

Begripsontwikkeling als leidraad bij onderwijzen

R.A.M.de Jong

Leraar scheikunde aan het St.-Vituscollege te Bussum

1. Wat noem je een stofeigenschap?

"Meneer, is geluid ook een stofeigenschap?" Met deze onverwachte vraag van een leerling werd ik geconfronteerd tijdens de derde les scheikunde in een 3-vwo klas. Deze leerling was bezig met paragraaf 1.4 van het boek 'Chemie 3-vwo/havo' (1983), verder te noemen Chemie, die als volgt begint:

"Stofeigenschappen

Er bestaan geweldig veel verschillende stoffen. De mensen hebben ze allemaal een naam gegeven. Je kunt stoffen herkennen aan hun eigenschappen, zoals de volgende proef laat zien.

Herkennen van stoffen

Je krijgt een aantal genummerde flesjes, die elk een stof bevatten. Beschrijf zo volledig mogelijk de inhoud van ieder flesje. Schrijf nu op welke stof volgens jou in het flesje zit. Als je de naam niet kent, maar wel weet waarvoor hij gebruikt wordt mag je dat opschrijven. Noteer vooral waaraan je een stof denkt te herkennen."

Opmerking: Bij deze proef krijgen mijn leerlingen een twintigtal reageerbuisjes met daarin onder meer een ijzeren spijker, kristalsuiker, keukenzout, ijzerpoeder, stukjes glas en stukjes kristallijne zwavel.

Ik was bij een groepje bezig toen de betreffende leerling naar mij toe kwam met in zijn hand een reageerbuisje met stukjes glas. Op zijn vraag of geluid ook een stofeigenschap is, antwoorde ik: "Ja". Dat was blijkbaar voor hem voldoende want hij ging direct terug naar zijn groep. Ik vroeg mij wel af of ik hem met mijn antwoord inderdaad verder geholpen had. Enige geruststelling vond ik in de gedachte dat wij, de leerling en ik, later bij de bespreking van de proef wellicht onze gezichtspunten omtrent 'stofeigenschap' nader zouden kunnen toelichten. Op dat zelfde moment moest ik denken aan een gesprekje, weergegeven in een artikel van Reiding en Franken (1984), waarin een soortgelijke vraag van een leerling voortkomt. Maar daar antwoordt de leraar:

"Nee,"! Ik citeer het protocol van dit gesprekje.

Leerlinge: U zegt dat kleur wel een stofeigenschap is en geluid niet. Maar geluid is toch ook een stofeigenschap?

Leraar: Nee, geluid is geen eigenschap van de stof zelf.

Leerlinge: Maar als U mij een blinddoek voordoet en als U daarna in willekeurige volgorde met een flesje water en een flesje zand gaat schudden, kan ik beide stoffen toch herkennen? Want water klotst.

Leraar: Ik heb wel eens een hond horen blaffen en een haan horen kraaien, maar zand en water heb ik nooit horen piepen of miauwen.

Leerlinge: Maar piepschuim piept wel!

Leraar: Dat is zo, maar piepschuim piept toch niet uit zichzelf!

Leerlinge: Maar als U het licht uit doet, heeft een stof toch ook geen kleur meer?"

Deze leraar noemt geluid géén stofeigenschap maar deze leerlinge evenals ik wel. Dat was voor mij aanleiding te onderzoeken hoe deze zienswijzen achter deze benoemingen zich tot elkaar verhouden.

De wijze waarop zij zich tot elkaar verhouden is van belang bij de er op volgende ontwikkeling van een begrip stof waarmee chemische reacties door hen beschreven kunnen worden. In paragraaf 3.2 van Chemie is dit aan de orde:

"Je zult dan moeten kijken of de stofeigenschappen van de stoffen waar je mee begint, verdwenen zijn en of er stoffen ontstaan zijn met andere stofeigenschappen. Is dat het geval dan zeggen we dat er een chemische reactie is opgetreden".

Tevens is bekendheid met de zienswijzen van leraren en leerlingen van belang bij ontwerpen van leergangen alsmede bij didactisch onderzoek waarin verantwoording van leergangconstructie wordt gegeven.

De Vos (1985) vermeldt in zijn dissertatie dat zijn leerlingen bij een dergelijke proef als die uit paragraaf 1.4 van Chemie kenmerken noemden

"die niet alleen werden bepaald door de stof maar ook door de vorm en de toestand waarin een hoeveelheid ervan in het flesje werd aangeboden: buigbaarheid, korreligheid, plakkerigheid en soms kleur (kandij werd kleurloos, kristalsuiker echter wit genoemd)."

Hij kwam tot de slotsom:

"De gang van zaken tijdens dit praktikum overtuigde mij ervan, dat, hoewel de leerlingen de term stofeigenschap wel gebruiken, de betekenis die zij er kennelijk aan hechtten niet bruikbaar was als basis voor een begrip stof in een chemische context."

Echter, hier kan niet nagegaan worden, bijvoorbeeld door analyse van protocollen van die onderwijssituatie, hoe de zienswijze van De Vos als leraar zich verhoudt tot die van zijn leerlingen.

Een nadere analyse van de wijze waarop de zienswijze zich tot elkaar verhouden acht ik wel van belang omdat dit betrekking heeft op

chemieleren van leerlingen en op chemieonderwijzen van de leraar. Ik doe mijn onderzoek in dit artikel aan de hand van het gebruik van het woord stof en stoffeigenschap (1) door leraar, leerlinge en leergang.

2. Verschillen in betekenis van het ook als vakterm gebruikte woord stof

In de inleiding van het eerste hoofdstuk van Chemie staat:

"Als we in de scheikunde spreken van een 'stof' bedoelen we dat ruimer dan wat men er in het dagelijks leven onder verstaat. De chemicus noemt niet alleen de inhoud van een stofzuigerzak of het materiaal waar kleren van gemaakt worden stof, maar hij noemt alle materie stof, dus ook water, zand, zout, lucht, verf, enzovoort"

De Docententoelichting (1983) vermeldt "een lijst van mogelijke stoffen" voor de proef "Herkennen van stoffen". Genoemd worden onder meer:

"zand, zaagsel, schilfers kaarsvet, plaatje lood, azijn, ammonia, zeepsop, benzine, p-dichloorbenzeen."

In deze opsomming zijn gebruikte namen niet gelijkwaardig. Sommige verwijzen naar een zuivere stof (p-dichloorbenzeen), andere naar een oplossing of een homogeen mengsel (ammonia, azijn) of naar een heterogeen mengsel (zaagsel) of naar voorwerpen (plaatje lood, schilfers kaarsvet). Deze veelheid aan betekenissen roept bij de gebruikers veelal geen problemen op omdat zij vertrouwd zijn met de bijbehorende contexten. Maar welke betekenissen onderscheiden leerlingen en hoe worden zij aangesproken door een opsomming als "water, zand, zout, lucht, verf, enzovoort ..."?

In de proefopdracht worden de volgende woordcombinaties gebruikt:

"flesjes, die elk een stof bevatten",

"beschrijf de inhoud van ieder flesje",

"welke stof ... in het flesje zit".

Ik verwacht niet dat de leerlingen in mijn klas door deze woordcombinaties aandacht zullen krijgen voor een mogelijk onderscheid tussen "inhoud" en "stof". Twee bladzijden voor deze citaten wordt daartussen ook geen onderscheid gemaakt. Er staat: "De chemicus noemt de inhoud van een stofzuigerzak ... ook stof."

Ik verwacht daarentegen dat door de zinnen:

"Er bestaan geweldig veel verschillende stoffen. De mensen hebben ze allemaal een naam gegeven" en

"Je kunt stoffen herkennen aan hun eigenschappen zoals de volgende proef laat zien."

in combinatie met de zojuist geciteerde fragmenten uit de proefopdracht, de leerlingen eerder zullen letten op verschillen dan op overeenkomsten tussen de inhoud van de flesjes. Dan kan ik

verklaren waarom zo weinigen in mijn klassen bij de reageerbuis met een ijzeren spijker en die met ijzerpoeder tot de stofnaam ijzer komen.

De leerlingen mogen bij hun pogingen tot "herkennen van stoffen" alleen letten op direct waarneembare eigenschappen als kleur, geur, vorm, hoe het aanvoelt en geluid bij schudden van de flesjes.

Zij mogen namelijk de inhoud of een gedeelte ervan nog niet verwarmen, verbranden, oplossen en dergelijke, Vanwege deze beperkingen houd ik er rekening mee dat mijn leerlingen in deze fase van hun begripsvorming 'stofeigenschap' vooral zullen verstaan als een direct waarneembaar kenmerk van of verschil tussen de inhoud van de flesjes. En ook dat de door hen gekozen naam voor de 'stof' vooral wijst naar deze aanschouwelijk en aan handelingen gebonden 'stofeigenschappen' (2). Dit lijkt mij het geval te zijn bij antwoorden als "een ijzeren spijker", "een spijker", "stukjes glas" en bij de buis met "stukjes kristallijne zwavel", "gele steentjes".

Ook de uitspraak van veel leerlingen "zout is fijner dan suiker" waarmee zij zout en suiker van elkaar kunnen onderscheiden, wijst op zo'n begrip stofeigenschap en op een begrip stof waarin de afhankelijkheid van de verdelingsgraad doorklinkt. Bij antwoorden als "suiker" en "ijzerpoeder" verwacht ik dat de hoeveelheid van het materiaal weinig aandacht meer heeft, tenzij er aanleiding is dat b.v. met "suiker" een suikerklontje bedoeld wordt. Een consequentie van de keuze voor het niet meer relevant vinden van deze hoeveelheidseigenschappen is, dat bij het delen van bijvoorbeeld een suikerklontje niet meer gezegd kan worden: suiker is deelbaar.

Het is van belang zulke betekenisverschillen te leren onderkennen in uitspraken van leerlingen en in het gebruikte boek, omdat ze kunnen helpen bij de constructie van een onderwijsaanbod dat uitgaat van het taalgebruik en ervaring van leerlingen.

3. Veranderende betekenis van het ook als vakterm gebruikte woord 'stofeigenschap'

Hierboven heb ik een context aangegeven waarin de woorden stof en stofeigenschap bij die proef kunnen worden verstaan; nu wil ik opnieuw mijn antwoord bekijken op de vraag van de betreffende leerling over geluid als stofeigenschap. Op grond van paragraaf 1.4 uit Chemie verstond ik die vraag zó, dat met het woord stofeigenschap vooral direct waarneembare en aan handelingen gekoppelde eigenschappen worden aangeduid. Zo bekeken, kan het geluid dat de leerling hoort bij het schudden van de buis met inhoud zijn vermoeden ondersteunen dat het hier om stukjes glas gaat.

Tevens zag ik, aansluitend op zijn aandacht voor geluid, mogelijkheden voor verder ontwikkeling van deze begrippen 'stof' en 'stofeigenschap' bij een latere bespreking van de proef. Daarom kon ik zijn vraag bevestigend beantwoorden.

Een voortzetting van vaktaalvorming kan bijvoorbeeld als volgt worden bevorderd. De leerling krijgt de opdracht een paar stukjes glas te verpoederen en de buis met dit poeder opnieuw te schudden. Bij het horen van dit geluid kan de leerling, of ik, het probleem stellen welke stof nu in de buis zit. Hij kan tevens de kleur vóór en ná het verpoederen bekijken, vergelijken en benoemen. Door zulk vergelijken en benoemen voldoende uit te breiden met verschillende materialen en handelingen, ontstaat de mogelijkheid een nieuwe context voor 'stof' en 'stofeigenschap' te ervaren. Zo kan al doende en hierover sprekende een ander begrip stof ontstaan, namelijk niet meer gebonden aan zichtbare hoeveelheden en verdelingsgraad van materiaal. Als dit stadium van begripsontwikkeling is bereikt, kan aanspreekbaarheid verwacht worden om geluid géén stofeigenschap meer te noemen. Bij onderwijzen volgens deze visie op ontwikkeling van een begrip, wordt de betekenis van het woord afhankelijk gezien van de opgebouwde context. Opmerkelijk zijn voor gebruikte woordcombinaties draagt bij tot het zicht krijgen op die verschillende betekenissen of die verschillende begrippen (1).

4. Elkaar niet begrijpen als onderwijsprobleem

In het geciteerde stukje protocol maakt de leerlinge bezwaar tegen een uitspraak van de leraar waarin hij zegt "dat kleur wel een stofeigenschap is en geluid niet". Zij vraagt: "Maar geluid is toch ook een stofeigenschap?" Hij antwoordt: "Nee, geluid is geen eigenschap van de stof zelf". Nu voert de leraar een argument ("van de stof zelf") aan dat door deze leerlinge niet verstaan wordt. Er lijkt een welles-nietes situatie te ontstaan. De leerlinge wijst het argument van de leraar af en komt met eigen argumenten. Zij kan immers door handelingen "beide stoffen toch herkennen?" Zij wijst hiermee opnieuw zijn argument af en wel met een bepaalde stelligheid die spreekt uit "toch" en uit de toevoeging "als U mij een blinddoek voordoet". Deze zekerheid van weten lijkt mij gebaseerd op de herkenningmogelijkheid door handelen. De leraar maakt echter geen gebruik van deze mogelijkheid om door handelen tot weten te komen. Met de woorden "een hond ... blaffen en een haan ... kraaien" en "zand en water ... piepen en miauwen" lijkt de leraar slechts een 'uit zichzelf geluid voortbrengen' aan zijn begrip stofeigenschap te kunnen koppelen. Vanuit eigen ervaring bij handelen met materialen kan de leerlinge vervolgens 'geluid voortbrengen' gebruiken als argument: "Maar piepschuim piept wel!" Hij wijst dit argument echter af want het "piept toch niet uit zichzelf?" Zowel zijn woorden "eigenschap van de stof zelf", het woordje "toch" als zijn voorbeeld van dieren en dieregeluiden versterken mijn interpretatie dat de betekenis die de leraar hecht aan 'stofeigenschap' voor hem vanzelf spreekt, maar zó dat alternatieve zienswijzen worden geblokkeerd. Hij spreekt niet over een

zelf gekozen gezichtspunt bij het leren benoemen van dat begrip stof op grond van ervaringen bij handelen met voorwerpen en het spreken over die ervaringen. Hij geeft in het geprotocolleerde gespreksfragment ook geen ruimte aan de mogelijkheid tot het kiezen van een ander gezichtspunt. De leerlinge komt wél volgens de weg van eigen ervaring tot argumentatie. Zij zegt: "Maar als U het licht uit doet, heeft een stof toch ook geen kleur meer?" Deze inconsequentie in uitspraken van de leraar merkt de leerlinge op omdat zij zijn woordcombinaties zoals "een hond ... blaffen" verstaat in haar context van door handelen tot weten te komen.

Zij had het voorbeeld van dieren en dieregeluiden kunnen afwijzen als voor haar niet zakelijke taal. Nu doet zij dat niet en gaat in op "piepen" met haar voorbeeld van piepschuim. Ik kan dat zien als een zoeken naar de context waarin de leraar over stof en stoffeigenschap spreekt. Zij krijgt hierin echter van hem geen steun. Hij maakt geen gebruik van de mogelijkheid tot begripsvorming via de weg van eigen ervaring. Uit haar laatste uitspraak in dit protocol blijkt dat de afstand tussen de twee contexten niet wordt overbrugd, ze praten langs elkaar heen, ze verstaan elkaar niet.

5. Didactische beschrijving van het onderwijsprobleem

Het in het geciteerde stukje protocol geconstateerde onderwijsprobleem van elkaar niet verstaan, heb ik beschreven door twee contexten te onderscheiden. Het woord stoffeigenschap wordt door de leerlinge en door de leraar beiden gebruikt, maar op verschillende wijzen.

De leerlinge is concreet bezig (schudden met flesje zand, blinddoek voor) en deze situatie is sterk bepalend voor de wijze waarop zij stoffen herkent en leert kennen (piepschuim piept, water klotst). Deze context is mogelijk door de leergang opgeroepen en sluit aan bij haar leefwereld waarin kennen door handelen een belangrijke rol speelt. Er is nog geen argumentatie los van de verrichte handelingen mogelijk om aan te geven waarom bijvoorbeeld kleur wel en geluid geen stoffeigenschap genoemd kan worden. Wel vormt dit kennen door handelen de grond om de hoeveelheidsafhankelijkheid als nieuw en bruikbaar gezichtspunt voor het onderscheiden van stoffen te gaan zien (par.3). Echter dan moet aandacht ontstaan voor eigenschappen van een stof voor en na een (be-)handeling en juist het belang van de aandacht voor zo'n relatie wordt door deze leerlinge nog niet onderkend. In die zin kan gezegd worden dat deze leerlinge zich wel in een grondniveau (3) beweegt maar nog niet op een beschrijvend niveau ten aanzien van het gebruik van de woorden stof en stoffeigenschap.

De wijze waarop de leraar in het protocol het woord stoffeigenschap gebruikt vind ik van een ander soort. In onder meer de uitspraak van de leraar "eigenschap van de stof zelf", "zand en water heb ik nooit ..!" beluister ik een begrip stoffeigenschap dat niet meer aan een

bepaalde handelings- of waarnemingssituatie gebonden is. In de stofnaam "zand" komt bijvoorbeeld niet tot uitdrukking of het gaat om nat, droog, grofkorrelig, wit dan wel rood zand; evenmin blijkt dat de leraar expliciet aandacht heeft voor een begrip 'zand' op beschrijvend niveau want dan zou hij bijvoorbeeld aandacht gevraagd hebben voor eigenschappen die wel of niet veranderen zodra zandkorrels verkleind worden. Omdat deze leraar geluid geen stofeigenschap noemt en kleur wel, vermoed ik dat hij een begrip stofeigenschap bedoelt waarin hoeveelheid en verdelingsgraad van een stof niet meer relevant is. Want het geluid dat men hoort bij schudden in een zeker vat wordt sterk bepaald door de hoeveelheid vaste stof of vloeistof. Ook de grootte van een voorwerp van die stof is daarbij belangrijk. De kleur is echter niet verschillend bij met het blote oog te onderscheiden voorwerpen van een bepaalde stof, tenzij het oppervlak erg verschillend is (4). Uit zijn uitspraken blijkt dat deze leraar dit begrip stof en stofeigenschap niet expliciet onder woorden brengt en misschien kan of wil hij dat ook niet. Hierdoor laat hij de leerlinge wel blijken dat hij een ander object op het oog heeft dan zij, zonder dat hij erin slaagt haar van object te doen veranderen. De kloof van elkaar niet verstaan kan dus begrepen worden doordat deze leraar het woord stof en stofeigenschap op een beschrijvend niveau gebruikt, terwijl deze context voor de leerlinge nog niet bestaat. Zij kan het woordgebruik van deze leraar slechts verstaan, voorzover zij de context van haar grondniveau hoort. De onderwijstaak waar de leraar in het protocol voor staat kan nu beschreven worden als: hoe kan de objectwisseling van grondniveau naar beschrijvend niveau ten aanzien van stof en stofeigenschap bevorderd worden.

6. Besluit

De leraar in het protocol gaat - al dan niet bewust - een onderwijstaak afgestemd op de probleemstelling door die leerlinge uit de weg. Het zoeken naar door leerlingen gekozen gezichtspunten kan veel moeite (5) kosten omdat de leraar als geschoold chemicus niet meer zo bekend is met de zienswijzen op grondniveau. In par.3 is een mogelijk bruikbaar onderwijsaanbod geschetst om leerlingen in een voor hen nieuwe context ervaringen te laten opdoen en zich hierover te laten uitspreken. Het wordt mijns inziens dan voor hen mogelijk te kiezen voor een andere betekenis van een reeds voor hen bekend woord, namelijk op beschrijvend niveau.

Een uitspraak zoals 'geluid is (g)een stofeigenschap' verliest dan zijn dogmatisch karakter, omdat het 'is zo' zonder veel inspanning gerelativeerd kan worden tot 'kan zo gezien worden' (6). Immers het kiezen van een bepaald gezichtspunt en het handelen daarnaar door zowel leraar als leerling wordt ervaren als een fase in zijn of haar begripsontwikkelingsproces.

Een taak voor didactisch onderzoek is dan het zoeken naar en beschrijven van gekozen gezichtspunten door leraar, leerling, onderwijsontwikkelaar en didactisch onderzoeker. Bij De Vos (1985) ontbreekt de daartoe benodigde rapportage van die onderwijssituatie waarin hij bij zijn leerlingen een begrip stofeigenschap hoorde dat hij als "niet bruikbaar" kwalificeerde. Daardoor wordt een kritische meningsvorming over begripsontwikkeling naar "een begrip stof in een chemische context" bemoeilijkt.

Noten

1. Deze onderzoeksmethode ontleen ik aan Ten Voorde (1978). Hij let bij zijn protocolanalyse op het gebruik van bepaalde woordcombinaties om betekenissen van woorden in een context te achterhalen.
2. Collega scheikundeleraar Vogelesang vertelde mij over weerstand bij zijn leerlingen in de derde klas vwo om bij een stukje kandij en een suikerklontje van dezelfde stof te spreken ondanks hun ervaring dat beide een zoete smaak hebben. Hij interpreteerde deze weerstand met het gezichtspunt dat voor deze leerlingen de twee verschillende namen kandij en suiker ook twee verschillende 'stoffen' moeten aanduiden.
3. De termen grondniveau en beschrijvend niveau ontleen ik aan Ten Voorde (p.197, 1977).
4. Bij fijnere verdeling van een vaste stof hangt de waargenomen kleur wel af van de verdelingsgraad, denk aan een stukje glas en glaspoeder.
5. Bij Ten Voorde (1978) vinden wij hiervan voorbeelden.
6. Vogelesang (1985) geeft een protocol van een gesprek met een groepje leerlingen uit een scheikundeles. Deze leerlingen ervaren in dat gesprek een vrijheid van gezichtspuntkeuze bij hun scheikunde-leren.

Literatuur

- Chemie 3-vwo/havo*. 2e druk, Groningen: Wolters-Noordhoff, 1983.
- Docentoelichting Chemie 3-vwo/havo*. Groningen: Wolters-Noordhoff, 1983.
- Reiding, J. en Franken, P. *NVON-maandblad*, p.13, 1984.
- Vogelesang, M.J. Ervaring tot theorie, *Tijdschrift voor Didactiek der B-wetenschappen*, 3, 2, 108-123, 1985.
- Voorde, H.H. ten. *Verwoorden en Verstaan*, Den Haag: Staatsuitgeverij, (dissertatie), 1977.
- Voorde, H.H. ten. Empirische Didactiek, *Faraday*, 47, p.80, 1978.
- Vos, W.de. *Corpusculum Delicti*, Utrecht: Vakgroep Chemiedidactiek (dissertatie), 1985.