

Het elementbegrip fenomenologisch

JAC VERHAGEN, HARRIE SLITS, *docenten scheikunde aan het Rivendellcollege te Uden*

Inleiding

Het doet ons genoeg te zien dat in *Faraday* de discussie over het elementbegrip in het beginonderwijs scheikunde heropend is.

Umans maakt in zijn artikel¹ duidelijk dat er verschil is tussen het begrip element en datgene, wat hij enkelvoudige stof wil noemen, en waarvoor chemici eveneens het woord element gebruiken. Bovendien maakt hij duidelijk dat dit verschil relevantie kan hebben voor het beginonderwijs in de scheikunde. Hondebrink² maakt in zijn artikel duidelijk waar het verschil zit en ook waar in het beginonderwijs scheikunde de schoen wringt; het chemisch elementbegrip is gedefinieerd vanuit de deeltjestheorie, terwijl enkelvoudige stof een operationeel begrip is. Wij, chemici, hebben daar geen moeite mee omdat wij gewend zijn heen en weer te denken tussen waarneembare wereld en deeltjeswereld, terwijl de leerlingen daar nog niet zo bedreven in zijn.

Derhalve draagt hij als oplossing voor dit tijdelijke probleem aan, de twee bedoelde begrippen verbaal gescheiden te houden (andere namen), tot de leerlingen wat meer oefening hebben in het deeltjesdenken.

Ook wij zijn in het verleden gestuit op de problemen die Umans en met name Hondebrink signaleren bij het beginonderwijs scheikunde. Ook wij hebben naar aanleiding van deze (en soortgelijke) problemen besloten ons onderwijs te veranderen. Maar wij hebben wel een wat andere route genomen.

Modellen in het onderwijs

Toen wij vijf jaar geleden het derde-klasprogramma evalueerden, stuitte we op het probleem dat de derde-klasstof eigenlijk volledig modelmatig was. D.w.z. dat alles er om ging de leerlingen te leren denken in een model (het atoommodel), zonder

verwijzing naar of soms zelfs met voorbijgaan aan het direkt waarneembare. In de natuurwetenschap zelf ligt dit precies andersom en wordt een modelvoorstelling pas ontwikkeld wanneer de feiten daar aanleiding toe geven.

Wij speculeerden dat een deel van de problemen voor de leerlingen met het beginonderwijs scheikunde gelegen is in deze omkering van de gang van zaken. Daarom wilden we in het beginonderwijs uitgaan van het direkt-waarneembare en pas met een model komen als de feiten om zo'n theoretische verklaring vragen. Al snel werd ons duidelijk dat dat in de derde klas nog niet het geval is. Daarom beperkten we ons programma voor de derde klas tot het ervaring opdoen met stoffen en chemische reacties en het structureren van deze ervaring, zonder daarbij een beroep te doen op het deeltjesmodel.

Twee taalniveaus

Inmiddels is door de artikelen van Umans en Hondebrink wel duidelijk dat het probleem eigenlijk niet bij de leerlingen ligt, maar bij ons chemici, door de twee taalniveaus waarop wij spreken over element. Het ene niveau is het niveau van het direkt-waarneembare, het experimenteel-verifiëerbare. Dit is het niveau waarvan sprake is als we het hebben over de *stof zuurstof*, dus de enkelvoudige stof. Het andere niveau is het modelmatige, het conceptuele. Dit is het niveau waarop we spreken als we het elementbegrip bedoelen; zoals we spreken over het voorkomen van het element zuurstof in water. Dit is een gedachtenconstructie die wij zelf uitvoeren.

Omdat we vijf jaar geleden besloten niet meer uit te gaan van het deeltjesmodel, waren we gedwongen deze twee begrippen en niveaus strikt gescheiden te houden. We kozen toen voor een weg die Umans in zijn artikel ook suggereert, namelijk de volgende. Na de invoering van het reactiebegrip aan de hand van een aantal proeven, werd het begrip enkelvoudige

stof geïntroduceerd. Als tegenhanger voor enkelvoudige stof gebruikten we de term verbinding. Daarna werd voor een verbinding door het uitvoeren van een synthese enerzijds en ontleding anderzijds, nagegaan welke enkelvoudige stoffen nodig waren voor de synthese, resp. welke enkelvoudige stoffen bij ontleding ontstonden. Daaraan koppelden we de term 'bestaat uit de elementen...'. Deze twee termen, 'enkelvoudige stof' en 'bestaat uit de elementen' werden verder tamelijk strikt gebruikt bij verdere reacties en bij het oefenen aan oefenopgaven. Ook werden met name koperkringlopen uitgevoerd door de leerlingen om een en ander te verduidelijken.

Evaluatie na twee jaar

Met dit programma werkten we twee jaar. Maar de resultaten waren niet geheel volgens verwachting. Nog steeds deed zich het probleem voor dat de leerlingen niet de relatie vatten, die wij wilden vangen onder de naam 'bestaat uit de elementen...'. Uit de antwoorden op opgaven kregen we de stellige indruk dat de leerlingen nog steeds weinig onderscheid maakten tussen mengsel en verbinding. Begrip van wat bedoeld zou kunnen zijn met uitdrukkingen als 'fluor in tandpasta' e.d. lag al helemaal buiten het gezichtsveld.

Een nieuwe strategie

Na deze twee jaar werken met dit programma kwamen we tot de conclusie dat wel onze beslissing om twee verschillende termen te gebruiken juist was geweest, maar dat de termen, ontleend aan onze vaktaal, verkeerd gekozen waren en daardoor inzicht voor de leerlingen belemmerden.

Naar ons gevoel roept het woord element bij de leerlingen een beeld op van bouwstenen. Het appelleert als het ware aan een beeld uit de leefwereld, dat we nu juist wilden vermijden: nl van de stenen waarmee je een huis bouwt, die onveranderd zichtbaar blijven. Dit beeld wordt voor de leerlingen nog versterkt door het gebruik van het woord bestaat in 'bestaat uit de elementen...'. Dit woordgebruik, nog steeds ontleend aan de chemische vaktaal, wekte

dus bij de leerlingen een beeld op dat correspondeert met een primitief deeltjesmodel. Echter op zo'n manier dat het blokkerend werkt voor een werkelijk elementbegrip. Immers met dit beeld is voor leerlingen water niets anders dan een mengsel van waterstof en zuurstof. (Overigens zou dit ook precies de omgekeerde weg betekenen, want zonder inzicht in het volledige elementbegrip en de diverse bindings-theoriën kan het deeltjesmodel in de scheikunde niet echt functioneren.)

Onze bedoeling met het onderwijsaanbod was nu juist dat beeld van die onveranderd aanwezige bouwstenen te vermijden. Derhalve moesten we woorden vinden die de relatie van het elementbegrip beter uitdrukten. Daarvoor moesten we die relatie eerst zelf nader analyseren. Wat we wilden overbrengen was eigenlijk niet meer dan een aantal relaties tussen een enkelvoudige stof aan de ene kant en een aantal samengestelde stoffen anderzijds; een relatie die alles te maken heeft met het verdwijnen en ontstaan van deze stoffen. Als een enkelvoudige stof bij een chemische reactie verdwijnt ontstaat er altijd (minstens) één stof, waaruit je via chemische reacties de verdwenen enkelvoudige stof weer terug kunt maken.

Stamvader en familie

Om deze relatie te benoemen hebben we gebruik gemaakt van de begrippen stamvader (voor de enkelvoudige stof) en familie (voor de samengestelde stoffen waarmee de stamvader de bedoelde relatie heeft.). In ons huidige leerplan wordt nu het reactiebegrrip gekoppeld aan het verdwijnen en ontstaan van stoffen. Er wordt een groot aantal reacties door de leerlingen uitgevoerd, waarvan ook een reactieschema, in namen, wordt opgesteld. Sorteren van reactie naar aantallen stoffen die verdwijnen en ontstaan levert drie reactietypen:

'meer → 1' reacties, '1 → meer' reacties en
'meer → meer' reacties.

De woorden samenstellingsreactie en ontledingsreactie vermijden we vanwege de geladenheid van deze begrippen.

Deze onderverdeling van reacties genereert een onderverdeling van stoffen in samengesteld en enkelvoudig.

Daarna volgen kringlopen van koper, zink en nikkel, waaraan het begrip 'familie van' wordt opgehangen. We zeggen dat een stof behoort tot de koperfamilie als je die stof kunt maken m.b.v. de stof koper (die dan verdwijnt) en tevens uit die stof d.m.v. reacties de stof koper kunt terugkrijgen. Dat dit begrip een zinnig begrip is wordt voor de leerlingen duidelijk door de kringlopen die uitgevoerd worden. Er blijken immers vaak overeenkomsten te bestaan tussen leden van één familie. Voor de gebruikte families ligt dat heel duidelijk, de kleur in oplossing. Voor de koperfamilie blauw, voor de nikkelfamilie groen en voor de zinkfamilie kleurloos.

Het is de leerlingen onmiddellijk duidelijk te maken dat er behalve overeenkomsten ook verschillen zijn tussen de leden van een familie. Immers elke samengestelde stof hoort tot meer dan één familie, heeft een eigen smeltpunt, oplosbaarheid e.d. Bovendien blijven we reacties beschrijven als het verdwijnen en ontstaan van stoffen, om het verschil te benadrukken tussen beide niveau's, tussen stof en familie.

Met dit elementbegrip gewapend kunnen leerlingen uitdrukkingen als 'fluor in tandpasta' of 'ijzer in het bloed' helemaal begrijpen: er zit een stof in die behoort tot de fluorfamilie of de ijzerfamilie. Vanuit de enige overeenkomst die *in elk geval* bestaat tussen de leden van één familie, – dat je om die stoffen te synthetiseren op de een of andere manier de betreffende enkelvoudige stof nodig hebt en dat je bij ontleding van deze stoffen de enkelvoudige stof (wij spreken van stamvader) weer terug kunt krijgen –, stappen we dan over naar kwalitatief familiebehoud. Deze stap is voor de leerlingen haast triviaal.

De stap naar het kwantitatieve familiebehoud is weer wat lastiger en vergt oefening in opgaven over beschrijvingen van kringlopen of andere experimenten.

Conclusie

Om het elementbegrip te laten functioneren is eigen praktische ervaring van de leerlingen een noodzakelijke voorwaarde. Evenwel niet een voldoende. Het is bovendien nodig om de taal, waarin 't bedoelde

relatiesysteem wordt aangeboden, aan te passen. Dit omdat de bestaande woorden beelden oproepen die een werkelijk begrip van dit relationsysteem belemmeren. Als nieuwe woorden voor dit relatienet kozen wij woorden die ontleend zijn aan de familierelatie, omdat die de bedoelde relatie voldoende dicht benadert en de inhoud ervan aan de leerlingen volstrekt duidelijk is.

We hebben het gevoel dat we met dit taalgebruik op de juiste weg zijn; dat we daarmee een bijdrage leveren aan een goed begrip bij onze leerlingen van de elementrelatie.

Wij hebben geen moeite (meer) met het feit dat we onze leerlingen in de derde klas kennis van het atoommodel onthouden. In de vierde klas wordt het zonder enig probleem dankbaar geaccepteerd ter verklaring van wat de leerlingen al weten (± 8 lessen). Voorzover het derde-klas-scheikunde onderwijs tevens eindonderwijs is zijn wij van mening dat onze leerlingen kennis meekrijgen die voor hen maatschappelijk relevanter is dan een theoretisch model, dat voor hen niet funktioneert.

Dankwoord

De eerste versie van ons leerplan 3e klas kwam grotendeels tot stand terwijl een van ons op de afdeling vakdidactiek scheikunde van de KUN werkte. Zonder de vele en vruchtbare discussies daar met drs F. Arnold en dr H. ten Voorde was dit niet mogelijk geweest. Ook het idee van de genetische relatie ontstond naar aanleiding van discussies met de werkgroep TUE, met name drs F. Arnold. Dank daarvoor. Dank zijn wij ook bovenal verschuldigd aan de leerlingen die ons duidelijk maakten dat ons taalgebruik in de eerste versie nog steeds problemen opriep, waardoor we ons gedwongen voelden naar nieuwe woorden te zoeken.

Literatuur

1. A. J. H. Umans, De begrippen element en enkelvoudige stof, *Faraday* **49**, 202 (1980).
2. J. G. Hondebrink, Voorzichtig met elementen, *Faraday* **50**, 88 (1981).
3. H. H. ten Voorde, *Faraday* **47**, 73 (1978).
4. T. van Antwerpen, *Faraday* **47**, 110 (1978).