niet willen beschrijven met: koperchloride wordt koper plus chloor. Het verschil tussen het koperion ('oorzaak van' o.a. blauwe kleur, stroomgeleiding) en het metaal koper ('is' roodachtig, geleidt de stroom) is te duidelijk,

als je het kent, om beide met hetzelfde woord aan te duiden. Verder wil ik hier uit concluderen dat het verschil tussen de algemenere termen 'ionsoort' en 'stof' nog niet leeft.

4.3 Probleem 3: Verschil en relatie tussen de termen 'ionsoort' en 'stof'.

Uit de volgende protocolfragmenten, alle afkomstig uit school C, blijkt mijns inziens nog een probleem met de termen 'ionsoort' en 'stof', dat ook tot uitdrukking komt in het gebruik van stof- en ion-namen.

1. Over kaliloog met verdund salpeterzuur (vraag 1a bij 6.4):

boek: "Stel de vergelijkingen op voor (...)

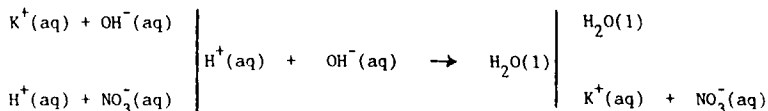
a. kaliloog met verdund salpeterzuur".

bord:

leraar: $K^+(aq)$ plus $NO_3^-(aq)$ dat is kaliumnitraat

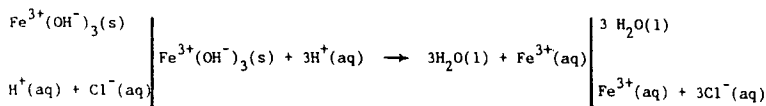
leerling*: Waarom is dat nou kaliumnitraat?

leraar: Je hebt deze twee ionen in oplossing (wijst aan in de vergelijking) Ik heb dat nu gemaakt door die twee oplossingen bij elkaar te gooien, maar ik had net zo goed kaliumnitraat kunnen oplossen.



2. Over ijzer(III)hydroxide met zoutzuur (vraag 2 bij 6.4):

bord:



leerling: IJzer(III)hydroxide reageert

leerling*: en dan komen er losse Fe^{3+} -ionen in het water

leraar: en dan heb je na de reactie losse Fe^{3+} -ionen over, heel goed.

leerling*: IJzer(III)chloride, maar waar komt die chloride dan vandaan?

leraar: Die heb je nog overgehouden van voor de reactie, dat zijn de tribune-ionen.

3. Over magnesiumoxide met verdund zwavelzuur (vraag 1a bij §6.5):

leraar: Welk ion gebruik ik dan om te ontzuren, B.?

leerling: Je gebruikt helemaal geen ion, je gebruikt de vaste stof!

leraar: Ja maar welk ONDERDEEL van die vaste stof gebruik je dan?

leerling O-twee-min.

4. Iets later, naar aanleiding van dezelfde vraag:

bord: $\text{Mg}^{2+}\text{O}^{2-}(\text{s}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Mg}^{2+}(\text{aq})$
 leerling: Is Mg^{2+} nu een tribuneion?
 leraar: Mg^{2+} is hier dus geen tribuneion, want het doet mee aan de reactie. Eigenlijk is 't het O^{2-} -ion dat met het H^+ -ion reageert, maar aan dat O^{2-} -ion zit een Mg^{2+} -ion.

5. Over ijzer(III)oxide met zoutzuur (vraag 1b bij §6.5):

leerling*: Waarom staat er dan Fe?
 leraar: Die zit er toevallig aan vast.
 leerling*: Ja maar dat heb je toch ook bij die H^+ en Cl^-
 leraar: Nee! Die H^+ en die Cl^- hebben niets meer met elkaar te maken! Die zijn helemaal los van elkaar, dus die chlorideionen zijn helemaal niet bij de reactie betrokken, dat zijn dus tribuneionen. Maar deze (...) zitten aan elkaar vast. Je kan het zo zien dat de O's afgeplukt worden van de Fe-drie-plus. Maar de H^+ en de Cl^- die zijn al uit elkaar.
 leerling*: En dat is dus een tribuneion.

Het gemeenschappelijk probleem, dat ik in deze fragmenten zie kan ik als volgt formuleren: ionsoorten in oplossing kunnen onafhankelijk van elkaar aan reacties deelnemen (uit de oplossing verdwijnen). Uit een oplossing van salpeterzuur kan het waterstofion verdwijnen terwijl de eigenschappen, veroorzaakt door het nitraation, onveranderd aanwezig blijven. In dit opzicht lijken ionsoorten op stoffen, die immers ook onafhankelijk van elkaar uit een mengsel kunnen verdwijnen. Deze overeenkomst komt tot uitdrukking in de schrijfwijze van ionaire oplossingen, voor opgelost salpeterzuur bijvoorbeeld: $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$. Deze schrijfwijze (twee termen, verbonden door een plusteken) was in de oude context gereserveerd voor mengsels van stoffen (3-mavo, p.122). Ook in reactievergelijkingen nemen ionsoorten nu de plaats in die voorheen aan stoffen was voorbehouden.

Maar als ionsoorten in oplossing onafhankelijk van elkaar aan reacties deelnemen, dan wordt het problematisch wat we nog bedoelen met 'de stof'. Welke eenheid wordt daarmee nog aangeduid? Wat is 'opgelost salpeterzuur' anders dan twee ionsoorten die "niets meer met elkaar te maken" hebben (fragment 5)? Zijn de ionsoorten nu niet de eigenlijke 'stoffen' geworden? Ze hebben veel kenmerken ervan:

- bestaan uit identieke deeltjes;
- kunnen onafhankelijk van elkaar verdwijnen uit een mengsel;
- benoemen/verklaren¹⁰ een samenhang van eigenschappen.

Bij een zout in vaste toestand is het makkelijker om 'de stof' aan te duiden, maar daar ontstaat het tegenovergestelde probleem: welke zin heeft nu het

spreken over ionen, wanneer deze nu *niet* onafhankelijk van elkaar deelnemen aan reacties (fragmenten 3 en 4)? Welke constante duiden we aan met 'het oxide-ion' wanneer sommige metaaloxiden gemakkelijk en andere slechts moeizaam als base reageren, bijvoorbeeld.

Leg je de nadruk op de overeenkomst - dat ze wel allemaal de basische eigenschap hebben, zoals in Chemie mavo (p. 264) gebeurt - dan kun je het oxide-ion wel 'een base' noemen. Zou je op deze wijze de uitgekozen eigenschappen van 'stoffen' helemaal aan de samenstellende ionsoorten kunnen toeschrijven dan zou het echter opnieuw een probleem worden wat dan 'stof' nog betekent als we over zouten spreken. Zijn het geen mengsels van ionsoorten geworden?

Een leraar, reagerend op "kaliumjodide wordt kalium plus jood" voor 't oplossen van KI: "Voor hen zijn kopersulfaat 2 stoffen, nl. koper en sulfaat. => dit kost moeite, te meer door het verschil in schrijfwijze van vaste stof en oplossing."

En dezelfde leraar, reagerend op uitspraken ontleend aan de fragmenten 3, 4 en 5: "Dat zouten uit + en - ionen bestaan is duidelijk, maar dat + en - ionen *1 stof* vormen en geen mengsel, daar komen sommige leerlingen nooit achter. Hierboven (reactie van ijzeroxide met zoutzuur WK) is het reactieproduct toch ijzer en chloride? Pas na herhaalde oefening doen ze het goed."

Het tegenovergestelde wordt overigens vaker gesignaleerd: "(...) Probleem is dat leerlingen niet door hebben dat (slecht oplosbare) zouten in vaste vorm ook uit ionen bestaan."

Beide "problemen" kunnen als één probleem worden gezien: in de loop van dit onderwijs zijn leerlingen ionsoorten gaan zien als iets zelfstandigs (Vergelijk Joling e.a., 1988, p. 249). Daardoor is er geen plaats meer voor de term 'stof' om de combinatie van ionsoorten aan te duiden. Omgekeerd kan 'een stof' voor hen niet uit (immers zelfstandige) 'ionen' bestaan. Beide woorden zijn elkaar gaan uitsluiten voor leerlingen. En dit kunnen wij nu zien als een gevolg van de wijze waarop de oude context van 'stof' werd verlaten: een stof was iets dat uit identieke moleculen bestaat. Dat is het nu niet meer. De vraag wat 'een stof' nu dan wel is, werd nooit opnieuw aan de orde gesteld.

We hebben nu twee paar termen gevonden ('moleculaire stof' - 'zout', zie 4.1, en 'ionsoort' - 'stof') die sluipend werden geïntroduceerd en waarvoor een onderwijsprobleem kon worden vastgesteld. Het herroepen van een uitspraak "alle stoffen bestaan uit (...) moleculen" ging samen met een verandering in betekenis van meerdere woorden in onderling verband. Dit rechtvaardigt de keuze een context als "niet veranderbaar" te beschouwen (§2). Voorzover een wisseling van context sluipend verloopt leidt dit enige tijd later tot onderwijsproblemen.

4.4 'Leren' in een sluipende situatie

De in 4.3 gesignaleerde problemen worden begrijpelijk door te letten op de sluipende wisseling van context, die onder andere het woord 'stof' en de stofnamen hebben ondergaan in het spreken van de leraar en in het gebruikte schoolboek. In de besproken protocolfragmenten uit 4.3 komt deze betekenisverandering nog steeds niet aan de orde. De discussie gaat immers over hoe het "is", niet over 'wat we bedoelen met...' bijvoorbeeld een stofnaam als kaliumnitraat. Het gaat over schijnbare feiten (zie onder 3.1). De situatie blijft dus sluipend als we letten op het woord 'stof' en op stofnamen.

Toch gebeurt er in deze fragmenten wel iets dat we 'leren' zouden kunnen noemen. De betekenis van 'stof' of van stofnamen komt niet aan de orde, maar het gebruik van deze woorden wordt wel *voorgedaan* door de leraar. Zijn voorbeeld (dat betrekking had op de naam 'kaliumnitraat') uit fragment 1 wordt in fragment 2 *nagevolgd* door leerling* (het gaat daar om 'ijzer(II-chloride)').

De niet-uitgesproken betekenis die het gebruik van het woord 'stof' en van stofnamen door de leraar bepaalt, probeert hij naar leerlingen over te dragen door het correcte gebruik (volgens de niet-uitgesproken betekenis) van deze woorden voor te doen en leerlingen gelegenheid te geven zich in het gebruik van die woorden te oefenen. Ik zeg dan dat die niet-uitgesproken betekenis *als norm* wordt gesteld, een niet-uitgesproken norm (hij wordt "gesteld" door voordoen en door gelegenheid te geven tot oefening). Zodra leerlingen erin slagen naar deze norm te handelen is het ook voor hen een norm geworden. (Zie het protocol bij 4.1 "da's logisch").

In deze fragmenten slagen leerlingen daar nog niet in. Zo is leerling*, die in fragment 1 en 2 leerde dat een combinatie van ionen met één naam genoemd kan worden, in fragment 5 verbaasd dat je van H^+ en Cl^- niet mag zeggen dat ze "vast" zitten terwijl dat bij Fe^{3+} en O^{2-} wel moet (beide combinaties worden met een naam aangeduid: zoutzuur resp. ijzeroxide).

Uit de gestelde vragen (bijvoorbeeld ook "Is Mg^{2+} nu een tribuneion?", fragment 4) blijkt dat leerlingen op zoek zijn naar hoe deze woorden volgens de leraar gebruikt moeten worden: ze zijn op zoek naar de norm. Wanneer leerlingen nog niet naar de norm kunnen handelen terwijl ze daartoe wel pogingen ondernemen, dan zouden we kunnen zeggen dat ook zij "een probleem" hebben: een probleem met het woordgebruik van de leraar. Kaper (1989) heeft getoond dat zulk voordoen en navolgen ook in andere 'sluipende situaties' voorkomt. We kunnen 'voordoen en navolgen' daarom als een van de eigenschappen van 'de sluipende situatie' beschouwen.

5. Conclusies

1. Het gezichtspunt 'context' als kloppende samenhang van termen bleek

bruikbaar bij het opsporen van 'sluipende' veranderingen in het woordgebruik. Wanneer één relatie tussen woorden wordt herroepen, dan is het zinvol erop bedacht te zijn dat dit andere betekenis-veranderingen met zich mee kan brengen, en daarnaar te zoeken. Het is dus zinvol gebleken een context "niet veranderbaar" te noemen (§2).

2. Een 'sluipende' wisseling van context heeft tot nu toe de volgende eigenschappen gekregen:
 - De leraar begint woorden in een andere betekenis te gebruiken zonder dat hij die verandering aan de orde stelt. (De betekenisverandering ligt verborgen in mededelingen van schijnbare feiten)
 - Leerlingen reageren niet op het moment dat deze verandering zich voordoet.
 - Later wordt de leraar geconfronteerd met het probleem dat leerlingen hem in zijn veranderd woordgebruik niet direct kunnen volgen.
 - De leraar 'doet voor', leerlingen proberen hem na te volgen. Het woordgebruik van de leraar functioneert als norm.

Een samenhang van een aanpak van de leraar met reacties van leerlingen (in de tijd), zouden we een *onderwijssituatie* kunnen noemen. In conclusie 2 is dan een situatie omschreven die we 'de sluipende situatie' kunnen noemen, omdat hij onder andere gekenmerkt wordt door een sluipende aanpak van de leraar.

6. Sluipende onderwijssituatie en verstudieboeking

Met verwijzing naar Kuhn en Latour stelde Joling (1990) zich de vraag wat er gebeurt zodra resultaten van wetenschapsbeoefening in studieboeken terecht komen. Hij wees aan hoe in een reeks publikaties (bijvoorbeeld: wetenschappelijk gesprek - artikel - review - studieboek) een discussie wordt gesloten¹¹ en resultaten in toenemende mate als "feiten" worden gepresenteerd, waarbij tevens een verandering van taal¹², die in het wetenschappelijk gesprek nog duidelijk was, vervaagt. Dit proces noemde hij verstudieboeking.

In het huidige artikel meen ik de situatie te hebben beschreven waarin een tekst functioneert die een dergelijke "vervaagde" wisseling van context bevat. Misschien kunnen we de sluipende onderwijssituatie zien als resultaat van het proces van verstudieboeking? De vraagstelling van dit artikel (§1.3) luidde:

Welk onderscheid in "onderwijsaanpak" is bruikbaar bij het begrijpen van gesignaleerde "problemen in de begripsontwikkeling"?

Mijns inziens is het gelukt enkele problemen te begrijpen in verband met de gevolgte aanpak van docent en studieboek. Toch is daarmee de vraagstelling nog niet beantwoord. Er is immers nog niet getoond tot welke resultaten een

andere dan sluipende aanpak kan leiden. an bijvoorbeeld een probleemstellende aanpak gerekend worden tot *een andere onderwijssituatie* die zich óók qua 'begripsontwikkeling' van de 'sluipende' situatie onderscheidt? Dit zal de vraagstelling zijn van een volgend artikel.

Noten

1. Waar de 'ik'-vorm wordt gebruikt spreken beide auteurs als groep, waarbij Wolter Kaper de pen voerde. Zijn woordgebruik zal hier en daar persoonlijk gekleurd zijn. Henk ten Voorde neemt echter als medeauteur de volle medeverantwoordelijkheid voor de tekst. Met 'we' bedoel ik de groep van auteurs en lezers als didactici.
2. Zulke toegekende structuren rekent Van Hiele (1986) niet tot medium 1 maar tot medium 2 of 3. Hiermee gebruikt hij het woord "werkelijkheid" anders dan in de natuurwetenschap gebruikelijk is. Omwille van de verstaanbaarheid volg ik hem hierin nu niet.
3. Een bespreking van dit rapport (Joling e.a., 1988) door Wubbels (1989) is eerder verschenen in TD8.
4. Vergelijk Van Hiele (1986), p.61 "Symbols are closely related to context" en p.62: "... the ... (symbols) lose a part of their contents by transferring them to the connections between symbols."
5. Het "kapotgaan" op blz. 114, 3-mavo, moet vanaf blz. 35 van 4-mavo als een bijzondere vorm van "hergroepering" geïnterpreteerd worden, als we beide uitspraken tot dezelfde context rekenen.
6. Zie diverse natuurkunde-schoolboeken, bijvoorbeeld Schweers en Van Vianen (1974): Na een korte inleiding over het belang van elektrische energie voor onze samenleving introduceren zij de term "elektrische stroom" onder het kopje "blijvende stroming van elektronen".
7. Op dit moment is van "zouten" gezegd dat "ze (meestal) opgebouwd zijn uit twee soorten elementen: metalen en andere elementen (niet-metalen)".
8. Even de puntjes op de i zetten: met een term bedoel ik een woord in een bepaalde context. Termen *veranderen* dus niet van betekenis, want de betekenis reken ik tot de term. Van woorden zeg ik wel dat ze van betekenis veranderen.
9. Proef 1 van §4.4 uit 4-mavo. Deze proef gaat vooraf aan de proef "Elektrische stroom door oplossingen", waarnaar ik in §3.1 verwees.
10. Van stoffen zegt Chemie mavo dat ze eigenschappen 'hebben', van ionen dat ze eigenschappen 'verklaren' of 'veroorzaken' (blz. 167), (blz. 252 "het komt door..."). Uitzondering: blz. 215, de opmerking over kleuren.
11. Met Latour spreekt hij van feiten die gaandeweg "black boxes" worden. Het proces waarin het feit ontstond wordt onzichtbaar, d.i. de "black box" wordt "gesloten", in Latours beeldspraak.
12. Bij Kuhn is zo'n verandering van taal onderdeel van een "paradigmawisseling". Een paradigma omvat behalve "taal" ook "werkwijze" en wellicht nog meer, het is rijker dan mijn "context".

Literatuur

Beenhakker-Wagenaar, C.F., W. Davids, J.J. Geluk, G.H. van den Hoven, K. Klosse & A.L. Westers (1981) *Chemie 3-mavo*. Groningen: Wolters-Noordhoff.

- Davids, W., J.J. Geluk, G.H. van den Hoven, K. Klosse & A.L. Westers (1982) *Chemie 4-mavo*, Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Driver, R. (1987) "Changing Conceptions", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6, 161-198.
- Genderen, D. van (1985) "Context als β -didactisch begrip", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3, 183-194.
- Hiele, P.M. van (1986) *Structure and Insight*, Orlando: Academic Press, inc.
- Holding, B. (1985) *Aspects of secondary students Understanding of Elementary Ideas in Chemistry: summary report*, Leeds: Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Holding, B. (1987) *Investigation of Schoolchildren's Understanding of the Process of Dissolving with Special Reference to the Conservation of Matter and the Development of Atomistic Ideas*, Leeds: University of Leeds, School of Education (thesis).
- Johnston, K. (1989) "Students' responses to an active Learning approach to teaching the particulate theory of matter". Paper presented at the conference on *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles*, Woudschoten, october 1989.
- Joling, E., A. van Lierop, W. van Soest, W. Kaper, H. ten Voorde, W. de Vos, E. Mellink, B. Snel & J. Timmer (1988) *Chemie mavo, onderzoek naar het functioneren van een leergang scheikunde; SCO rapport 161*, Amsterdam: Stichting Centrum voor Onderwijsonderzoek.
- Joling, E., H.H. ten Voorde & A. Verdonk (1990) "Verstudieboekje: de totstandkoming van feiten beschouwd vanuit een didactische optiek", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8, 197-221.
- Kaper, W.H. (1989) 'Gebruiksvorm' van een lestekst en 'begripsontwikkeling', Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, afdeling Didactiek der Scheikunde (afstudeerstage-verslag).
- Licht, P. (1986a) "Begrips- en redeneerproblemen in beginnend elektriciteits-onderwijs", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 4, 88-106.
- Licht, P. (1986b) "Een constructivistische benadering van leren en onderwijzen". Een paper voorbereid voor het *VULON-congres*, Epe.
- Licht, P. (1987) "Concept-verandering in constructivistisch onderwijs; op zoek naar een theoretisch fundament", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 5, 105-120.
- Oers, B. van (1988) "Modellen en de ontwikkeling van het (natuur)wetenschappelijk denken van leerlingen", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 6, 115-143.
- Schweers, J. & P. van Vianen (1974) *Natuurkunde op corpusculaire grondslag*, deel 2 voor de onderbouw van vwo en havo, zesde druk, Den Bosch: Malmberg.

- Sharan, S. & R. Hertz Lazarowitz (1986) "A Group-Investigation Method of Cooperative Learning in the Classroom". In: A. Weber (Ed.), *Kooperatives Lehren und Lernen in der Schule*, Heinsberg: Agentur Dieck.
- Treffers, A. (1990) "Wiskunde-onderwijstheorie of β -onderwijstheorie?" In: P.L. Lijnse & W. de Vos (Eds.), *Didactiek in perspectief*. Utrecht: CDB-Press.
- Voorde, H.H. ten (1983) "Die Kluft des Nicht-verstehen-könnens: Ein Problem des Unterrichtens", *Chimica Didactica*, 9, 138-175.
- WEN(Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde)(1984) *Conceptexamenprogramma Natuurkunde D-niveau*, concept van een advies aan de Minister van Onderwijs en Wetenschappen. Enschede: ACLO-natuurkunde.
- Wubbels, Th. (1989) "Boekbespreking: 'Chemie mavo, onderzoek naar het functioneren van een leergang scheikunde'", *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 7, 162-166.