

Is een element een stof?

TON VAN ANTWERPEN, *Medewerker chemie-didactiek Rijksuniversiteit Utrecht*

Uit de resultaten van een door mij verricht onderzoek is gebleken, dat de leerlingen in 3 MAVO, die in het cursusjaar 1975-1976 hebben gewerkt met de eerste druk van de CMLS-leergang voor MAVO, nogal wat problemen hadden met het stofbegrip¹.

De bewering 'iedere verbinding is een zuivere stof' werd bevestigd door slechts $35\% \pm 8\%$ ² van de leerlingen (N = 147; N is het totale aantal leerlingen). Van de leerlingen noemde $87\% \pm 5\%$ koperchloride een verbinding; toch noemde $51\% \pm 8\%$ koperchloride een mengsel (N = 147).

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van een 'linkse'- en een 'rechtse'-toets om te bevorderen dat de leerlingen zelfstandig werkten. Bij de andere versie was $83\% \pm 6\%$ van de leerlingen van mening, dat natriumchloride een verbinding is; toch noemde $71\% \pm 8\%$ deze stof een mengsel (N = 139).

Zowel koperchloride als natriumchloride waren als verbinding in de tekst genoemd. Kennelijk hebben de leerlingen er moeite mee gehad de begrippen

mengsel en verbinding van elkaar te onderscheiden.

Men kan zich afvragen in hoeverre de leerlingentekst de leerlingen kan helpen of juist in verwarring kan brengen bij het leren onderscheiden van dit soort – voor de scheikunde fundamentele – begrippen. In de tabel is met behulp van citaten weergegeven hoe de begrippen element en verbinding zijn geïntroduceerd.

Bij bestudering van deze citaten ziet men, dat

- de leerlingen eerst is getoond, dat de stof koperchloride ontleeft in koper en chloor, en gevormd kan worden uit koper en chloor,

- elementen en verbindingen gedefinieerd worden als zuivere stoffen,

- er sprake is van elementen, die in verbindingen voorkomen, en van een verbinding, die bestaat uit elementen.

De punten b en c zijn strijdig. Een verbinding wordt gedefinieerd als een zuivere stof, en blijkt te

bestaan uit meer dan een element. Elementen zijn stoffen. Een verbinding bestaat dus uit meer dan een stof. Maar hoe kan die verbinding dan een zuivere stof zijn?

Deze inconsistentie kan een mogelijke verklaring zijn voor de problemen die de leerlingen toonden bij het onderscheiden van de begrippen mengsel en verbinding. De CMLS-medewerkers hebben dit kenne-

Tabel IV De introductie van de begrippen element en verbinding in de leerlingentekst voor 3 MAVO van de CMLS.

Eerste druk, 1975-1976	Tweede druk, 1976-1977	Derde druk, 1977-1978
LP 3.1.3 Elektrische stroom door een koperchloride-oplossing (blz. 64)	LP 3.1.3 Ontleding van een koperchloride-oplossing door elektrische stroom (blz. 79).	LP 3.1.3 Elektrische stroom door een oplossing van koperchloride (blz. 55).
<i>Elementen zijn stoffen die niet ontleed kunnen worden (blz. 68).</i>	<i>Elementen zijn stoffen die niet ontleed kunnen worden (blz. 86).</i>	<i>Elementen zijn stoffen die niet ontleed kunnen worden (blz. 61).</i>
KP 3.4.1 De reactie tussen koper en chloor (blz. 70).	KP 3.5.1 De reactie tussen koper en chloor (blz. 91).	KP 3.4.1 De reactie tussen koper en chloor (blz. 64).
We noemen koperchloride een verbinding van de elementen koper en chloor, omdat uit de elementen koper en chloor met hun eigenschappen een nieuwe stof, koperchloride, is ontstaan met andere eigenschappen. <i>Alle zuivere stoffen die geen element zijn, zijn verbindingen.</i>	Chemici noemen die niet-elementen <i>verbindingen</i> , soms ook wel: samengestelde stoffen. Zij zeggen: koperchloride is een verbinding en wel van de elementen koper en chloor. Je leest ook wel: koperchloride is opgebouwd uit de elementen koper en chloor, sterker nog: koperchloride bestaat uit koper en chloor.	Chemici noemen de stoffen, die je ontleden kunt <i>verbindingen</i> . De naam spreekt voor zich. In een verbinding zijn de elementen op chemische wijze met elkaar 'verbonden'. Men zegt: koperchloride is een verbinding van de elementen koper en chloor.
Een verbinding is opgebouwd uit minstens twee elementen. Verbindingen kunnen ontleed worden (blz. 70 en 71).	We bedoelen hiermee: als je koperchloride ontleedt ontstaan koper en chloor. Of: uit koper en chloor kun je koperchloride maken. De eigenschappen van koper en chloor zijn op geheimzinnige manier verdwenen toen ze zich 'verbonden' tot koperchloride. Let wel: koperchloride is een zuivere stof en géén mengsel! <i>Alle zuivere stoffen die geen elementen zijn, noemen we verbindingen (blz. 91).</i>	Soms zegt men ook wel: koperchloride is opgebouwd uit koper en chloor of koperchloride bestaat uit koper en chloor. Dit laatste is niet helemaal juist. Je zou dan immers kunnen denken dat koperchloride een mengsel van koper en chloor is, waar je de eigenschappen van koper en chloor in terug kan vinden. Maar dat is niet waar. Koperchloride is een zuivere stof en géén mengsel! Het heeft dus ook een smeltpunt en geen smelttraject. <i>Alle zuivere stoffen die je kunt ontleden noemen we verbindingen (blz. 64 en 65).</i>
Om tenslotte een idee te hebben van de hoeveelheden van de elementen die meestal in verbindingen op aarde voorkomen ... (blz. 71).	Om tenslotte een idee te hebben van de hoeveelheden van de elementen die meestal in verbindingen op aarde voorkomen ... (blz. 92).	De meeste elementen komen op aarde niet in zuivere vorm, maar in verbindingen voor. Om een idee te hebben van de hoeveelheden waarin de elementen hierin voorkomen ... (blz. 68).
Uit welke elementen bestaat suiker in elk geval? Denk aan LP 3.1.1 (blz. 72).	Uit welke elementen bestaat suiker in elk geval? Denk aan LP 3.1.1 (blz. 93).	Bij LP 3.1.1 ontstonden als ontledingsproducten onder andere koolstof en water. a. Uit welke elementen bestaat suiker dus in ieder geval? b. ... (blz. 69).

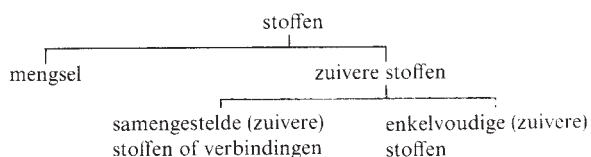
lijk ingezien. Als men de gang van zaken in de 2de en 3de druk bestudeert ziet men, dat men daar zorgvuldiger te werk is gegaan. Vooral de 3e druk is een duidelijke verbetering:

'Soms zegt men ook wel: koperchloride is opgebouwd uit koper en chloor of koperchloride bestaat uit koper en chloor. Dit laatste is niet helemaal juist. Je zou dan immers kunnen denken, dat koperchloride een mengsel van koper en chloor is, waar je de eigenschappen van koper en chloor in terug kan vinden. Maar dat is niet waar. Koperchloride is een zuivere stof en géén mengsel!'

De leerlingen worden hier gewaarschuwd tegen een foute denkwijze, die wordt gesuggereerd door het taalgebruik van de chemici. In hoeverre dit werkelijk heeft geholpen hoop ik nog een keer na te kunnen gaan met behulp van toetsresultaten. Eventuele conclusies zal ik weer in dit tijdschrift publiceren.

Het probleem waar het hier om gaat, is dat de term element in twee betekenissen wordt gebruikt.⁴ Element kan zijn een stof, die niet ontleed kan worden. Het kan ook een *denkbeeldig* bestanddeel van een verbinding zijn. Misschien is het beter voor beide betekenissen verschillende termen te gebruiken, bijvoorbeeld enkelvoudige *stof* en element. Een element zou in dat geval geen stof meer zijn.

Verbindingen zouden dan samengestelde stoffen zijn. Op deze wijze ontstaat de volgende indeling:



Een samengestelde stof of verbinding bestaat dan uit twee of meer elementen, een enkelvoudige stof uit één element.

Tot slot moet worden opgemerkt, dat het gesignaleerde probleem niet nieuw is. Hooykaas⁵ ver-

meldt, dat Mendelejeff reeds onderscheid maakte tussen 'eenvoudige stoffen' en elementen. Zelf laat hij zien tot welk een verwarring het door elkaar gebruiken van beide betekenissen kan leiden: 'Als men zegt: kwikoxyde bestaat uit kwik en zuurstof, en men zegt ook: kwik is een metaal en zuurstof een gas, dan zegt men dus, dat kwikoxyde bestaat uit een metaal en een gas. Die drogrede kan alleen ontstaan, doordat we eerst over de elementen en daarna over de eenvoudige stoffen spreken'.

Literatuur en noten

1. Ton van Antwerpen, 'De ontwikkeling van het stofbegrip in 3 MAVO', *Faraday* **46**, nr. 5 (oktober 1977) blz. 141-148.
2. Om een indruk te geven van de nauwkeurigheid van de percentages worden zij gegeven in de vorm van 95%-schattingintervallen³. De leerlingen, die de vraag hebben beantwoord, worden beschouwd als een aselechte steekproef uit een zeer grote populatie. Er is een kans van 95% dat de waarde van de populatie valt binnen het 95%-schattinginterval. Er is dus een kans van 95%, dat het percentage in de populatie gelijk was aan 27% of aan 43% of een waarde had die hiertussenin lag. Voor het onderzoek zijn 4 scholen gekozen uit de 10 MAVO-scholen, die aan het CMLS-experiment meededen. Van deze scholen deden alle leerlingen in 3 MAVO mee (voor zover zij niet afwezig waren). Er kan in dit geval eigenlijk niet gesproken worden over een aselechte steekproef. Ik laat het aan het oordeel van de lezer over in hoeverre dit de waarde van de conclusie aantast.
3. G. A. Ferguson, *Statistical Analysis in Psychology and Education*, 3rd edition, New York, Mc Graw-Hill, 1971, blz. 144.
4. Dit aspect is mij duidelijk geworden door een discussie in de Werkgroep Chemie-Didactici Nederland (WCDN) op 27 januari 1978, die onder leiding stond van de heren F. J. M. Arnold en H. ten Voorde.
5. R. Hooykaas, 'De wet van elementenbehoud', *Faraday* **17**, 21 (1947).