

Voorzichtig met elementen

J. G. HONDEBRINK

Onder de titel 'De begrippen element en enkelvoudige stof' publiceerde collega Umans een artikel¹, waarin een aantal stofkringlopen wordt beschreven, voorafgegaan door een selectie uit eerder verschenen artikelen over de dubbele betekenis van het woord element. In het onderstaande artikel geven we een manier van behandelen in de klas die de problemen voor de leerlingen zal doen verminderen en toch aansluit bij het bestaande chemisch woordgebruik. Behalve de al door Umans aangehaalde artikelen hebben aan de ideeën in dit artikel vooral bijgedragen: de opzet en de ervaringen van het OOSTERWOLDE-experiment in de 3e klas van W. de Vos, de discussies in het HAVO-DBK-experiment van de SLO, de ervaringen in België en de discussies naar aanleiding van de voorstellen voor een nieuw leerplan scheikunde voor rijksscholen.

Als scheikundedocent ervaar je dat veel leerlingen moeite hebben met het hanteren van het begrip element, zeker in combinatie met de begrippen mengsel en verbinding. Ook na de derde klas komt het voor dat een leerling beweert dat bijv. water een mengsel is, 'het bestaat immers uit waterstof en zuurstof'.

Velen van ons hebben zich bij deze problemen neergelegd en redeneren: 'het is ook iets moeilijks, we mogen niet verwachten dat al onze leerlingen deze begrippen in korte tijd goed leren hanteren'. Je kunt er echter wél wat aan doen.

Waarom geeft 'element' verwarring?

In de chemie wordt 'element' meestal gebruikt in de betekenis van 'bestanddeel van een verbinding', wat volgens de molekuul- en atoomtheorie neerkomt op: een bepaalde atoomsoort. (Of nog precieser: een bepaalde atoomkernsoort). Zo spreken we van het stikstofgehalte van een kunstmest, zeggen we dat ijzererts ijzer bevat, dat water uit de elementen wa-

terstof en zuurstof bestaat, en voeren we een 'elementenanalyse' uit aan een organische stof.

Vergeleken hiermee is het maar een enkele keer dat we met 'element' een niet ontleedbare stof bedoelen, bijv.: lucht bevat het element stikstof. In deze tweede betekenis komen we ook nog in verlegenheid door de complicatie dat verschillende van deze 'elementen' meer dan één 'verschijningsvorm' kunnen hebben, bijv. grafiet, kool en diamant, zuurstofgas en ozon, rhombische en monokliene zwavel enz. Toch wordt in vrijwel de meeste scheikundemethodes begonnen met een definitie van 'element' in deze tweede betekenis. Een leerling leert dus eerst dat een element een niet ontleedbare stof is. Daarna leert hij of zij dat verbindingen opgebouwd zijn uit elementen, dus uit (niet ontleedbare) stoffen. Het is ook geen wonder dat op deze manier het verschil tussen verbindingen en mengsels niet duidelijk is.

Wat is het verschil tussen de twee betekenissen van 'element'?

Definiër je element als een niet ontleedbare stof dan ben je bezig op waarneembaar, concreet niveau. Op datzelfde niveau is 'ontleden' ook gedefiniëerd, namelijk een reactie waarbij uit één stof minstens twee andere stoffen ontstaan.

In 'element' als bestanddeel van een verbinding ben je bezig op denkbeeldig, abstract, theoretisch niveau. Nu de atoomtheorie algemeen geaccepteerd is kun je dit preciseren tot: 'element' definiëren we in de 'deeltjeswereld', namelijk als atoomsoort.

Wij docenten hebben ons zo veel jaren met de chemie beziggehouden dat wij hier geen moeite mee hebben. Wij kunnen moeiteloos 'heen-en-weerdenken' tussen de waarneembare wereld en de deeltjeswereld. Wij weten wel dat molekulen en atomen niet direkt waarneembaar zijn (dat ze bedacht zijn),

maar we geloven in hun bestaan en maken volop gebruik van de grote voordelen die deze theorie biedt². Of uw eerste voorstelling van een stof de concrete stof zelf of de formule is zal afhangen van uw ervaringen met die stof. Gaat u maar na waar u aan denkt bij 'vitamine-C'. Is het de structuurformule of 'ziet' u die tabletjes? En denkt u bij 'nikkelacetat' aan een groene vaste stof of aan de formule als eerste? Hoe dan ook, wij zijn in staat beide te 'zien' en snel heen-en-weer te kunnen denken tussen de waarneembare wereld en de deeltjeswereld.

Dat doen wij ook met 'element'. Als in een Periodiek Systeem van de Elementen naast het atoomnummer en de elektronenconfiguratie ook bijv. smeltpunt en dichtheid vermeld staan, weten wij dat die laatste eigenschappen slaan op de stof en niet op de atoomsoort.

Voor een leerling is dit allemaal niet zo vanzelfsprekend.

In de derde klas moet de leerling de molekuul- en atoomtheorie nog leren, waarna pas – na oefening en gewenning – heen-en-weer-denken tussen de concrete stof en de modelvoorstelling van de deeltjes kan ontstaan. Daarom is het onhandig en onverstandig de term element in te voeren voor de concrete (niet ontleedbare) stof en hetzelfde woord ook te gebruiken voor 'atoomsoort'.

Later, als de deeltjestheorie geleerd en vertrouwd is, is het mogelijk in overeenstemming met het algemene chemische gebruik 'element' in twee betekenissen te laten hanteren.

Het is dus een *tijdelijk* probleem, meestal beperkt tot een periode in de derde klas

We kunnen dit goed vergelijken met het begin van het leesonderwijs. Het is onhandig en onverstandig een kind dat nog moet leren lezen te leren dat f de letter 'ef' is. Je moet zeggen, dat is de 'ffff', zonder die e er bij uit te spreken. Immers, letters komen in de allermeeste gevallen voor in woorden en daarin is de klank of het 'geluid' (of hoe dat ook moge heten) belangrijk. Zo is 'fles' geen combinatie van 'ef-el-es'. Pas *nadat* het kind woorden heeft leren lezen is het verantwoord de letters te benoemen zoals ze op zich genoemd worden. Dan kun je bijv. zeggen dat 'fles' begint met de letter 'ef'.

Welke woorden kunnen we beter gebruiken?

Op grond van het voorgaande is het het best de term element in het begin te reserveren voor de deeltjeswereld.

Dus: *een element is een atoomsoort.*

In de waarneembare wereld kunnen we het beste spreken van '*niet ontleedbare stoffen*' voor die stoffen die (later) uit één element blijken te bestaan.

Een bijkomend voordeel is dat hierdoor dat wat wij allotropie noemen geen probleem meer vormt. Bijvoorbeeld: diamant, grafiet en kool zijn drie (verschillende) niet ontleedbare stoffen. Volgens de molekuul- en atoomtheorie bestaan ze alle drie uit dezelfde atoomsoort, dus uit één element. Ook ozon en zuurstofgas zijn verschillende niet ontleedbare stoffen die volgens de molekuul- en atoomtheorie uit één atoomsoort, één element bestaan³.

Evenzo kan het woord 'verbinding' ook het best pas geïntroduceerd worden als de deeltjeswereld behandeld wordt. Op waarneembaar niveau is '*ontleedbare stof*' een veilig woord.

Samenvattend:

<i>waarneembare wereld</i>	<i>deeltjeswereld</i>
niet ontleedbare stof	element (= atoomsoort)
ontleedbare stof	verbinding

In sommige methoden, en ook in België, worden in plaats van niet ontleedbare en ontleedbare stof de woorden 'enkelvoudige' en 'samengestelde' stof gebruikt. Wij vinden dat daaraan drie nadelen kleven:

1. De kans op verwarring tussen 'samengestelde stof' en 'mengsel' wordt veel groter. Dat is begrijpelijk omdat het legitiem is te spreken van de samenstelling van een mengsel. Met de term 'ontleedbare stof' is die kans veel kleiner.

2. De leerlingen moeten twee nieuwe woorden leren die eerst nog omschreven moeten worden en die later in onbruik raken als de chemische ervaring is toegenomen. De termen 'ontleedbaar' en 'niet ontleedbaar' zijn niet echt nieuw voor de leerlingen omdat ze verwijzen naar het tevoren geleerde begrip ontledingsreactie.

3. Met de termen 'enkelvoudig' en 'samengesteld'

neem je als het ware al een voorschot op de deeltjes-theorie. Immers, wat moet men zich voorstellen bij 'enkelvoudig'? Voor de hand liggend is: iets dat uit één 'ding' bestaat. Een samengestelde stof bestaat dan uit verschillende 'dingen'. De termen 'niet ontleedbaar' en 'ontleedbaar' vermijden deze beeldvormingen.

In België hoort men ook stemmen die er voor pleiten deze terminologie, waarbij dus verschil wordt gemaakt tussen de waarneembare wereld en de deeltjeswereld, konsekwent vol te houden.

Een zwaarwegend argument hiertegen vinden wij dat dit in strijd is met het algemeen geaccepteerd chemisch woordgebruik. Vanuit het onderwijs gezien kunnen we veel afspraken en ingeslopen terminologieën van vroeger betreuren, maar wij vinden dat het onderwijs moet voorbereiden op het 'echte leven', in dit verband een groot woord, maar in 'de' chemie is element nu eenmaal omschreven als 'een stof die geheel uit één soort atomen bestaat'⁴, een omschrijving die dus zowel op de waarneembare stof als op de (niet waarneembare) atomen slaat.

Waarom duurde het zo lang voordat dit inzicht doorbrak?

In de commissie die een nieuw leerplan voor de rijksscholen en een nieuw eindexamenprogramma voor scheikunde in het vwo opstelt is deze nieuwe terminologie zonder moeite geaccepteerd voor het leerplan voor 3-vwo. Dat is eigenlijk wel verwonderlijk omdat al zo lang zonder veel resultaat door verschillende personen en groepen op deze problematiek gewezen is⁵. Men zie het in de inleiding genoemde artikel van Umans en de daar vermelde literatuurverwijzingen.

Het is verleidelijk hierover te gaan speculeren. Het is mogelijk dat het überhaupt lang duurt voordat nieuwe ideeën geaccepteerd worden. Het kan ook zijn dat de volgende aspecten, die in dit kader naar mijn mening nieuw zijn, het probleem meer toegankelijk gemaakt hebben:

a. Alleen in het begin van het scheikunde-onderwijs wordt onderscheid gemaakt tussen niet ontleedbare stof en element. Het is dus een tijdelijk, didactisch probleem. Het bestaande chemische woordgebruik verandert niet. Ook wordt zonder voorbehoud de atoomtheorie geaccepteerd.

b. In plaats van de meer voorkomende woorden enkelvoudige en samengestelde stof worden de woorden niet ontleedbare en ontleedbare stof verkozen.

Samenvatting:

1. Tótdat de molekuul- en atoomtheorie behandeld is vermijde men de woorden verbinding en element. In plaats daarvan worden de woorden ontleedbare en niet ontleedbare stof gebruikt.

2. Bij de molekuul- en atoomtheorie wordt element gedefiniëerd als atoomsoort. Molekulen die uit verschillende atoomsoorten bestaan heten verbindingen.

3. Daarna kunnen 'element' en 'verbinding' ook op het niveau van de concrete stof gebruikt worden, dus in plaats van niet ontleedbare en ontleedbare stof.

Noten

1. A. J. H. Umans, *Faraday* **49**, 202 (1980).
2. Sommigen willen toch enige reserve houden; zij benadrukken het theorie-zijn van de molekuul- en atoomtheorie. Dat kan in het vwo geen kwaad maar toch is het wel erg filosofisch hier lang aan vast te houden. De molekuul- en atoomtheorie is immers dé theorie die over de hele wereld geaccepteerd wordt. Acceptatie van deze theorie heeft geleid tot de enorme vlucht die de scheikunde genomen heeft.
3. Let wel: ozon is niet ontleedbaar! Ontleden wordt immers gedefiniëerd op waarneembaar niveau: uit één stof ontstaan minstens twee andere stoffen. Op deeltjesniveau bezien gaan bij een ontledingsreactie molekulen stuk. Het stuk gaan van molekulen kan het best met de term *splitsen* aangeduid worden. Niet elke reactie waarbij molekulen splitsen is een ontledingsreactie! Ook hier loont het in het begin de definities zuiver te houden: 'ontleden' voor de waarneembare wereld en 'splitsen' voor de deeltjeswereld.
4. Een vertaling van de omschrijving van element in *A Dictionary of Science*, E. B. Uvarov e.a., Penguin Reference Book.
5. Ook de CMLS heeft tijdens haar experimenten deze problematiek onvoldoende ingezien.