

Understanding of chemical language in the communication of chemists with non-chemists

H.H. ten Voorde
Didactiek der Scheikunde
Universiteit van Amsterdam

Summary

The author delivered this speech at the 30th IUPAC-congress in Manchester U.K., 1985. By studying protocols of two teaching situations he argues that pupils starting from their daily-speech context have to make two successive changes of object in order to arrive at a chemical context in a discussion. Knowing about these two changes of object can help a chemist to be intelligible while using chemical language in the communication with non-chemists.

Woord vooraf (1)

Onder bovenstaande titel hield ik op 9 september 1985 een voordracht tijdens het dertigste IUPAC-congres in Manchester (U.K.) op uitnodiging van de Royal Society of Chemistry.

In deze voordracht heb ik geprobeerd een wezenlijk aspect van mijn promotie-onderzoek (Ten Voorde, 1977) te verwoorden in een taal waarin zich ook mijn eigen ontwikkeling sedertdien weerspiegelt. Dit aspect betreft de beschrijving van structuren van onderwijssituaties op grond van twee didactische uitgangspunten, namelijk 'het zakelijk gesprek' (De Miranda m.m.v. Van Hiele, 1962) én het 'niveau-principe' volgens Van Hiele (zie: Van Hiele, 1986).

Op verzoek van de redactie is deze toespraak (afgezien van het protocol uit een les in Engeland) terug vertaald in het Nederlands. Frasen zoals "Ladies and Gentlemen" heb ik weggelaten en verder een paar veranderingen aangebracht, o.a. een indeling in paragrafen voorzien van een 'kopje'.

Ik hoop dat de in de toespraak gebruikte voornaamwoorden "you" en "we" thans het effect hebben U, als lezer, aan te spreken.

1. Didactische probleemstelling

Wat U op het scherm ziet (fig.1) is een gedeelte van de omslag van een scheikunde-leerboek.

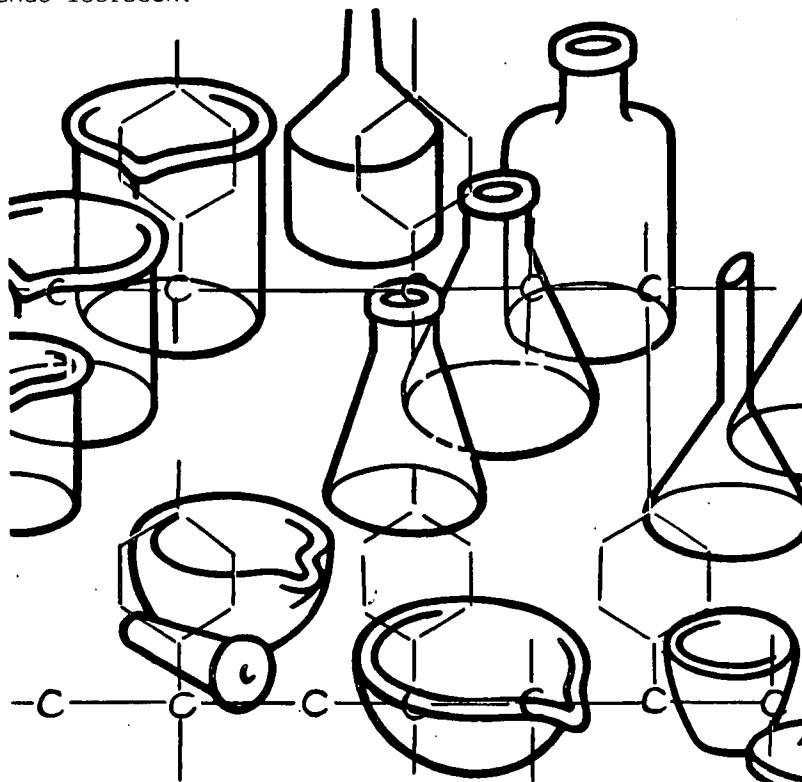


Fig.1 Gedeelte van de omslag van een scheikunde leerboek

Zou ik U vragen "Mist U iets in deze afbeelding?", dan zullen sommigen van U aandacht krijgen voor het design van de omslag. Anderen gaan letten op de wijze waarop de kolven zijn afgebeeld, of worden nieuwsgierig naar de titel van het boek, of gaan zich afvragen: Wie is de auteur?

Ook is U mogelijk opgefallen dat de kolven leeg zijn, immers de titel luidt "Empirical Chemistry" (Hagen, 1972).

Pas als ieder afzonderlijk uitspreekt wat zijn of haar aandacht heeft getrokken, nadat ik mijn vraag heb gesteld, confronteren wij elkaar met onze zienswijzen. In deze confrontatie zal dan kunnen blijken wat in de afbeelding ontbreekt als we letten op de genese van chemische

begrippen. Mijn visie hierop is dat we de stoffelijke wereld om ons heen, en onze ervaringen daarmee, niet kunnen missen en daarom viel het mij op dat de kolven leeg zijn.

Stelt U zich een situatie voor waarin een science-leraar leerlingen de volgende proef laat uitvoeren. Zij brengen in een reageerbuis wat kaliumjodide-oplossing en voegen er voorzichtig een jodium-kristal aan toe, dat naar de bodem zakt.

Deze leraar ziet het oplossen van jodium als een fraai voorbeeld van een verschijnsel dat eigenlijk alleen maar te begrijpen valt met een deeltjes-model. Hij zou niet weten hoe hij het omhoog gaan van de 'bruine kleur' anders zou kunnen verklaren.

Selley (1982) maakte een protocol van de discussie van een leraar met enkele leerlingen naar aanleiding van die proef. Ik wil het (protocol 1) samen met U lezen, zodat we mogelijk tijdens het lezen een bepaalde structuur erin ervaren.

Mij gaat het nu niet om de chemische vraagstelling 'wat gebeurt er bij het oplossen van jodium in deze proef?' Evenmin vind ik de vraag relevant of de leraar of zijn leerlingen iets zeggen wat chemisch niet als 'goed' wordt betiteld.

Wel gaat het mij

- om de wijze waarop de leraar samen met zijn leerlingen een discussie voert over een gezamenlijk meegemaakt gebeuren;
- en om de wijze waarop dit gebeuren gestalte krijgt in de opeenvolging van uitspraken;
- en tenslotte gaat het mij om de vraag hoe deze opeenvolging van uitspraken ontstaat.

2. Een klovice onderwijssituatie

U zult het waarschijnlijk met mij eens zijn dat hier twee geheel verschillende zienswijzen met elkaar worden geconfronteerd. Ook zult U waarschijnlijk gemerkt hebben dat de leraar er niet in slaagt zijn onderwijsdoel te bereiken. De leerlingen maken hem dit onmogelijk door hun wijze van reageren op zijn uitspraken.

Leraren en leerlingen begrijpen elkaar niet. Toch doet ieder zijn best, de leerlingen niet in het minst. Ik zou zo'n divergentie van zienswijzen een *klovice situatie* willen noemen.

3. Een niet-klovice onderwijssituatie

Alvorens op zo'n klovice situatie in te gaan, wil ik U eerst een protocol laten lezen van een niet-klovice situatie. Dit (protocol 2) maakt deel uit van een gesprek van ongeveer 30 minuten, dat ik in 1977 publiceerde in mijn proefschrift. (Ten Voorde, 1977, band 2, p. 184 e.v.). De leraar heeft nog geen elementsymbolen en formules ingevoerd, evenmin is een deeltjesmodel behandeld. Wel streeft hij ernaar de

Protocol 1 (T: teacher; P(s): pupil(s))

01 T : How is it that the brown colour can move upwards against gravity?

Ps: Gas bubbles../lighter than water../nowhere else to go.. .

05 (The teacher prompts, but does not actually mention particles.)

T : Well, it might help you to think of something else. How is it that perfume can spread out to all corners of the room?

10 Ps: It is a gas../lighter than air.. .

T : Well, what must the perfume be made up of, then, so that it can spread out?

(No answers. T has to give the class the particles idea, thus:)

15 T : Wouldn't it explain it if the perfume were made up of tiny particles? Now think of the iodine spreading out through the water. - What do you think the iodine is made of?

P : Tiny particles.

20 T : Yes... and now, what about the crystal in the solution. How can the brown colour move upwards?

P : Currents.

T : No, I didn't see any. And we were careful not to move the test-tube.

25 P : Perhaps the crystal produced heat when it dissolved, and the heat made the solution rise.

T : I didn't feel it get hot. Did anyone?

(Class concurs.)

P : Perhaps the little particles which the crystal
30 broke up into had tiny air pockets in them, which lifted them up. (Another P:) Yes, Oxygen.

T : I didn't see any bubbles.

(When further prompting brings no progress, T tries a new approach:)

35 T : How would it be if the water were made up of tiny particles, moving around? Would that explain it?

P : I didn't see the water moving.

38 T : No, you can't see the movement.

leerlingen zoveel mogelijk in eigen bewoordingen te laten spreken over hun ervaringen, en regelmatigigheden te laten formuleren die zij in overeenstemming achten met hun ervaringen.

De leerlingen hebben een experiment meegemaakt, waarbij stukjes tin worden gevoegd bij een hoeveelheid zuiver, vloeibaar broom. De stukjes verdwijnen bijna geheel totdat de vloeistof kleurloos is geworden.

Er zijn vonkjes zichtbaar en de vloeistof 'borrelt'. De kleurloze vloeistof stolt bij 29°C tot een witte, vaste massa.

De leerlingen hebben hun waarnemingen genoteerd in hun schrift en de leraar leest de uitdrukking "borrelen". Hij wil nagaan

- of zij met dit woord uit hun omgangstaal aangeven wat hij "koken" zou noemen;
- of dat zij eventueel "borrelen" hebben gebruikt om aan te geven dat er een gas is ontweken;
- of misschien zelfs dat zij in dat 'oplossen' een chemische reactie hebben opgemerkt in de zin van 'verdwijnen en ontstaan van stoffen'.

Het zal U direct opvallen dat de leerlingen evenveel, zo niet meer, aan het woord zijn dan hun leraar. En de leraar stelt geen vragen die boven het ervaarbare uitgaan. De leerlingen spreken zich allemaal uit binnen hun ervaringscontext. De leraar luistert naar zijn leerlingen om zijn probleemstelling bij die van hen te doen aansluiten. Zo begint hij met "borrelen" en neemt zowel het woord "koken" als het woord "ontstaat" over om de mogelijkheid van een contextkeuze aan te reiken. Namelijk: "..., is dat nou koken of dat er een gas ontstaat?". Hij confronteert hen met twee verschillende zienswijzen.

We zien dat Marian komt tot een interpreterende beschrijving van een aspect van de proef. In deze beschrijving gebruikt zij woorden die in voorafgaande uitspraken ook voorkwamen en die in die samenspraak als begrippen functioneren. Verder valt het op dat Marian haar uitspraak begint met "oh, jij bedoelt". Zij is er dus op uit de ander te verstaan: een *niet-kloevige situatie*. Ik zou hier willen spreken van 'een gesprek'. De leraar-leerling interactie in het protocol van Selley zou ik in die zin geen gesprek willen noemen. In zulk een gesprek doet de opeenvolging van uitspraken een context ontstaan waarin woorden begrippen worden. Zie bijvoorbeeld Marian: "door die reactie op elkaar Protocol 3 toont U de eindfase van dit gesprek.

Dit lezende kunt U opmerken dat Toos tot een andere zienswijze komt. Een nieuw begrip 'stof' wordt voor haar werkelijkheid. Zij kiest de context die de leraar aanreikte met "ontstaan".

Marian

...door de hitte
komt dat waar-
schijnlijk...

gaat het helemaal
koken..

koken is dat ont-
staat een gas..

oh, jij bedoelt,
door die reactie
op elkaar ontstaat
er een hitte.. en
daardoor begint..
daardoor begint..
belletjes te vor-
men...

Toos

...reageert gewoon
..gaat borrelen..
dat is een ...eh..

hitte?

..daar was toch hele-
maal geen hitte, joh,
die hitte ontstaat
doordat je samen-
voegt....

ontstaat een gas

waarom kookt het
dan? (zachtjes)

Riet

Als je er tin bij in-
gooit...

doordat het gaat bor-
relen...ontstaat een
gas....

dat kookt en daar ont-
staat een gas....

..omdat eh...omdat je
die tin erbij gooit en
wat...eh..

ja ...

ja..

Leraar

En dat borrelen.
wat is dat dan?

ja, maar..

ja, is dat nou ko-
ken of dat er een
gas ontstaat?

en waarom zeg je
dan dat het kookt?

En wat zit er dan
in die belletjes?

Protokol 3

(L = leraar; T = Toos; R = Riet; M = Marian)

T: Ja, maar .. hoe kan die broom nou weg zijn nu?

L: Ja..

T: Dat vind ik gek..

(.....)

T:dat tin verdwijnt... en als de tin verdwijnt..

L: En wat krijg je? ...een kleurloze vloeistof..

T: Ja, maar broom is helemaal niet kleurloos.

M: Oh, ja..

L: Nee.. tin is ook een vaste stof..

M: Ja..

(even stilte)

M: In ieder geval geen tin en ook geen broom..

L: Dat is weg dus.

T: Dat is een héle nieuwe stof...

M: Een nieuwe stof, ja..

L: Ja..

T:ja, hardstikke nieuw

(.....)

4. Toespitsing van de didactische probleemstelling

Voordat ik de protocollen nader met U bespreek, wil ik het voorgaande samenvatten en tevens mijn probleemstelling herformuleren. We kunnen ons naar aanleiding van de drie protocollen afvragen:

- waarom ontwikkelt de discussie zich in het eerste protocol niet zoals de leraar wil en komt er geen contextverandering tot stand?;
- waarom is het gesprek in het tweede en het derde protocol succesvoller ten aanzien daarvan?;
- waardoor wordt bepaald welke contextverandering plaats kan vinden en welke niet?

Nog algemener kom ik tot de vraag: hoe ontstaat een genese van chemische begrippen in een onderwijssituatie en welke structuur kan deze genese hebben?

5. Structuur van een klovige onderwijssituatie

We gaan opnieuw Selley's protocol bekijken. Ik geef U mijn interpretatie van de klovige situatie daarin, waarbij bovenstaande drie vragen leidraad zijn.

Het 'geleidelijk groter worden van het bruine deel van de oorspronkelijk geheel kleurloze vloeistof' blijft voor de leraar een andere werkelijkheid dan voor zijn leerlingen (r. 1-4, 7-12, 20-27, 35-38).

De zaak die de leraar aanspreekt, meen ik als volgt te kunnen omschrijven. De bruine jodium-wolk is voor hem een verschijningsvorm van de eigenlijke stoffelijke wereld, te weten, zeer, zeer veel deeltjes die in beweging zijn. Zowel de deeltjes als hun beweging zijn niet zichtbaar. Van die bewegende deeltjes afzonderlijk en tezamen maakt hij zich een voorstelling of model. Dit model wordt zo geconstrueerd dat de 'fenomenen' hem begrijpelijk voorkomen.

De zaak voor de leerling(en) is een stoffelijk ding, dat zij aan uiterlijkheden kennen en waarmee zij in het gebruik ervaringen hebben opgedaan. Waar moet de bruine kleur anders naar toe? ("Nowhere else to go?": protocol 1 r. 3-4; cf. 29-31, 22, 37). Vragen naar het waarom van een verschijnsel verstaan ze wel als een vraag naar oorzaak en gevolg, maar ze kunnen daar alleen maar antwoord op geven in hun eigen ervaringscontext ("currents", "air pockets"), ontleend aan situaties die ze zelf hebben meegemaakt.

De zaak voor de leraar bestaat niet in de ervaringswereld van de leerlingen en is voor hen een vreemde zaak. De leraar verwoordt zijn zaak met bepaalde begrippen ("the perfume", "the water"). De gebruikte woorden afzonderlijk zijn ieder in deze discussie bekend, maar de combinaties ervan roepen voor hen verschillende contexten op. Of zoals Johnstone en Cassels (1985) rapporteerden "Pupils and teachers saw familiar words and phrases which both "understood", but the assumption that both understandings were identical was just not tenable".

We kunnen dit verschil in intentionele gerichtheid schematisch weergeven als elkaar *kruisende* pijlen gaande van elke spreker naar zijn zaak (het 'gemeenschappelijk' gebeuren zoals dat voor hem bestaat (2)).

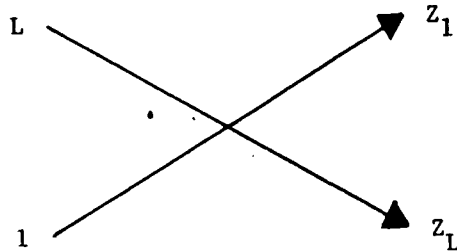


Fig.2 Verschil in intentionele gerichtheid

Door zijn woordgebruik roept de leraar zaken op in de ervarings context van de leerlingen, terwijl hij die niet bedoelt. Het lukt hem evenmin om zijn leerlingen duidelijk te maken dat hij over een zaak in een geheel andere context praat, zodra hij woorden gebruikt als "the perfume", "the brown colour ... move upwards". Hij vraagt bij voortdurende van zijn leerlingen hun object in de ervaringswereld te verwisselen voor een object in de natuurwetenschappelijke context. Hij weet echter niet hoe hij dit moet doen en welke voorbereiding daartoe nodig is. Zou hij het wel weten, dan is zijn handelwijze laakbaar te noemen.

De leraar roept door zijn eis tot een dergelijke objectwisseling met zijn woordgebruik een kloevige situatie op. De leraar en de leerlingen kunnen elkaar niet meer verstaan, en zijn daardoor niet in staat de kloof te overbruggen. De *kloof van onverstaanbaarheid* sluit het ontstaan van het gewenste begrip uit.

6. Structuur van een niet-kloevige onderwijssituatie

In het gesprek van 30 minuten waaraan de protocollen 2 en 3 zijn ontleend, ontstaat het door de leraar gewenste begrip 'stof' bij twee van de leerlingen m.i. wél. Daartoe heb ik onderzocht hoe het gesprek zich ontwikkelt. Namelijk door te letten op welke woorden wél en welke niet van elkaar worden overgenomen. Dit heb ik in mijn proefschrift beschreven (Ten Voorde, 1977, band 1, 1, p. 399 e.v.). Ik zal U hier een samenvatting van deze analyse geven).

De vier deelnemers - de leraar en drie leerlingen - brengen samen een begripsgenese tot stand. Ik wil proberen U hiervan een indruk te geven door ieders deelneming kort te karakteriseren.

De leraar is intentioneel gericht op het doen verwoorden van de samenhang tussen het verdwijnen van tin en broom én het ontstaan van een kleurloze vloeistof. Bij het begin van het gesprek probeert hij de leerlingen uit te nodigen tot het onderscheiden van twee interpretaties, namelijk het ontwijken van een damp van een kokende vloeistof en het ontstaan van een nieuwe stof in gasvorm. Hij doet dit door te vragen: "..., is dat nou koken of dat er een gas ontstaat?".

Hij blijft aandachtig luisteren naar het woordgebruik van de leerlingen om d.m.v. hun woorden gesprekspartner te blijven. Zo neemt hij in protocol 3 de woorden "weg zijn", die Toos gebruikt in combinatie met broom, over. We zouden dit kunnen zien als een moment, waarin de leraar empirisch scheikunde leert.

Marian blijft intentioneel gericht op een verwoording van het gebeuren die in overeenstemming is met haar uitspraak "door die reactie op elkaar" die in ons protocol 2 zo opviel. Zij koos reeds voor een begrip 'stof' dat Toos nog moet expliciteren. Van de drie leerlingen is Marian degene die steeds een nieuwe wending aan het gesprek geeft. Na het gespreksfragment, weergegeven in protocol 3, verwoordt zij nadrukkelijk dat de kleurloze vloeistof geen oplossing van tin in broom is.

De positie van Riet is tegenovergesteld aan die van Marian. Riet heeft aandacht voor de kleursverandering 'bruin' naar 'wit'. Wat kan daarvan de reden zijn? (3).

Zij is intentioneel nog steeds gericht op 'stofbehoud'. Ze beschouwt het oplossen van tin in broom op dezelfde wijze als het oplossen van suiker en blauw kopersulfaat in water, waarbij de kleur wél behouden blijft. Hoe kan nu de kleur van broom verdwijnen? Haar woordgebruik, zoals "broomdamp ontstaat", "tin is er in opgelost", "die oplossing van tin" wordt door Marian als niet in overeenstemming met haar begrip 'stof' afgewezen.

Toos neemt de middenpositie in. Zij richt zich i.t.t. Riet op de samenhang tussen de verdwenen uitgangsstoffen en wat daarvan het gevolg is. Zij heeft gehoord dat Marian zei "door die reactie op elkaar". Wanneer Riet aandacht vraagt voor de waargenomen kleurverandering, benoemt zij het ontkleuren als "weg zijn" van broom. Protocol 3 geeft de samenspraak die dan tussen Toos, Marian en de leraar ontstaat.

Aanvankelijk vindt Toos het nog gek dat broom weg zou zijn. Maar de kleurloze vloeistof kan geen broom worden genoemd. Marian stelt heel duidelijk "geen tin en ... geen broom". De leraar neemt de woorden van Toos over met "Dat is weg dus". En dan verwoordt Toos haar begripsgenese: "Dat is een héle nieuwe stof ... hartstikke nieuw".

7. Chemische contextvorming t.a.v. het woord 'stof'

Deze begripsgenese wil ik analyseren. Toos ervaart dat "weg zijn" als benoeming van de ontkleuring niet meer in overeenstemming kan zijn met 'stofbehoud' bij 'oplossen' zoals bij suikerwater. Zij staat nu voor de keuze:

- of blijven binnen het kader 'stofbehoud', maar dan moet ze instemmen met het woordgebruik én met de intentionele gerichtheid van Riet,
- of zoeken naar een voor haar nog onbekend kader, dus instemmen met het woordgebruik dat Marian haar aanreikt én met de zienswijze die hierin tot uitdrukking komt ("door die reactie op elkaar").

Toos staat voor een gezichtspuntskeuze. Hetgeen in haar omgaat is ons niet bekend. Op grond van haar spreken stel ik mij dit ongeveer als volgt voor: als de bruine kleur een stofeigenschap is en die kleur verdwijnt, dan moet ik wat 'stof' noem ook weg zijn. Dus 'stof' betekent ook 'kunnen verdwijnen' bij reactie op een andere stof, waarbij een nieuwe stof ontstaat.

Als een resultaat van mijn analyse noem ik deze nieuwe betekenisgeving aan het woord 'stof' een *objectwisseling*. Terwijl Toos aanvankelijk het woord 'stof' nog gebruikte in de leefwereldcontext van 'stofbehoud' (suiker-in-water), gaat zij nu ditzelfde woord 'stof' in een chemische context gebruiken.

Het begrip 'stof' dat Toos uitspreekt, behoort tot het chemische kader waarin stoffen 'kunnen verdwijnen' en 'kunnen ontstaan'. Ik noem dit begrip 'stof' een chemisch begrip 'stof'.

Het zal U als chemici duidelijk zijn dat een begripsgenese van 'stof' daarbij niet kan ophouden. De beschrijving van verschijnselen volgens 'kunnen verdwijnen' en 'kunnen ontstaan' zou zonder een verder structurerend principe voeren tot een chaotische aangelegenheid. Waarom zou bij het verdwijnen van ijzeroxide met houtskool geen goud kunnen ontstaan?

Proeft U een verschil tussen de uitspraken "niemand heeft ooit nog koper ontleed" én "koper is niet ontleedbaar" of "je kunt koper niet ontleden"? In de laatste twee beluister ik een logische noodzakelijkheid die ik in de eerste mis. De eerste uitspraak "niemand heeft ooit nog koper ontleed" zou ik *strikt empirisch* willen noemen.

Het zorgvuldige onderscheid dat Lavoisier maakte tussen de stof "houtskool" en het principe "carbonium" heeft alles te maken met dit verschil. De uitspraak "niemand heeft ooit nog koper ontleed" zit m.i. in hetzelfde kader als "houtskool", terwijl "koper is niet ontleedbaar" en het principe "carbonium" samen tot een kader behoren waarin chemici gewend zijn te spreken. Dit kader wordt beheerst door het principe 'het behouden blijven van chemische elementen'. Ik beschouw dit principe als een *niet-empirisch* gezichtspunt. Men kan tot deze

stellingname komen als men zich afvraagt: hoe is het mogelijk dat nooit iemand gevonden heeft dat bij het verdwijnen van ijzeroxide en koolstof goud ontstaat? Anders gezegd: welke mogelijkheden en onmogelijkheden bevat mijn beschrijvingswijze volgens het gezichtspunt 'kunnen verdwijnen' en 'kunnen ontstaan'? Welke beperkingen moet ik invoeren om te kunnen begrijpen dat nog nooit iemand gevonden heeft dat bij het verdwijnen van ijzeroxide en houtskool, goud ontstaat?

Om van het gezichtspunt 'kunnen verdwijnen' en 'kunnen ontstaan', als kenmerk voor een chemisch begrip stof, te komen tot de beschouwingswijze 'wat bij een chemische reactie behouden blijft zijn de betrokken chemische elementen', moet de lerende dus voor de tweede keer een objectwisseling doormaken.

U zult het met mij eens zijn dat voor U een adequate chemische context deze laatste beschrijvingswijze mede moet omvatten. Daarom concludeer ik dat voor een volledige genese van het chemische begrip 'stof' nog een tweede objectwisseling nodig is en dat deze essentieel verschilt van de eertste objectwisseling (Ten Voorde, 1977, band 1, p. 445 e.v.; Ten Voorde, 1981, p. 92 e.v.). Pas dan worden chemische formules en reactievergelijkingen zinvolle afbeeldingen van chemische verschijnselen. Ik heb die tweede objectwisseling beschreven in mijn proefschrift. Deze beschrijving is gebaseerd op een analyse van protocollen van een gesprek waarin een leerling deze objectwisseling tot stand bracht.

8. Conclusie

Om uitgaande van de leefwereldervaringen tot zulk een inzicht in chemische verschijnselen te komen, zijn dus twee elkaar opvolgende objectwisselingen nodig (fig.3). Eerst dan, maar nu in een fysische context, kan de leraar uit Selley's protocol zinvol vragen: "How is it that ... can move" en "what must ... be made of".

Indien chemici en niet-chemici elkaar willen gaan verstaan in een chemische context, dan is het noodzakelijk dat de genoemde twee soorten van objectwisselingen plaatsvinden in een durend gesprek. Dan kan de kloof van onverstaanbaarheid worden overbrugd. Houdt men hiermee geen rekening dan stopt het gesprek.

Noten

1. Ik dank H.F. van Sprang, vakgroep Chemiedidactiek R.U.U., voor zijn bijdrage aan de formulering van de tekst van de toespraak, aan de vertaling daarvan in het Engels, en voor het formuleren van de 'entourage' bij dit artikel.
2. Deze wijze van kenmerken van een structuur van een onderwijssituatie in vergelijking met die van een opvoedingssituatie is gegeven door De Miranda (1962).
3. Deze interpretatie is gebaseerd op het uitvoerige protocol in mijn dissertatie.

Leefwereldkontekst

-
- . behoud van stof
 - . chemische reactie bestaat niet
 - . handelinggebonden gebruik van woorden

EERSTE OBJEKTWISSELING

- . chemisch begrip 'stof'
- . reactie betekent 'verdwijnen en ontstaan van stoffen'
- . empirische regelmaat

TWEEDE OBJEKTWISSELING

- . behoud van element
 - . reactie betekent 'hergroepering van elementen'
 - . logische noodzaak kenmerkt de argumentatie
-

Chemiekontekst

Fig.3 Chemiekontekstvorming in een durend gesprek

Literatuur

- Cassels, J.R.I. en Johnstone, A.H. Words that matter in Science, *Report of a Research Exercise of The Royal Society of Chemistry*, January 1985.
- Hagen, J.W. *Empirical Chemistry: A Quantitative Laboratory Program*, San Francisco: Freeman and Company, 1972.
- Hiele, P.M. van. *Structure and Insight*, New York: Academic Press, 1986.
- Miranda, J. de, m.m.v. van Hiele, P.M. De structuur van de onderwijs-situatie als basis voor de opbouw van de didactiek, *Pedagogische Studiën*, 39, 532, 1962.
- Selley, N.J. Children's Understanding of Atoms and Molecules, *Chemical Education Research - Implications for Teaching*, Report of a Symposium at the University of Aston, London: The Royal Society of Chemistry, 1982.

- Voorde, H.H. ten. *Verwoorden en Verstaan*, proefschrift Universiteit van Amsterdam, 's Gravenhage: Staatsuitgeverij, 1977, 2 banden.
- Voorde, H.H. ten, m.m.v. Miranda, J. de. *Empirische Didactiek (VII)*, Van beschrijvend naar theoretisch niveau in scheikunde-onderwijs, *Niveauverhogend Scheikunde-onderwijs ten behoeve van Voorbereidend Wetenschappelijk Onderwijs*, Discoreeks nr. 3, Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, 1981.