

Woorden in het scheikunde_onderwijs

Een onderzoek naar de bekendheid met 294 woorden onder leerlingen van de tweede klas mavo, havo en vwo.

J. Bouma

Chemiedidactiek, Vrije Universiteit Amsterdam

1. Aanleiding

In verschillende Europese landen is al onderzoek verricht naar het functioneren van en de bekendheid met woorden die in het scheikunde-onderwijs worden gebruikt. In West-Duitsland is G. Vollmer (1980) zeer uitvoerig op de materie ingegaan; in Engeland heeft E.N. Page (1977) een dissertatie hierover verdedigd aan de universiteit te Reading; in Schotland is het J.R.T. Cassels, die in samenwerking met A.H. Johnstone uitgebreid onderzoek heeft verricht naar de woordkennis aldaar en de problemen die het gebrek er aan opleveren (Cassels en Johnstone, 1977a, 1977b, 1978, 1983, Cassels, 1976, 1980)

Ook C.R. Sutton (1982) heeft op dit gebied tot buiten Europa onderzoek verricht. In het Nederlandstalige gebied is ook veel onderzoek gedaan op het gebied van taal en (chemie)-onderwijs (D.C.N., 1980, 1982). Maar op deze wijze was dit nog niet gebeurd, al lijkt het artikel van Schipperus c.s. (1983) er wel op.

Het bezoek dat Dr. A.H. Johnstone in 1981 aan Nederland bracht bij de werkgroep SO_3 (Scheikunde-onderwijs, onderzoek en ontwikkeling) en waarbij hij over de mogelijkheden hieromtrent vertelde, was eigenlijk de laatste aansporing om me hiermee in Nederland bezig te houden.

Dr. L. Brandt, chemiedidacticus aan de Katholieke Universiteit te Leuven, verricht in samenwerking met Mevr. L. Peumans een soortgelijk onderzoek onder Belgische leerlingen.

2. Doelstelling

De bedoeling van het onderzoek is: na te gaan welke woorden in het scheikunde-onderwijs problemen oproepen bij de leerlingen, doordat ze niet of verkeerd worden begrepen. Het produkt van het onderzoek is dus een lijst van woorden in volgorde van 'onbegrip', zo mogelijk voorzien van commentaar.

3. Opzet

De *woorden* werden verkregen door het bestuderen van een leerboek voor scheikunde, bestemd voor leerlingen van de derde klas, waarvan ik mede-auteur ben (Schuij e.a., 1980). Uit dit boek werden meer dan 280 woorden geselecteerd, welke in overleg met Dr.Brandt werden aangevuld tot 294. Criterium was het vermoeden dat ze verkeerd begrepen zouden kunnen worden. Deze werden in alfabetische volgorde verdeeld over 15 lijsten van 19 of 20 woorden. Van elke lijst werden ongeveer 100 exemplaren verdeeld over de proefpersonen.

De *leerlingen* waren afkomstig uit tweede klassen mavo, havo en vwo. De toets werd afgenomen in de laatste periode van het schooljaar (mei-juni 1982), zodat bij benadering de situatie gold dat ze - na bevordering tot de derde klas - juist aan het begin van de scheikundelessen zouden staan. Dankzij de medewerking van de leraren uit het adressenbestand van de afdeling Didactiek der Natuurkunde aan de Vrije Universiteit konden hiervoor tweedeklassers worden benaderd. Verdere gegevens vindt U in aanhangsel 2 en 3 (op aanvraag verkrijgbaar).

De *opdracht* die de leerlingen kregen was: van de 19 of 20 hun voorgelegde woorden duidelijk te maken dat ze de betekenis ervan kenden, ofwel door het zetten van een streepje dat ze die niet kenden. Van sommige woorden werden twee versies in verschillende lijsten opgegeven, bijvoorbeeld 'zuivere stof' en 'stof, zuivere'. De vraag was zo gesteld dat elke mogelijkheid tot definiëren gebruikt kon worden: het geven van een synoniem, het omschrijven of het geven van een voorbeeld. Er konden desgewenst meer betekenissen worden opgegeven. Daarnaast werden de gebruikelijke administratieve gegevens gevraagd: sexe, leeftijd en schooltype.

4. Het afnemen van de toets

De formulieren zijn verdeeld over de leraren en voorzien van het verzoek de definities te vragen aan de leerlingen van een of meer tweede klassen tegen het eind van de cursus. Naar schatting zou het invullen zo'n 20 minuten vergen. Hierover zijn geen nadere inlichtingen ingewonnen. Alle verzonden pakketten werden vóór het eind van de cursus ingevuld geretourneerd. Vrijwel geen enkel formulier moest worden opzijgelegd wegens duidelijke 'humoristische' opvattingen van de invullers. Wel kwam het, ondanks het verzoek eerlijk de eigen kennis op te geven, naar het schijnt nogal eens voor dat er werd 'gespiekt': gelijke antwoordpatronen binnen één klas, vaak bij opeenvolgende formulieren. Nogal eens werd vergeten sexe of leeftijd in te vullen.

5. Het verwerken van de gegevens

Onder de geselecteerde woorden kunnen we vier categorieën onderscheiden:

1. Oude of verouder(en)de, maar overigens gewone Nederlandse woorden:
accijns, lichtgas
2. Vreemde woorden: diameter, proces, paraffine
3. Specifiek chemische termen: argon, bindingsreactie, koolstof
4. Algemene woorden die een specifiek natuurwetenschappelijke betekenis kunnen hebben: kern, grootheid, stroomkring.

Overigens zijn ook andere categoriseringden denkbaar. Een groot probleem is het door elkaar lopen van algemene woorden en vaktermen. Een scherpe grens is niet te trekken. Een voor het Engelse taalgebied geldende poging tot categoriseren is gedaan door J.J. Wellington (1983). Omdat het hier ging om een of meer vrije definities, konden er geen gecodeerde vragen worden gesteld. Daarom werd van elk woord een kaart gemaakt met daarop een aantal cijfers.

0 was voor niet-invullen, 1-7 voor definities die goed konden worden gerekend (zo veel als er nodig waren), 8 voor definities die niet echt verkeerd waren, maar ook niet juist gerekend konden worden en 9 voor beslist foute definities. Fout is dus een definitie die duidelijk blijkt geeft van onbegrip voor het betreffende woord. De definities werden, voor zover mogelijk, ontleend aan Van Dale (1). Enkele woorden moesten aan de systematiek van het scheikunde-onderwijs worden aangepast. Zo werd van het woord 'oplosbaarheid' de volgende reeks gemaakt:

1. het oplosbaar zijn
2. de mate van oplosbaarheid
3. het aantal gram stof dat met 100 gram oplosmiddel een verzadigde oplossing vormt.

Alleen de eerste betekenis komt in die zin in het woordenboek voor. Sommige woorden kwamen niet voor in Van Dale, bijvoorbeeld postulering, edelstalen, synthetiseren.

Weer andere leverden definities van zeer verrassende aard. Van Dale vermeldt niet dat 'brandpunt' de naam is van een televisieprogramma, noch dat 'normaal' de aanduiding is van een benzine met een bepaald octaangetal en de naam van een popgroep. Uiteraard kan men deze omschrijvingen niet fout rekenen. Wel leverden ze nieuwe definitie-cijfers op de kaart op. Zo werd aan elk woord - dat zelf gekenmerkt was door lijst- en volgnummer - een aantal definities toegekend. Het verwerken van de gegevens bestond uit het doorlezen van alle 26.437 gedefinieerde woorden en het toekennen aan elk van de categorieën die op de kaart stonden. Dit is 'met de hand' en door slechts één persoon gedaan.

Daarbij deden zich verschillende problemen voor:

- het grondprobleem is de subjectiviteit die aan deze werkwijze inherent is. Ik heb tot nu toe niemand gevonden die voldoende tijd heeft, zelfs steekproefsgewijze, de interpretaties na te zien
- definities naar Van Dale splitsen uit en geven zoveel mogelijk te onderscheiden betekenisnuances. Hoe te werk gaan als een leerling een woord definieert met een *synoniem* dat óók al die nuances dekt? Een voorbeeld. Voor het woord 'structuur' vinden we vier nuances:
 1. inwendige bouw van een stof of een geheel;
 2. wijze waarop een massa uit deeltjes of lagen is opgebouwd;
 3. opbouw van een samengesteld geheel (abstract) en
 4. bouw in het algemeen.

Wat nu te doen met de leerlingen die als definitie voor structuur geven 'opbouw'? Betrekkelijk willekeurig is - op de klank af - definitie 3. gekozen.

- Dikwijls komen *woordsoortfouten* voor. Uit de definitie van 'magneet' en 'magnetisch' blijkt dat de leerlingen in hun antwoord geen verschil maken tussen een zelfstandig en een bijvoeglijk naamwoord. Nog erger is het als ze de omschrijving geven in de vorm van, vaak onafgemaakte, zinnen. Enkele voorbeelden van definities voor 'magnetisch': 'het trekt een andere stof aan'; 'iets dat op ijzer vast blijft zitten (....)'; 'als twee voorwerpen elkaar aantrekken'. Overigens blijkt hier een van de onverwachte uitkomsten: het begrip dat een magneet - althans luidens de antwoorden - van alles kan aantrekken, evenals de vaak aangetroffen gelijkstelling van ijzer en staal.

Het zou de moeite waard zijn dergelijke woorden nog eens apart te bezien.

- In de lijsten was rekening gehouden met *twee definities per woord*. Over het algemeen bleek dit voldoende: soms gaven leerlingen drie of meer definities. Daarvan werden alleen de eerste twee in de lijsten opgenomen. Meestal kwam per woord maar één definitie voor.
- Het voorkomen van *maar één foutcategorie* doet onrecht aan de rijke fantasie van de leerlingen en geeft geen rekenschap van de categorieën die daarin optreden. Ik kom daarop nog terug bij de bespreking van de verwerkte resultaten.

6. Resultaten

- 6.1. De niet of verkeerd gedefinieerde woorden. Van alle gegeven definities werden de categorieën 0+9 (dus 'blanco' + 'fout') opgeteld en in volgorde gezet. In bijlage 1 staan de eerste honderd vermeld. Opmerkelijk is dat er een vloeiend verloop bestaat van de slechtst begrepen woorden ('vulcaniseren' en 'capillair', beide 100%), naar de best begrepen ('mengen' en 'zuiveren', beide 0%). De eerste

honderd woorden vormen dus meer een willekeurig afgesloten lijst. Het laatste woord ervan, 'natuur, levende' komt op 39%, het daaropvolgende, 'achtereenvolgens' op 38% der leerlingen die het niet of verkeerd omschreven.

Enkele woorden uit deze lijst vragen bijzondere aandacht. 'Capillair' is geheel, 'koolstof' vrijwel geheel onbekend. Opmerkelijk is dat - voor zover koolstof wordt gedefinieerd - het vaak wordt verward met koolstofdioxide. Invloed van de biologies? De eerste resultaten van een vervolgonderzoek bij vierdeklassers wijzen in dezelfde richting. 'Lichtgas' is uit de woordenschat verdwenen, vervangen door aardgas.

6.2. Sexever verschillen

Er bestaan bij sommige woorden duidelijke verschillen tussen jongens en meisjes voor wat betreft de foute interpretatie en onbekendheid.

component: 13/63 (21%) van de jongens; 1/78 (1%) van de meisjes had het juist (als foutbetekenis vaak verward met componist)

mortier : 30/56 (54%) van de jongens; 9/72 (13%) van de meisjes had het juist

viscositeit: 5/46 (11%) van de jongens 0/57 (0%) van de meisjes had het juist.

Woorden die meisjes beter kennen zijn bijvoorbeeld:

hoedanigheid: 2/28 (7%) van de jongens; 13/43 (30%) van de meisjes had het juist

eboniet : 0/32 (0%) van de jongens; 5/28 (18%) van de meisjes had het juist.

Uit de eerste groep - en ook uit andere voorbeelden - blijkt dat in het algemeen de jongens iets beter zijn in woorden met een technische achtergrond, meisjes meer in niet-technische, dat wil zeggen dagelijkse of wetenschappelijke woorden.

Bij enkele woorden blijkt uit de toegekende betekenis een lichte sexeverkeur bijv. bij 'patroon'. Zie onderstaande tabel

| <u>patroon</u> : | <u>jongens</u> : | <u>meisjes</u> : |
|------------------|------------------|------------------|
| baas | 5 | 4 |
| kogelbuis | 16 | 19 |
| voorbeeld | 16(38%) | 26 (51%) |
| ordening | 4 | 1 |
| (fout) | 1 | 1 |

Met andere woorden: 38% van de jongens definieert patroon als 'voorbeeld' tegen 51% van de meisjes. De invloed van 'breipatroon' en dergelijke lijkt hier mogelijk in weerspiegeld.

6.3. Woorden met niet-wetenschappelijke voorkeursbetekenis

Een van de redenen waarom ik dit onderzoek heb opgezet, was het vermoeden dat leerlingen van woorden die zowel een wetenschappelijke als niet-wetenschappelijke betekenis hebben bij voorkeur de laatste kiezen. Dit vermoeden lijkt te worden bevestigd.

Ik geef hieronder drie woorden waarbij blijkt dat in eerste instantie niet wordt gedacht aan de natuurwetenschappelijke betekenis.

a) kern: 23%: binnenste (hierbij niet meegerekend de velen die opgaven 'middelpunt')

20%: waar het om gaat, waar het (alles) om draait

1%: pit van een vrucht

31%: atoomkern

b) kolf: 37% achterkant of handvat van een wapen

21% bloeiwijze, inz. maiskoif

4% glazen vat

c) gas: 29% brandstof in gasvorm, aardgas

26% (stof in een bepaalde) aggregatietoestand

Het beeld zal ongetwijfeld nog genuanceerder worden bij een nadere beschouwing van de foutdefinities, ook bij andere woorden. Overigens doet zich hier een methodisch probleem voor. Aan de leerlingen is gevraagd een of meer betekenissen toe te kennen aan een geïsoleerd woord. Het is dus min of meer een vrije associatie. Daarmee weten wij nog niet hoe het betreffende woord wordt opgevat in een natuurwetenschappelijke (scheikundige) context. Evenmin blijkt hoe het woord passief kan worden herkend als wetenschappelijk woord. Daarvoor moet opnieuw onderzoek worden verricht, naast het al gedane vervolgonderzoek aan vierdeklassers. Uit dat laatste blijkt overigens, geheel naar verwachting, dat het begrip is toegenomen, althans onder leerlingen die scheikunde in hun pakket hebben. Niet duidelijk is, waar en hoe ze de natuurwetenschappelijke betekenis hebben geleerd.

6.4. Een poging tot categorisering der fouten.

Onder de voorkomende 'vluchtwegen' voor het geval een leerling het woord niet de juiste betekenis toekent, komen voor:

O niets ingevuld

A definitie op de klank af geraden: component - componist

B het tegengestelde, het dubbele of de helft: diameter - halve straal

C verwarring tussen de overgangelijke betekenis van het woord: rieken - ruiken

D het onvermogen precies te omschrijven: pletbaar - het kan samengedrukt worden

E categoriefout: magnetisch - een ding dat ijzer aantrekt

F invloed van radio, TV, reclame enz.: bros - chocoladereep
G de niet-natuurwetenschappelijke betekenis gaat voor: edel - nobel
Nog nader moet kwantitatief uitgewerkt worden, welke koppelingen vaak voorkomen. De categorie O scoort overal hoog. A komt vaak voor bij 4 (algemene woorden) en D bij 1 (verouderde woorden) en 3 (chemische vaktermen).

7. Conclusies en aanbevelingen

Als eerste voorzichtige conclusie kan worden getrokken, dat aan leerlingen die met scheikunde-onderwijs beginnen een groot aantal in dat onderwijs gebruikelijke woorden op het eerste gehoor niet bekend is. Dat geldt niet alleen voor specifiek chemische termen (zoals te verwachten) of zelfs natuurwetenschappelijke begrippen, maar ook voor vreemde woorden en zelfs voor min of meer gewone Nederlandse woorden. Aanbevolen wordt, vooral bij de woorden van onderstaande lijst, na te gaan of de leerlingen het kennen en/of begrijpen. Dit geldt zowel voor tekstschrijvers als voor docenten in de klas. Ze moeten daaruit hun eigen conclusies trekken: of hun boeken eenvoudiger maken (de schrijvers) of moeilijke woorden uitleggen (de docenten). Schoolboekschrijvers moeten een standpunt bepalen ten aanzien van vaktaal. Helemaal afschaffen zal niet gaan. Maar een kritische blik zou veel goed kunnen doen (met dank aan Prof.Raat voor deze opmerking).

Noot

(1) Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse taal, deel 1 en 2, 's-Gravenhage: 1970.

Literatuur

- Cassels, J.R.T. and Johnstone, A.H. *Bulletin of the Scottish Centre for Maths, Science and Technical Educ.*, 11, p. 19, 1977a.
- Cassels, J.R.T. and Johnstone, A.H. *Language in Chemistry*, Report of the Education Division Conference, London: The Chemical Society, 1977b.
- Cassels, J.R.T. and Johnstone, A.H. What's in a word? *New Scientist*, 78, p.432, 1978.
- Cassels, J.R.T. and Johnstone, A.H. The meaning of words and the teaching of chemistry, *Educ. in Chemistry*, Jan., p.10, 1983.
- Cassels, J.R.T. *Language in Chemistry; the effect of some aspects of language on 'O' grade chemistry candidates*, M.Sc.thesis, Glasgow: 1976.
- Cassels, J.R.T. *Language and thinking in science: some investigations with multiple choice questions*, Ph.D.Thesis, Glasgow: 1980.
- DCN-Cahier 9, *Taalgebruik in de klas*, Groningen: 1980.
- DCN-Cahier 9, *Leerlingen, taal en school*, Enschede: 1982

Page, E.N. *The Vocabulary of Chemistry - A Problem ?*, M.Sc.Thesis, Reading: 1977 (unpubl.).

Schipperus, O., c.s. Het gebruik van scheikundige vaktermen door leerlingen. Een onderzoekje door studenten van de lerarenopleiding scheikunde aan de R.U.-Leiden, *NVON-maandblad*, 5, p.27, 1983.

Schuijl, J.W., c.s. *Chemie voor voortgezet onderwijs, deel 1 vwo/havo*, Zeist: 1980.

Vollmer, G. *Sprache und Begriffsbildung im Chemieunterricht*, Frankfurt: 1980.

Wellington, J.J. *School Sci.Rev.*, June, p.767, 1983.

Aanhangsel 1

Honderd woorden die leerlingen van tweede klassen niet of fout definiëren met erachter gevoegd hoeveel procent van hen dat doet.

| | | | |
|-------------------------|------|------------------------|-----|
| 1. vulcaniseren | 100% | 51. karakteristiek | 65% |
| 2. capillair | 100% | 52. korstmos | 64% |
| 3. koolstof | 98% | 53. driedimensionaal | 63% |
| 4. postulering | 98% | 54. instabiel | 61% |
| 5. molecuulformule | 96% | 55. conclusie | 59% |
| 6. viscositeit | 95% | 56. natuur, levenloze | 59% |
| 7. warmte-effect | 95% | 57. oplosbaarheid | 58% |
| 8. argon | 94% | 58. organisme | 57% |
| 9. affiltreren | 94% | 59. troebeling | 57% |
| 10. lichtgas | 94% | 60. levenloze natuur | 57% |
| 11. octet | 93% | 61. kern | 57% |
| 12. eboniet | 92% | 62. raffineren | 56% |
| 13. verbindingsreactie | 92% | 63. parafine | 55% |
| 14. kwantitatief | 92% | 64. beugelvermogen | 55% |
| 15. synthese | 90% | 65. broos | 55% |
| 16. kwantiteit | 90% | 66. natuur | 53% |
| 17. relais | 90% | 67. soldeer | 53% |
| 18. component | 90% | 68. grondslag | 52% |
| 19. gedestilleerd | 88% | 69. onbestendig | 52% |
| 20. onvergankelijk | 88% | 70. mineraal | 51% |
| 21. stollingswarmte | 86% | 71. energie | 51% |
| 22. edelstalen | 86% | 72. raffinaderij | 50% |
| 23. diffuus | 79% | 73. stikstof | 50% |
| 24. hoedanigheid | 79% | 74. gasontwikkeling | 50% |
| 25. synthetiseren | 78% | 75. magnetisch | 49% |
| 26. fysicus | 78% | 76. plethaar | 49% |
| 27. reactieproduct | 78% | 77. edel | 49% |
| 28. materie | 78% | 78. stof, zuivere | 48% |
| 29. stroomkring | 77% | 79. geologisch | 48% |
| 30. reactiemengsel | 77% | 80. verschijnsel | 48% |
| 31. synthetisch | 77% | 81. diagram | 47% |
| 32. complicatie | 77% | 82. gas | 47% |
| 33. poreus | 75% | 83. kolfje | 47% |
| 34. hachelijk | 74% | 84. proces | 47% |
| 35. stroomketen | 73% | 85. niet-metaal | 46% |
| 36. analyse | 72% | 86. structuur | 45% |
| 37. evenredig | 72% | 87. verfijnen | 45% |
| 38. respectievelijk | 72% | 88. roestvast | 45% |
| 39. asbestweefsel | 71% | 89. accijns | 44% |
| 40. filtratie | 71% | 90. grootheid | 43% |
| 41. mortier | 70% | 91. kenmerkend | 42% |
| 42. periodiek | 68% | 92. verbrandingswarmte | 42% |
| 43. vloeistofspiegel | 68% | 93. stabiel | 42% |
| 44. oxideren | 68% | 94. kolf | 41% |
| 45. waarborg | 67% | 95. identificeren | 41% |
| 46. vezel | 67% | 96. overmaat | 41% |
| 47. chemie | 67% | 97. samensmelten | 40% |
| 48. steenkoolvergassing | 65% | 98. diameter | 39% |
| 49. rieken | 65% | 99. agressief | 39% |
| 50. kwalitatief | 65% | 100. natuur, levende | 39% |

Aanhangsel 2

Sexe der onderzochte proefpersonen:

jongens : 593 (44%)

meisjes : 715 (53%)

onbekend : 34 (3%)

totaal 1342 (100%)

Aanhangsel 3

Leeftijd der onderzochte proefpersonen:

13 jaar : 277 (21%)

14 jaar : 846 (63%)

15 jaar : 175 (13%)

16 jaar : 27 (2%)

onbekend : 17 (2%)

totaal 1342 (100%)

Aanhangsel 4

Klastype waarin de respondenten zaten:

2-mavo : 397 (30%)

2-havo : 301 (22%)

2-vwo : 260 (19%)

2-vwo/havo : 322 (24%)

2-mavo/havo/vwo : 53 (4%)

onbekend : 9 (1%)

totaal 1342 (100%)