

Het gebruik van contexten in het natuurkunde- en scheikundeonderwijs

Martin Goedhart, Wolter Kaper en Erik Joling

AMSTEL instituut

Universiteit van Amsterdam

Samenvatting

Sinds de jaren zestig is er in het Nederlandse onderwijs in natuurkunde en scheikunde discussie over het gebruik van realistische contexten, die als doel hebben om de inhoud van die schoolvakken meer te verbinden met het dagelijks leven van leerlingen. Dit idee is bij voorbeeld uitgewerkt in het natuurkunde-curriculum van het PLON. Op dit moment is het gebruik van realistische contexten gemeengoed geworden in die vakken, zowel in de Basisvorming als in de Tweede Fase. Uit onderzoek is niet gebleken dat het gebruik van realistische contexten ook bijdraagt aan een beter begrip van de natuurkunde of scheikunde. Sommigen veronderstellen dan ook dat contexten vaak te complex zijn voor leerlingen om vakbegrippen te leren.

In diverse onderzoeken is het begrip 'context' op verschillende wijzen omschreven. Sommige onderzoekers beschrijven contexten als situaties en soms wordt geconstateerd dat in deze situaties dezelfde woorden verschillende betekenissen kunnen hebben. Het is echter niet altijd duidelijk op basis waarvan contexten kunnen worden onderscheiden.

In dit artikel wordt een voorstel gedaan om situaties - door ons 'ervaringsdomeinen' genoemd - te onderscheiden van woordbetekenissen, zoals die worden ontleend aan de samenhang met andere woorden - door ons 'relatienetten' genoemd. Met deze verfijnde terminologie analyseren we een aantal geconstateerde problemen met het gebruik van realistische contexten in de schoolpraktijk. De conclusie wordt getrokken dat realistische situaties niet voldoende zijn maar dat deze situaties de basis moeten vormen voor een relatienet. Deze benadering biedt een perspectief om problemen bij het gebruik van contexten te vermijden.

1. Inleiding

In de discussie die vanaf de jaren zestig wordt gevoerd over de doelen van het onderwijs in de natuurwetenschappen stonden verschillende uitgangspunten in de aandacht. Een daarvan is de idee dat deze vakken meer betekenisvol voor leerlingen zouden worden als er een duidelijke relatie wordt gelegd tussen de vakinhoud, de leefwereld van de leerlingen, en de maatschappij. Met deze benadering wordt afstand genomen van het traditionele onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken, dat zich vooral op de vakinhoud richtte.

Om de vakinhoud aan de leefwereld van leerlingen te koppelen, gebruikt men zogenaamde 'realistische contexten' (ook wel kortweg 'contexten' genoemd). Daarmee worden situaties bedoeld die niet direct aan de vakinhoud ontleend zouden zijn, maar die afkomstig zijn uit de leefwereld van de leerlingen.

De koppeling van vakinhoud aan maatschappelijke thema's (zoals energiegebruik, milieuproblematiek, industriële productie) staat internationaal bekend als STS: Science, Technology and Society (Solomon, 1993). STS-programma's beogen vooral om maatschappelijke thema's die samenhangen met wetenschap en techniek in de klas te behandelen. STS is van invloed geweest op de ontwikkeling van het schoolvak Algemene Natuurwetenschappen (ANW) voor de bovenbouw havo en vwo.

In dit artikel willen we ons vooral richten op de koppeling van de vakinhoud aan de leefwereld van leerlingen door middel van realistische contexten, en dan in het bijzonder bij de schoolvakken natuurkunde en scheikunde in het Nederlands voortgezet onderwijs. Waar dat verhelderend is verwijzen we naar ervaringen uit het onderwijs in de wiskunde. Nu en dan verwijzen we bovendien naar ervaringen in het buitenland.

In het Nederlands voortgezet onderwijs in de wiskunde en de natuurwetenschappelijke vakken is het gebruik van contexten inmiddels op grote schaal geïntroduceerd. De invoering van de Basisvorming en de vernieuwde Tweede Fase, met daarbij het invoeren van nieuwe examenprogramma's, zijn daar een belangrijke stimulans voor geweest.

Bij de inrichting van het vak natuur- en scheikunde in de Basisvorming heeft men gestreefd naar meer "praktijk- en toepassingsgericht onderwijs" (De Kievit, 1992). De kerndoelen zijn ondergebracht in domeinen die te beschouwen zijn als toepassingsgebieden van fysische en chemische kennis. Voorbeelden van deze domeinen zijn: 'stoffen en materialen in huis', 'geluid horen en maken' en 'krachten en veiligheid'.

Bij het opstellen van de examenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke vakken in de Tweede Fase van havo en vwo is een discussie gevoerd over de rol van contexten (Stuurgroep profiel tweede fase, 1995). Men heeft uiteindelijk gekozen voor een ordening van eindtermen op basis van de vakstructuur, maar (p.13):

"De eindtermen dienen in realistische situaties (realistische contexten) aangeleerd, toegepast en getoetst te worden."

De contexten worden gebundeld tot de contextgebieden techniek, natuur en milieu, en gezondheid. De Stuurgroep spreekt de verwachting uit dat:

"door het gebruik van contexten de praktische en maatschappelijke relevantie van de vakken voor de leerlingen meer zichtbaar wordt."

Echter:

"Daarentegen wordt het generaliseren van kennis (de algemene toepassing van natuurwetenschappelijke regels en begrippen) moeilijker."

De Stuurgroep wijst hier op een voordeel van het gebruik van contexten: de relevantie die het vak voor de leerlingen heeft zou toenemen. Maar dat zou ook een keerzijde hebben: de opgedane kennis is minder gemakkelijk algemeen toepasbaar. Blijkbaar verwacht men problemen bij het gebruik van contexten om te komen tot gegeneraliseerde wetenschappelijke kennis.

Daarnaast vraagt de Stuurgroep zich af of contexten of contextgebieden 'leidend principe' kunnen zijn bij het ontwerpen van een examenprogramma in plaats van wat de 'vakstructuur' wordt genoemd.

In dit artikel gaan we hier verder op in. We vragen ons af wat het gebruik van contexten tot nu toe heeft opgeleverd voor het onderwijs in de natuurkunde en scheikunde. Het is daarvoor een geschikt moment gezien de reeds

gestarte discussie over de curricula van de bèta-vakken in Basisvorming en Tweede Fase (zie het vorige nummer van het *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*).

Daarnaast gaan we ook nader in op het gebruik van het begrip 'context' in het didactisch onderzoek van het natuurkunde- en het scheikundeonderwijs. Vanuit de ervaringen met het ontwikkelen van het PLON-materiaal, dat gebruik maakte van realistische contexten, heeft Van Genderen (1985, 1989) een pleidooi gehouden voor het gebruik van 'context' als bèta-didactisch begrip. In een groot aantal Nederlandse publicaties wordt deze term gebruikt. We zullen dit gebruik aan een analyse onderwerpen en op basis daarvan een voorstel doen om het begrip 'context' te herdefiniëren. Vervolgens zullen we trachten een perspectief bieden op de vraag in hoeverre (realistische) contexten kunnen voorbereiden op (wetenschappelijke) vakinhouden.

2. Het gebruik van contexten in natuurkunde en scheikunde

We starten met een beschrijving van het gebruik van realistische contexten in de schoolvakken natuurkunde en scheikunde in het Nederlandse voorgezet onderwijs.

2.1. Leefwereldgericht natuurkundeonderwijs

Vanaf 1972 heeft het PLON (Project Leerpakket Ontwikkeling Natuurkunde) een curriculum voor realistisch natuurkundeonderwijs ontwikkeld en uitgevoerd. De doelstelling van het PLON was (Wierstra, 1990, p. 1):

"het meer betekenisvol maken van natuurkundeonderwijs voor leerlingen door middel van een curriculum dat gekarakteriseerd kan worden als leefwereld- en participatiegericht."

Deze doelstelling komt voort uit de overweging dat het natuurkundeonderwijs door veel leerlingen "moeilijk en nogal vervelend" wordt gevonden.

Bij het ontwikkelen van leefwereldgericht natuurkundeonderwijs onderscheidde men "schoolcontexten" (ontleend aan situaties in schoolproeven en opgaven) en "leefwereldcontexten" (ontleend aan situaties afkomstig uit de leefwereld van de leerlingen). Met deze terminologie kan bovenstaande doelstelling geherformuleerd worden als: het ontwikkelen van natuurkundeonderwijs dat gebruik maakt van leefwereldcontexten bij het introduceren van fysische regels¹ Schoolcontexten blijven noodzakelijk omdat leefwereldcontexten in veel gevallen te complex zouden zijn.

Er is een aantal PLON-thema's ontwikkeld, waarin getracht wordt leefwereldsituaties te koppelen aan natuurkundige onderwerpen. Een voorbeeld is het thema *Verkeer en veiligheid* (PLON, 1981), dat uitgebreid beschreven is door Van Genderen (1989). Hierin komen onderwerpen uit de klassieke mechanica (m.n. dynamica) aan bod, terwijl ook aandacht wordt besteed aan veiligheid in het verkeer (autogordels, bromfietshelm, kreukzones).

Na een uitgebreid traject van ontwikkelen en evalueren, waarin een aantal scholen participeerden, is het PLON-curriculum uiteindelijk niet breed ingevoerd in het natuurkunde-onderwijs. Wel is het gebruik van realistische contexten opgepakt door de Werkgroep Examens Natuurkunde (WEN) bij het uitbrengen van een advies voor de examenprogramma's natuurkunde. Bij de invoering van de Basisvorming heeft het gebruik van contexten een vaste plek gekregen binnen het vak natuur- en scheikunde geworden. Het PLON-project

heeft daarmee een belangrijke invloed gehad bij het introduceren van realistische contexten in de natuurwetenschappelijke vakken.

2.2. Contexten in het scheikundeonderwijs

Anders dan bij natuurkunde het geval was, is er bij het scheikundeonderwijs nooit een belangrijk curriculumvernieuwingproject geweest dat tot doel had middels contexten meer leefwereldgericht onderwijs te ontwikkelen. De enige poging daartoe die ons bekend is, vond plaats binnen het experiment mavo-scheikunde, dat in 1975 door de CMLS werd gestart en door de SLO werd uitgevoerd. Deze poging om van een "thematische opzet" uit te gaan strandde echter. Joling *et al* (1988) schrijven in een bijlage² (A1, p. 9) bij een onderzoek naar het functioneren van het boek *Chemie mavo*:

"Het conflict tussen een 'thematische' en een 'vakgerichte' opzet spitste zich toe toen de medewerkers met een thematisch raamplan voor de vierde klas kwamen. Ze verdedigden dat met een verwijzing naar de uitgangspunten van de commissie-mavo, dat chemie van de belevingswereld van de leerlingen uit moet gaan.

Twee leden van de commissie, Beverloo en Van der Veer maakten bezwaren tegen deze opzet. Zij misten 'elementaire scheikundige kennis' en 'klassieke onderwerpen als zuren, basen, ionen, reactievergelijkingen, rekenen etc' en eisten naast dit raamwerk een lijst met chemische begrippen die essentieel zijn voor mavo."

De invloed van inspecteur Beverloo was kennelijk groot genoeg om deze poging in de kiem te smoren (p. 10):

"Beverloo legde een matrix voor waarin de chemische onderwerpen tegenover de thematische hoofdstukken geplaatst staan. Daarbij is 'een degelijk chemieprogramma de basis geweest'.

Als compromis werd besloten om de leerstof deels thematisch op te bouwen. Daarbij gold een overlapping van tenminste 50% met het Rijksleerplan als vereiste, waarbij de interpretatie van het eindexamenprogramma, zoals dat op het eindexamen is gerealiseerd en bestaande leerboeken als referentiekader werden gekozen."

Toch bespeuren Vermeulen, Volman en Terwel (1995) een ontwikkeling waarbij in het bestaande scheikundecurriculum meer toepassingen uit het dagelijks leven en de maatschappij in de schoolboeken werden geïntroduceerd. Dat geldt dan zowel voor de onderbouw³ als voor de bovenbouw. Hoewel deze ontwikkeling dus al van de jaren '70 en '80 dateert, is zij pas de laatste jaren sterk gestimuleerd door de nieuwe programma's voor de Basisvorming en de Tweede Fase. Schoolboeken die voor de invoering van die programma's verschenen en sterk op contexten zijn gericht, zoals *Exact Scheikunde* (Krauss-Poppema & Mast, 1984) voor de onderbouw, zijn nooit een commercieel succes geworden. Daarnaast is er voor een aantal onderwerpen lesmateriaal ontwikkeld dat gebruik maakt van contexten, zoals het door de SLO uitgebrachte *Grondig Bekeken* (Carelsen *et al*, 1995). Ook dit materiaal heeft geen plek van betekenis in het scheikundeonderwijs gekregen.

2.3. Conclusie

Bij de vakken natuurkunde en scheikunde zijn contexten gedurende de laatste twee decennia steeds meer onderdeel van de lessen voor de Basisvorming en de Tweede Fase geworden. Er wordt meer verwezen naar voorbeelden uit het

dagelijks leven en de maatschappij. In het basisvormingsvak 'natuur- en scheikunde' zijn de kerndoelen zelfs ondergebracht in domeinen uit de leefwereld van leerlingen.

Echter, contexten zijn niet bepalend geworden voor de leerinhouden. Methoden als PLON die het vak via contexten wilden introduceren, hebben wel invloed gehad, maar zijn nooit op grote schaal geïntroduceerd.

Er is wat dit betreft een verschil met het realistisch reken- en wiskundeonderwijs waar het traditionele onderwijs grotendeels is verdrongen. Hier is de beoogde innovatie dus veel succesvoller geweest. Vermeulen, Volman en Terwel (1995) geven op basis van interviews met deskundigen een aantal verklaringen voor dit opmerkelijke verschil tussen het reken- en wiskundeonderwijs enerzijds en het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken anderzijds (p.159 e.v.), waaruit wij er een zestal destilleren:

1. Binnen het wiskundeonderwijs was er meer sprake van een eenduidige visie van alle betrokkenen;
2. Wiskunde zou als 'vak voor iedereen' meer aandacht van de overheid hebben gehad, wat zich zou hebben vertaald in meer faciliteiten;
3. Bij wiskunde is er sprake van een continu ontwikkelingsonderzoektraject;
4. De aard van de wiskunde is anders dan van de natuurwetenschappelijke vakken. De relatie tussen de vakstructuur en de leefwereld van de leerlingen is bij de natuurwetenschappen complexer;
5. Bij wiskunde is de betrokkenheid van het veld groot geweest en er is op vele fronten (lesmateriaal, examenprogramma's, nascholing) aan de vernieuwing gewerkt;
6. Docenten en vakverenigingen zouden in de natuurwetenschappelijke vakken een remmende rol hebben gespeeld.

Voor een groot deel hebben bovengenoemde punten betrekking op implementatiecondities. Blijkbaar waren de omstandigheden voor een succesvolle invoering voor wiskunde gunstiger dan voor de natuurwetenschappelijke vakken.

Met betrekking tot het derde punt wijzen Vermeulen, Volman en Terwel er op dat er simultaan met de ontwikkeling van het realistisch wiskunde- en rekenonderwijs ook een didactische theorie is ontwikkeld. Belangrijk is hier vooral de samenhang tussen didactische theorievorming en onderwijsontwikkeling geweest: de theorie kwam niet 'van buiten' maar is gevormd in de context van het ontwikkelen van realistisch reken- en wiskundeonderwijs, en werd daarmee een duidelijke leidraad bij het ontwerpen van het onderwijsmateriaal. Zij stellen dat dit bij natuurkunde veel minder en bij scheikunde niet het geval is geweest.⁴

In dit artikel willen wij met name ingaan op de vierde verklaring, die stelt dat de relatie tussen leefwereld en vakstructuur bij de natuurwetenschappelijke vakken zo complex is dat daardoor het gebruik van contexten bemoeilijkt wordt. Wij zijn het overigens niet eens met de stelling dat dit voor de natuurwetenschappelijke vakken complexer is dan voor wiskunde. Wel is het waarschijnlijk dat deze relatie anders is.

Hierboven zijn al een aantal opbrengsten en problemen met betrekking tot het gebruik van contexten geconstateerd. In de volgende paragraaf gaan we nu eerst na in hoeverre dit ook bevestigd wordt door onderzoek en of daar aanwijzingen voor mogelijke oorzaken zijn te vinden.

3. Opbrengsten en problemen bij het gebruik van contexten

Er worden ten aanzien van het gebruik van contexten in de onderwijspraktijk allerlei voor- en nadelen genoemd. Eijkelhof en Van der Veen (1989, p.12) hebben zes beoogde voordelen op een rijtje gezet:

1. Via contexten is nieuwe kennis gemakkelijker te verwerven,
2. Door contexten raakt kennis beter verankerd in het geheugen,
3. Contexten bieden de mogelijkheid rekening te houden met leerlingdenkbeelden,
4. Contexten motiveren leerlingen tot leren,
5. Door contexten leren leerlingen hun kennis daadwerkelijk te gebruiken,
6. Contexten kunnen gebruikt worden om de examenstof in te perken.

Deze auteurs noemen ook een zestal nadelen van het gebruik van contexten:

1. Contexten overwoekeren de natuurkunde,
2. Contexten kosten veel tijd,
3. Door contexten verwateren de grenzen tussen de vakken,
4. Contexten vragen te veel van de docent,
5. Bij contexten domineert taal,
6. Contexten zijn niet te toetsen.

De hier genoemde nadelen komen deels uit de rapportages door leraren. Hun opmerkingen zijn weliswaar waardevol, maar de oordelen van leraren zijn moeilijk te wegen omdat het vaak persoonlijke indrukken zijn en ook omdat bij de oordelen van leraren vaak niet geëxpliciteerde omgevingsfactoren een cruciale rol spelen.

In het boek van Eijkelhof en Van der Veen wordt geen onderzoeksmateriaal aangedragen die de genoemde voordelen en nadelen nader onderbouwen. Het gaat kennelijk om een verwachting, mogelijk gevoed door ervaringen uit de onderwijspraktijk, dat contexten motiverend zijn voor leerlingen en leerlingen het nut van de geleerde natuurkunde- of scheikundekennis duidelijk maken. Ook uit de toelichting bij de examenprogramma's NaBiSk spreekt een dergelijk optimisme (zie paragraaf 1). Het is echter de vraag of dit optimisme door didactisch onderzoek wordt gerechtvaardigd. Hieronder proberen wij daarom een overzicht te geven van de resultaten van onderzoek naar leeropbrengsten bij het gebruik van contexten.

3.1. Leereffecten bij het gebruik van contexten

De verwachting was dat met het PLON-curriculum leerlingen het vak natuurkunde interessanter zouden vinden en dat daar een positief effect op het leerresultaat van uit zou gaan. Uit een vergelijkend onderzoek van Wierstra (1990) komt inderdaad naar voren dat PLON-leerlingen hun natuurkundelessen als meer leefwereld- en participatiegericht ervoeren, maar ook dat er geen verschil in natuurkundekennis tussen de PLON-leerlingen en een controlegroep kon worden gevonden. Het betrof hier zowel de conventionele fysische kennis als de leefwereldgerelateerde kennis.

Van Genderen (1989) constateerde dat met de PLON-aanpak binnen het thema *Verkeer en Veiligheid* problemen met begrippen uit de mechanica bleven bestaan.

Ook Eijkelhof (1990) rapporteert over zijn ervaringen met het PLON-thema 'Ioniserende straling' dat leerlingen allerlei begripsproblemen hadden en dat het PLON-thema onvoldoende bijdroeg aan de ontwikkeling van leerlingenconcepties.

Van der Valk (1992) heeft met realiteitsgericht natuurkundeonderwijs het energiebegrip onderwezen. Hij constateert dat realistische contexten twee complicaties veroorzaken (p.186): in de eerste plaats blijken realistische situaties fysisch vaak veel te complex en in de tweede plaats blijken allerlei leefwerelddenkenbeelden van leerlingen opgeroepen te worden. En juist in die complexe situaties noemt Van der Valk "de kans op een blokkerende uitwerking (van die leefwerelddenkenbeelden, *gkj*) groot". Iets dergelijks wordt ook in buitenlandse literatuur gerapporteerd. Zo geeft Palmer (1997) aan dat leerlingen in contextrijke mechanica-opgaven soms op het verkeerde been worden gezet. Leerlingen gebruiken in hun redeneringen soms contextuele factoren die vanuit fysisch oogpunt niet relevant zijn.

Dekker (1993) heeft de wendbaarheid onderzocht van handelingsstructuren van 4 vwo-leerlingen binnen het domein mechanica, die zijn onderwezen met een lespakket *Bewegingen*. In dit lespakket worden contexten gebruikt om begrippen uit de mechanica (kinematica en dynamica) te introduceren. Dekker constateert dat ook bij zijn aanpak allerlei begripsproblemen optraden. In die zin wijst zijn onderzoek in dezelfde richting als dat van Van Genderen. Dekker citeert een leraar die stelt dat het gebruik van praktijkcontexten in eerste instantie remmend werkt op de begripsontwikkeling, maar dat dit later wordt gecompenseerd door zelfstandig maken van vragen.

Bij het scheikundeonderwijs is er in Nederland niet gerapporteerd over onderzoek naar leerprocessen bij het gebruik van contexten. Van Aalsvoort (2000) geeft het maken van producten (zoals appelmoes, drinkwater en geneesmiddelen) een centrale plaats in het beginonderwijs scheikunde. Ondanks dat met het gebruik van deze aanpak praktijkervaringen zijn opgedaan, rapporteert zij nauwelijks over de effecten ervan.

Ook in buitenlands onderzoek lijkt een zelfde beeld naar voren te komen. We volstaan hier met één voorbeeld. Barker en Millar (1999, 2000) onderzochten de leereffecten op het gebied van chemische reacties, thermodynamica en chemische binding op A-level leerlingen bij het gebruik van *Salter's Advanced Chemistry*. Zij constateerden wel progressie bij de leerlingen, maar het bleek ook dat allerlei "misunderstandings" bleven bestaan. Een manco van dit – en veel ander – onderzoek is overigens dat niet valt op te maken in hoeverre het leerproces beïnvloed wordt door het gebruik van de gekozen contexten.

3.2. De implementatie van contexten

Hierboven is er reeds op gewezen dat contexten in de programma's voor het vak natuur- en scheikunde in de Basisvorming en voor de vakken natuurkunde en scheikunde voor de Tweede Fase een aan de vakinhoud ondergeschikte rol spelen. In de toelichting bij de examenprogramma's voor de natuurwetenschappelijke vakken in de Tweede Fase (Stuurgroep profiel tweede fase, 1995 p. 13) wordt geconstateerd:

"Bij de ordening van de examenprogramma's in domeinen en subdomeinen is uitgegaan van de eindtermen in vakdomeinen. Een vakdomein is een samenhangend geheel van regels en begrippen."

Contexten dienen vooral ter illustratie van vakbegrippen en vormen geen 'leidend principe', hetgeen wil zeggen dat de volgorde van onderwerpen wordt bepaald door de vakstructuur en niet door contexten. Dit is ook door De Vos (1989) geconstateerd. Hij laat voor een specifiek geval uit zijn eigen onder-

wijspraktijk zien dat de context (rode wijn) ondergeschikt blijkt te zijn aan de introductie van een vakconcept (destillatie als scheidingsmethode).

In bredere zin werd dit ook door Van Aalsvoort (2000) geconstateerd. Zij stelde vast dat de marktleiders in het scheikundeonderwijs *Chemie* en *Chemie Overal*, sinds de invoering van de Basisvorming in hun boeken voor de derde klas wel meer contexten⁶ gebruikten, maar dat dit nauwelijks consequenties heeft gehad voor de structuur van de lesstof. De contexten blijken vooral een illustratieve functie te hebben.

Joling en Goedhart (1998) lieten zien dat dat ook geldt voor een examenopgave. Zij bespreken een havo-examenopgave uit 1998 waarin ogenschijnlijk sprake is van een toepassing van chemie in de leefwereld. In de opgave lijkt een context opgeroepen te worden over het wassen van spijkerbroeken, maar uiteindelijk gaat het alleen om chemische vakkennis: de vragen in de opgave gaan over scheiding, redoxreacties en waterstofbruggen. Dat de opgeroepen context voor de examenmakers onbekend is, blijkt uit de onjuiste beschrijving van de manier waarop spijkerbroeken geveerd worden. Deze opgave uit het CSE illustreert dat contexten wel gebruikt worden, maar dat de prioriteit toch bij de vakinhoud ligt.

Een ander voorbeeld betreft een opgave uit het havo-examen van 1993 (eerste tijdvak) over een vergelijking tussen twee verschillende reinigingsmiddelen in een chemisch reinigingsbedrijf (Goedhart, 1993). De bedoeling van de opgave was blijkens het antwoordmodel dat leerlingen getabelleerde MAC-waarden zouden gebruiken. Echter, allerlei relevante contextkenmerken werden niet vermeld en hoefden de leerlingen blijkbaar niet in hun redenering te betrekken. Goedhart laat zien dat met de gegeven MAC-waarden er geen enkele uitspraak is te doen over de veiligheid van de genoemde stoffen.

Hooymayers, Lijnse en De Vos (1989) geven het probleem bij de invoering van de basisvorming voor het vak natuur- en scheikunde aan. Nadat zij hebben gepleit voor het gebruik van "praktijkcontexten" in het programma, pleiten ze voor een iteratief proces ('heen-en-weer-denken' tussen contexten en vakbegrippen). Als begin van een dergelijk proces stellen zij zich het volgende voor (p.56):

"We beginnen dan met het vaststellen van begrippen, regels en ervaringen die we, in eerste instantie, tot de fysisch/chemische basiskennis zouden willen rekenen. (...) Vervolgens zouden we een aantal werkelijkheidsgebieden moeten selecteren en ons afvragen of we daarbinnen, op grond van de voorlopig geselecteerde basiskennis, kunnen komen tot zinvolle contextgebieden."

Het is duidelijk dat in deze werkwijze de contexten (door de auteurs hier "werkelijkheidsgebieden" genoemd⁷) ondergeschikt zijn aan de vakinhoud. De auteurs vragen zich af of men uitgaande van contexten wel bij de geselecteerde vakkennis uit kan komen. Zij pleiten daarom voor onderzoek om na te gaan wat in dit opzicht haalbaar is.

Boersma en Schouw (1985) stellen dat de inhoud van contextgebonden onderwijs voor leerlingen alleen relevant kan zijn als leerlingen zelf mede de grenzen van het aan een context ontleende werkelijkheidsdomein bepalen. De consequentie hiervan is dat bepaalde vakconcepten niet of in mindere mate aan bod zullen komen in vergelijking met wat nu gebruikelijk is. Als we het gebruik van contexten werkelijk belangrijk vinden, zullen we dit moeten accepteren.

Ook bij buitenlandse schoolboeken kost het grote moeite om zich te ontdoen van de dominantie van de vakstructuur. Zo analyseerde Van Berkel (2000) het boekje *Metals* van de Engelse STS-methode *Salters' Science Curriculum*. Hij kwam tot de conclusie dat zowel de ontwikkelaars van het boekje als de docenten die het gebruikten allerlei concessies deden. Daardoor werden met de methode minder STS-doelstellingen nagestreefd dan aanvankelijk de bedoeling was. Zijn bevindingen zijn in lijn met wat hierboven voor het Nederlandse onderwijs is geconstateerd: bij het ontwerpen en gebruiken van een methode die gebruik maakt van contexten worden concessies gedaan in de richting van het traditionele, op de vakstructuur gebaseerde curriculum.

3.3. Conclusie

Samenvattend kunnen we stellen dat het gebruik van contexten in het onderwijs in de natuurwetenschappen op een aantal punten tekort is geschoten.

In de eerste plaats lijkt het erop dat contexten niet in staat zijn de begripsproblemen van leerlingen te verminderen. Hier kan echter wel het voorbehoud worden gemaakt dat een vergelijking tussen contextrijke methoden en traditionele niet zinvol is, omdat andere uitgangspunten tot een ander type resultaten leidt. Gravemeijer (1994) betoogt iets dergelijks voor het wiskunde-onderwijs: de leerresultaten van het realistische reken- en wiskundeonderwijs zijn volgens hem niet zo zeer beter of slechter, maar anders. Wat wel zou kunnen worden onderzocht in hoeverre begripsproblemen door een contextrijke aanpak van karakter veranderen. Dergelijk onderzoek heeft tot nog toe nog slechts beperkt plaats gevonden.

In de tweede plaats blijkt bij de vakken natuurkunde en scheikunde de contextbenadering niet tot een curriculum te hebben geleid waarin de contexten dominant zijn in plaats van de vakinhoud. Het blijkt dus niet eenvoudig om op basis van contexten een wezenlijk ander curriculum te realiseren, ondanks dat de noodzaak daarvan wordt ingezien.

In het volgende zullen we een aantal van de bovenstaande problemen onder de loep nemen en proberen we een aantal oorzaken te noemen voor het betrekkelijk geringe succes van het gebruik van contexten bij de natuurwetenschappelijke vakken.

4. Een nadere analyse van contexten in relatie tot wetenschap

Het lijkt ons zinvol om als eerste stap het onderscheid dat ongetwijfeld bestaat tussen de leefwereld waaraan we de contexten ontleen en de wetenschap waar we de leerlingen naartoe willen leiden, aan een nadere analyse te onderwerpen. Deze analyse zal zich richten op twee aspecten. Ten eerste vragen we ons af of er een verschil is in de aard van leefwereldkennis en wetenschappelijke kennis. Ten tweede buigen we ons over de vraag of er een verschil is tussen de leefwereldtaal en de taal die in de wetenschap gebruikt wordt.

4.1. Een epistemologisch verschil

Van Brakel en Van den Brink (1988) geven het volgende overzicht om een onderscheid tussen wetenschappelijke kennis en voorwetenschappelijke- of ervaringskennis duidelijk te maken:

	WETENSCHAP	ERVARINGSKENNIS
Doel	verklaren	praktisch nut
Werkwijze	systematisch	niet systematisch
Uitspraken	precies, toetsbaar, ruim toepasbaar	vaag, onvolledig, beperkt toepasbaar
Het geheel van de uitspraken	allerlei onderlinge verbanden	inconsistenties

Een dergelijk onderscheid suggereert dat de aard van wetenschappelijke uitspraken fundamenteel verschilt van leefwerelduitspraken⁸ voor wat betreft het doel van die kennis, de wijze waarop die kennis tot stand komt, de status van de uitspraken en de wijze waarop er samenhang is tussen uitspraken. We kunnen dit als volgt nader illustreren. In de leefwereld gaat het om een aanwijzend benoemen van natuurverschijnselen ('de zon gaat onder', 'het waait', 'het water kookt'). Deze benoemingen worden als niet-problematisch gezien: men weet wat er bedoeld wordt als iemand zegt 'de zon gaat onder', en anders kan je het verschijnsel aanwijzen. De natuurwetenschapper is echter gericht op verklaring, voorspelling en beheersing van verschijnselen en probeert overeenkomsten en verschillen tussen verschijnselen aan te geven, verschijnselen te classificeren, te reduceren en te modelleren. Natuurwetenschappelijke uitspraken zijn dan ook minder gebonden aan de situatie die op een bepaald moment bestaat dan leefwerelduitspraken (vergelijk de uitspraken 'het water kookt' en 'water heeft een kookpunt van 100°C'). De natuurwetenschapper moet natuurverschijnselen dus wel problematiseren. Dit betekent dat de gerichtheid van natuurwetenschappers anders is dan van niet-wetenschappers.

Hoewel auteurs als Latour (1987 en Latour & Woolgar, 1979) laten zien dat de dagelijkse praktijk van de wetenschapsbeoefening minder ideaal verloopt, is het een beeld dat veel wetenschappers van hun wetenschap hebben en in hun tijdschriften en leerboeken naar buiten brengen.

Heeft zo'n (verondersteld) verschil in de aard van de leefwereldkennis en de natuurwetenschappelijke kennis van natuurlijke verschijnselen consequenties voor het onderwijs? Als we onderwijs zien als voorbereiding op wetenschapsbeoefening, en dat kan zeker gelden voor het vwo, uiteraard wel. Kuhn (1970) gaf al aan dat leerboeken erop gericht zijn om de heersende wetenschappelijke taal door te geven, en de student zo snel mogelijk vertrouwd moet maken met wat de wetenschappelijke gemeenschap denkt. Daarbij noemt hij de boeken echter misleidend, omdat ze geen aandacht schenken aan de totstandkoming van de kennis, die in het algemeen als een succesverhaal wordt beschreven.

Tegenover elkaar staan dus (een beeld van) de wetenschap waar de leerlingen in ingeleid moeten worden, en een leefwereld waar ze uitgeleid moeten worden. De kloof die daar tussen gaapt heeft wel degelijk implicaties voor de onderwijspraktijk, waarvan we er twee willen noemen:

1. Leerlingen geven vaak een ander type verklaringen dan natuurwetenschappers (Vogelezang en Van Sprang, 1987). In de wetenschap zijn verklaringen vaak van deductief-nomologische aard⁹ hetgeen betekent dat ze gebaseerd zijn op wetten met een universeel karakter. Aangezien leerlingen vaak

putten uit hun leefwereldkennis die situationeel is in plaats van universeel, zullen leerlingen een dergelijke deductief-nomologische verklaring niet snel geven. Ogborn, Kress, Martins en McGillicuddy (1996, p. 2) wijzen er op dat natuurverschijnselen waarvoor in de wetenschap verklaringen worden gegeven voor leerlingen vanzelfsprekendheden zijn die geen verklaring behoeven:

“(...) science teachers have to explain things that do not seem to need explaining at all. How do we see things? Why are our bodies warm? Why does coal burn? (...) Such things seem to common sense to be so obvious that there is no need to explain them”¹⁰.

2. In veel gevallen gebruikt de natuurwetenschapper geïdealiseerde of gereduceerde situaties waarover hij uitspraken kan doen. Deze situaties doen zich in de leefwereld niet voor. Een voorbeeld hiervan is de traagheidswet. De traagheidswet (een lichaam waarop geen kracht worden uitgeoefend voert een eenparige rechtlijnige beweging uit of blijft in rust) lijkt in strijd met de meeste ervaringen in de leefwereld, waar kracht de betekenis heeft van een menselijke invloed, en waar bewegende objecten juist tot stilstand komen als er geen kracht meer op wordt uitgeoefend. De wet laat zich experimenteel slechts benaderen in bijzondere situaties die in de leefwereld niet voorkomen (bijv. in vacuüm of op wrijvingloze oppervlakken).

Ook Redeker (1990) heeft gewezen op het fundamentele verschil tussen de “optiek van de leefwereld” en de “optiek van het mathematische ontwerp van de natuur” die hij kenmerkend acht voor de fysica. Hij stelt dat er een “Umlernen” nodig is om de overgang van het eerste naar het tweede te realiseren.

Ook vanuit constructivistische hoek is gewezen op het fundamentele verschil tussen leefwereldkennis en wetenschappelijke kennis. Wetenschap wordt in deze visie beschouwd als een specifieke constructie van de ‘werkelijkheid’:

“learning science involves coming to understand, and being able to use, the conceptual tools of the scientific community. In this process the learner is engaged in making sense of the scientific view (...)” (Leach & Scott, 2000, p. 43).

4.2. Een semantisch verschil

Een tweede probleem met contexten is, dat in de leefwereld woorden vaak een andere betekenis hebben dan in de vaktaal. Of anders gezegd: woorden duiden in deze verschillende situaties verschillende zaken aan, en daarmee is er dus sprake van verschillende begrippen die met het zelfde woord worden aangeduid. Voorbeelden zijn de termen ‘kracht’ en ‘energie’ uit de fysica en ‘zuivere stof’ en ‘zuur’ uit de chemie. We zullen deze voorbeelden een voor een de revue laten passeren.

In de leefwereld van de leerlingen is ‘kracht’ gerelateerd aan ‘beweging’ (Gunstone & Watts, 1985; Van Genderen, 1989; Dekkers, 1997). Dit betekent dat het in de leefwereld niet gebruikelijk is om te zeggen dat er krachten uitgeoefend worden op een voorwerp dat in rust is, zoals een boek dat op een tafel ligt en ook is het niet gebruikelijk om van een object dat een constante snelheid heeft te zeggen dat er geen (netto-)kracht op wordt uitgeoefend. In de leefwereld heeft ‘kracht’ dus een andere betekenis dan in de fysica, waar het gebruik van het woord ‘kracht’ geworteld is in de Newtonse mechanica.

'Energie' is in de leefwereld vooral verbonden met (veelal menselijke) activiteit, als iets bruikbaar of als voorwaarde voor de werking van apparaten en wordt vaak als een materiele substantie gezien (Solomon, 1992; Van der Valk, 1992; Duit & Häussler, 1994). In de fysica is 'energie' niet een eigenschap van objecten of personen, maar wordt gezien als een abstract concept functionerend binnen een mathematische structuur die men aan de natuur toekent (Lijnse, 1986). Energiebehoud is een van de axioma's in de fysica, terwijl het in de leefwereld heel wel mogelijk is om te spreken van energieverlies en energieverbruik.

Als het gaat om 'zuivere stoffen' dan duidt men hiermee in de chemie een zaak aan met bepaalde fysische en chemische eigenschappen¹¹. Een zuivere stof zou dan geen chemische verontreinigingen bevatten: het is dus in elk geval een 'gezuiverde stof'. In de leefwereld spreekt men gewoonlijk van 'zuivere stoffen' als materialen voor een bepaald doel aan zekere eisen voldoen. Zo wordt van 'zuiver water' gesproken als het water geschikt is als zwemwater of als drinkwater (zie Van Aalsvoort, 2000).

Een analyse van het woord 'zuur' ontleen we deels aan De Vos (1998). 'Zuur' heeft in de leefwereld betrekking op een bepaalde smaak (een augurk smaakt zuur). In de chemie is een zuur een stof die opgelost in water bij toevoeging van een indicator een bepaalde kleur aanneemt. Dit kan geïnterpreteerd worden als de aanwezigheid van waterstofionen in de oplossing en dat betekent dat een zuur het vermogen heeft deze ionen aan de oplossing af te staan. Deze interpretatie is onderdeel van de zuur-base-theorie van Arrhenius. Het begrip pH kan worden gebruikt om de concentratie van waterstofionen aan te duiden. Echter, in de schoolchemie is er nog een andere betekenis van 'zuur', namelijk degene die ontleend is aan de Brønsted-theorie. Daarin wordt een zuur beschouwd als deeltje dat een proton (H^+) kan overdragen aan een ander deeltje, een base. De Brønsted-theorie is te beschouwen als een uitbreiding van de zuur-base-theorie van Arrhenius, omdat deze ook reacties in niet-waterig milieu omvat. Kenmerkend in de Brønsted-theorie is dat een zuur altijd onderdeel is van een zuur-base reactie. In de Brønsted-theorie wordt de term pH betekenisloos, omdat pH uitsluitend betrekking heeft op waterige oplossingen.

Ook Roth (1995, p. 64) heeft gewezen op het verschil in betekenis van termen tussen de ervaringswereld (experiential region of physics) en de conceptuele wereld (conceptual region of physics):

"In the experiential region, we use everyday language to describe our observations. Here, speed and velocity are used interchangeably. On the other hand, if we move into the Newtonian conceptual region of physics, these terms can no longer be used interchangeably, but have distinct referents."¹²

Uit het bovenstaande blijkt dat de betekenis van woorden kan verschillen afhankelijk van de situatie waarin dit woord wordt gebruikt. Dit onderscheid beperkt zich niet uitsluitend tot de dichotomie leefwereld-wetenschap. Ook binnen een wetenschapsgebied (dus binnen de zogenoemde vakstructuur) kunnen woorden in betekenis verschillen (dit bleek uit de verschillende betekenissen van het woord 'zuur' in de Arrheniustheorie en in de Brønsted-theorie).

4.3. Conclusie

Hierboven hebben we twee problemen geconstateerd met betrekking tot de overgang van leefwereld naar wetenschap: een epistemologisch probleem en een semantisch probleem. Voor een deel hangen beide met elkaar samen. Het verschil in zingeving van woorden in leefwereld en wetenschap komt immers tot uiting in een verschil in woordbetekenissen. In de leefwereld worden woorden gebruikt om zaken aan te duiden zonder dat de betekenis van deze woorden precies is vastgelegd. In de wetenschap worden de woorden in een afgesproken betekenis gehanteerd, en vaak binnen een samenhangend kader (zoals een theorie).

Taalwetenschappers hanteren het begrip 'context' om tot een interpretatie van 'taaluitingen' te komen (Dik & Kooij, 1986, p. 35):

"Onder de kontekst van een taaluiting verstaan we de taaluitingen die eraan voorafgaan en erop volgen."

Dit gebruik van 'context' steekt misschien wat mager af tegen het tot nu toe besproken gebruik van het woord. Omdat taal een grote rol speelt in het onderwijs, vinden we deze toespitsing echter interessant genoeg om verder uit te werken. In het geval van 'zuur' kunnen we dus spreken van een interpretatie in de context van de Arrheniustheorie en in de context van de Brønsted-theorie. Dit betekent dat verschillen in woordgebruik of verschillen in woordbetekenissen gebruikt kunnen worden als demarcatiecriterium voor contexten.

Als woorden hun betekenis ontleenen aan de context waarin ze gebruikt worden, heeft dat een aantal consequenties voor het onderwijs. In de overgang van de taal van de leefwereld naar de wetenschappelijke taal veranderen woorden immers van betekenis en wordt er gaandeweg met het zelfde woord een ander begrip aangeduid. In elke nieuwe context kan het woord iets anders aanduiden. Wij menen dat hier een nog niet opgelost en wellicht onderschat probleem ligt. Verschillende onderzoekers hebben echter aandacht aan dit probleem besteed, en zijn – mogelijk in navolging van de taalwetenschappers – het woord 'context' gaan gebruiken om vervolgens verschillende contexten te gaan onderscheiden.

Leidende vraag in het vervolg van dit artikel is dan ook:

Hoe kunnen we 'contexten' op zo'n manier beschrijven dat het ons helpt om veranderingen in de betekenis van (vak)termen op te merken, zodat we er in onderwijs aandacht aan kunnen besteden?

5. 'Context' als bètadidactisch begrip

Tot nu hebben we nagelaten een precieze omschrijving van 'context' te geven. We hebben contexten min of meer gelijk gesteld aan situaties uit het dagelijks leven van leerlingen of maatschappelijke situaties.

Wij zullen nu kort schetsen hoe de term 'context' in de bètadidactische onderzoeksliteratuur is gebruikt, waarbij we ons richten op de hier boven gestelde vraag. Ook hier richten we ons vooral op de Nederlandse situatie. Het geschetste overzicht is niet uitputtend, en heeft als doel verschillen en overeenkomsten in het gebruik van 'context' aan te wijzen.

5.1. Het gebruik van het woord 'context'

Op grond van de ervaringen met het PLON-curriculum heeft Van Genderen nader onder woorden gebracht wat men vanuit het PLON onder 'context' verstaat (Van Genderen, 1989, p. 101):

"De contexten van een natuurkundige regel zijn de situaties waarop deze regel wordt betrokken."

Lijnse (1993) stelt dat het bij Van Genderen niet gaat om contexten op zich, maar het gaat om situaties die *context* worden van van een natuurkundige regel. De leraar dient dan situaties te kiezen, die zinvolle contexten van die fysische regels kunnen worden voor leerlingen. Lijnse maakt dus een nadrukkelijk onderscheid tussen situaties en contexten.

Het lijkt volgens Lijnse geen twijfel dat contexten horen bij natuurwetenschappen. Natuurwetenschappelijke kennis bestaat niet alleen uit begrippen, principes, regels en wetten en theorieën, maar ook uit de situaties waarop die begrippen etc. betrekking hebben. Daarom maken contexten deel uit van de natuurwetenschappen. Het gaat volgens Lijnse dan ook niet om de vraag of contexten nodig zijn om natuurkunde en scheikunde te onderwijzen (deze vraag komt zijns inziens voort uit een artefact van het gebruikelijke onderwijs waaruit contexten vaak zijn verdwenen), maar gaat het vooral om de vraag *welke* contexten dat kunnen zijn.

Met dit standpunt worden contexten dus niet alleen gezien als middel om leerlingen te motiveren en beter natuurkunde te leren, maar zij worden onderwijsdoel en dienen dan ook opgenomen te zijn in programma's. Een ander argument daarvoor wordt gevonden in het in de onderwijspraktijk vaak gesignaleerde gebrek aan transfer van kennis. Het streven naar het onderwijzen van algemeen toepasbare kennis lijkt hij niet goed mogelijk te vinden. Hij geeft nu de volgende consequentie aan van de contextenopvatting van Van Genderen (Lijnse, 1993, p. 24):

"... hij [Van Genderen, *gk*] accepteert een eventuele vermindering van veronderstelde (maar niet functionerende) 'generaliteit' ten gunste van toename van 'functionaliteit'"

Van Genderens betekenis van context paste binnen de door het PLON ingeslagen benadering van het natuurkunde-onderwijs. Zijn omschrijving houdt echter geen rekening met de verschillende betekenissen die woorden kunnen hebben in verschillende contexten.

Met deze uitwerking van het contextbegrip door Van Genderen en Lijnse is er een verschil met de contexten zoals die in het realistische reken- en wis-kunde-onderwijs worden gebruikt (Gravemeijer, 1994). Contexten worden daar gebruikt om reeds aanwezige (informele) kennis en inzichten aan te boren. Contexten worden zo gekozen dat ze voor leerlingen betekenisvol zijn d.w.z. dat leerlingen weten hoe ze in de desbetreffende context kunnen redeneren en handelen. Dit kunnen alledaagse situaties zijn, maar dat hoeft niet.⁵ Hier zijn context eerder middel dan doel.

Van Genderen nam afstand van een eerdere omschrijving van contexten die door de WEN (Werkgroep Examens Natuurkunde 1984, p. 59) werd gegeven als:

"(Ervarings)-context: een gestructureerd gedeelte van de werkelijkheid van de leerling (belevingswereld), waarin begrippen, verschijnselen en gebeurtenissen (door de leerling) op de een of andere wijze met elkaar in verband gebracht worden."

Met deze omschrijving van 'context' geeft men aan dat het doel van contexten is om aan te sluiten bij de beleving van leerlingen. De WEN maakte een on-

derscheid tussen schoolse, buitenschoolse en nieuwe contexten als mogelijkheden om die aansluiting te bewerkstelligen (Eijkelhof & Van der Veen, 1989).

Dekker, Herfs en Terwel (1985) komen tot verschillende omschrijvingen door een onderscheid tussen verschillende gezichtspunten te maken, namelijk dat van de leerling:

“contexten zijn verschijnselen die (...) uitnodigen tot beschrijven, ordenen en verklaren.”

en dat van de onderwijsontwikkelaar:

“contexten zijn omgevingen waarbinnen wiskundige objecten geplaatst worden of beter: waaraan men wiskundige begrippen kan ontwikkelen en demonstreren.”

De auteurs maken een onderscheid tussen contexten binnen de wiskunde en contexten buiten de wiskunde, en noemen bij dit laatste met name contexten ontleend uit het dagelijks leven.

Van den Brink (1990, p. 105-106) geeft voor het realistisch rekenonderwijs op de basisschool de volgende omschrijving van 'context':

“de context is een conglomeraat van rekenmodellen die in een rekensituatie bestaan als versierde noties van kinderen. Met 'conglomeraat' bedoelen we het chaotisch geheel van noties zoals dat in een klas tot uiting komt en waarbinnen de verbanden nog diffuus zijn. De versieringen zijn de middelen waarmee de leerlingen de rekenmodellen en de rekensituatie contextgebonden maken, bijvoorbeeld met reisverhalen over een busrit, situatietekeningen en dergelijke”

In rekenboeken kwam Van den Brink als contexten tegen: conflictsituaties, zingevende en zinontnemende contexten, voorstellingen van kinderen en rekentoneelvoorstellingen, beeldende contexten, rekencontext, rekenlessituatie, dynamische en statische contexten. Bij Van den Brink zijn contexten wel heel nadrukkelijk gekoppeld aan een specifieke opdracht binnen het rekenonderwijs. Het is onduidelijk of deze methode om contexten te onderscheiden iets zegt over betekenissen van woorden.

Goedhart (Goedhart, 1990; Goedhart & Verdonk, 1991) onderscheidt verschillende contexten binnen het wetenschapsgebied chemie. In een onderzoek naar het leren meten door eerstejaars chemiestudenten constateert hij dat binnen de chemie het meten verschillende functies heeft (bijv. theorieontwikkeling, systeemregeling, chemische analyse e.d.) en hij spreekt dan van verschillende meetcontexten. Voor het onderwijs op een universitair practicum concludeert hij dan dat de wijze waarop studenten hun metingen zouden moeten inrichten afhangt van de meetcontext. Over de betekenis van 'context' laat Goedhart zich verder niet uit.

Van Hoeve-Brouwer (1996) constateert verschillende contexten bij beschouwingen over het gebonden en het ongebonden atoom. Zij constateert dat bij het ontwerpen van onderwijs begrippen worden verwijderd uit de oorspronkelijke context, waaraan ze hun betekenis ontleenen (p. 74):

“Concepts outside their context keep their meaning among those who are familiar with this context. However, this is not the case in

education, when students are not acquainted with either the concepts or their context."

Het proces waarin begrippen van hun context worden 'losgeweekt' wordt door Van Hoeve-Brouwer aangeduid als "decontextualisering". Bij het ontwerpen van onderwijs pleit zij dan ook voor "recontextualisering", een proces waarbij een nieuwe context wordt opgebouwd om een begrip betekenis te geven. Hiermee geeft zij te kennen dat begrippen hun betekenis ontleen aan de context waarin ze worden gebruikt.

Van Keulen (1995) gebruikt een omschrijving van context waarin hij benadrukt dat de kennis van 'iets' ("words", "things", "entities") niet uitsluitend bepaald wordt door de betekenis van dat 'iets', maar ook door de context waarin het ervaren wordt (p. 42):

"(...) the meaning of a word depends on the other words in the sentence, the context. (...) Without a context, things are meaningless, like an unknown word without a sentence. A different context implies a different meaning. The meaning of knowledge thus does not come from the things in themselves, but from the context in which things are experienced."

Hij stelt dat deze opvatting afwijkt van een objectivistische visie waarin iets waar of onwaar is, onafhankelijk van de context. Als omschrijving van context komt Van Keulen tot het volgende (p. 42):

"A context is a whole of entities that give meaning to each other, in the widest sense."

Door te spreken over de context en betekenis van 'dingen' in plaats van woorden, termen of uitspraken, ontstaat een contextbegrip dat wellicht algemener, maar ook moeilijker hanteerbaar is.

Acampo (1997) neemt Van Keulens omschrijving over en maakt een onderscheid tussen verschillende contexten waarin elektrochemische begrippen functioneren, te weten een fenomenologische context, een corpusculaire context, een meetcontext en een thermodynamische context. Zij stelt dat in schoolboeken en door leraren geen duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen deze verschillende contexten (contextvermenging) en dat dit aanleiding geeft tot begripsproblemen bij leerlingen.

De Vos (1998) onderscheidt m.b.t. het gebruik van de term 'zuur' een groot aantal verschillende contexten. Hij geeft enkele voorbeelden van verwarrende uitspraken uit schoolboeken die voortkomen uit vermenging van contexten en geeft als oorzaak hiervan een historische ontwikkeling van het scheikunde-curriculum voor het voortgezet onderwijs, waaraan steeds nieuwe contexten zijn toegevoegd. Contexten zijn voor De Vos verbonden met "de betekenis en de functie van de verschillende begrippen".

Ook voor andere termen in schoolboeken kan vastgesteld worden dat ze in verschillende contexten worden gebruikt, zoals 'katalysator' (Joling & Goedhart, 1999). Ook hier speelt het woordgebruik een belangrijke rol en spreekt men van contextverschillen als geconstateerd wordt dat er betekenisverschillen zijn.

Van Aalsvoort (2000) heeft vanuit een cultureel-historisch perspectief een nieuwe opzet voor het beginonderwijs in de scheikunde gemaakt. In de door haar gekozen aanpak gaat het om activiteiten als het bereiden en controleren van producten met zekere kwaliteitscriteria. Leerlingen kunnen zich inleven in de rol van consument, producent e.d. Daarbij spelen sociale motieven van leerlingen een belangrijke rol. Identificatie van leerlingen met deze rollen en praktijken is van wezenlijk belang. Zij omschrijft context als (p. 260): "chemical and chemistry related roles and practices"

De aandacht is hierbij niet speciaal gericht op de betekenis van termen.

5.2. De betekenis van het woord 'context'

We komen dus een groot aantal verschillen tegen m.b.t. het gebruik van het woord context. Het is echter mogelijk om een betekenis van context te formuleren die bij het hierboven gegeven gebruik past:

Contexten zijn situaties die zich kenmerken door betekenisverschillen van woorden, vaak in een ruimer verband van situaties of een theorie. Deze situaties kunnen gezien worden vanuit het perspectief van de lerende of van de vakdeskundige.

Vanzelfsprekend verschillen didactici in de meer specifieke invulling van dit contextbegrip. Sommigen leggen het accent op leersituaties (zoals Van den Brink en Van Genderen), terwijl anderen het accent meer leggen op een perspectief vanuit het vak (Van Hoeve-Brouwer, Goedhart, en De Vos). Wat dit betreft lijkt er een verschil tussen wiskunde- en natuurkundendidactici aan de ene kant en chemiedidactici aan de andere kant.

Als we het verschil in perspectief tussen lerende en vakdeskundige als vertrekpunt nemen, dan zijn die beschrijvingen van context het meest interessant, die ons opmerkzaam maken op mogelijke misverstanden, zoals gedaan door Acampo, De Vos, en Joling & Goedhart. Zij lijken het vermengen van contexten af te raden. Willen we bij het opvolgen van dit advies voor elkaar controleerbaar zijn, dan is er een min of meer scherp criterium nodig, wanneer we twee uitspraken tot "verschillende" contexten moeten rekenen, dan wel tot "een zelfde" context. Als immers elk willekeurig verschil tussen twee uitspraken aanleiding kan zijn om twee contexten te onderscheiden, verliest het advies tegen contextvermenging zijn zin. In de volgende paragrafen wordt een voorstel tot aanscherping gedaan.

6. Een nieuw perspectief voor het contextbegrip

Als het beschrijven van contexten ons moet helpen bij het interpreteren van de betekenissen van een woord, dan is het nuttig om eerst te overwegen op welke manieren een nieuw woord voor de lezer of toehoorder betekenis kan krijgen.

Bij dubbelzinnig woordgebruik – als iemand 'ei' zegt, kunnen we ons afvragen of hij het water bedoelt dat Amsterdam Noord van het centrum scheidt, dan wel iets dat met Pasen veel gegeten wordt – gebruiken we twee soorten aanwijzingen om te bepalen wat er bedoeld wordt: we kijken naar de spreker om te zien of hij gebaren maakt in de richting van een eierdopje met inhoud, of we luisteren wat er verder gezegd wordt. Blijkbaar zijn er bij het interpreteren van de betekenis van een woord twee aspecten waarop we kunnen letten:

1. De omstandigheden, de *situatie*, waarin een spreker een woord toepasselijk vindt, in het bijzonder *de zaak* waarnaar deze met een woord verwijst (en die we in de situatie al dan niet kunnen opmerken).

2. De andere woorden die we aantreffen in een zinsverband met het woord waarvan we de betekenis willen bepalen, kortweg de *woordassociaties* van de spreker.

Beide aspecten worden in de *Van Dale* (Geerts & Heestermans, 1992, p. 572) genoemd als twee te onderscheiden betekenissen van het woord "context":

"1 redeverband, samenhang, ... 3 verband waarin zich iets voordoet", immers bij "redeverband" denken we aan woordassociaties en bij "zich voordoen" aan een situatie waarin zich iets voordoet. Opvallend is dat de eerder genoemde "kontekst" van Dik en Kooij op de woordassociaties steunt, terwijl het verband waarin zich iets voordoet op het begrip "context" van de didactici lijkt.

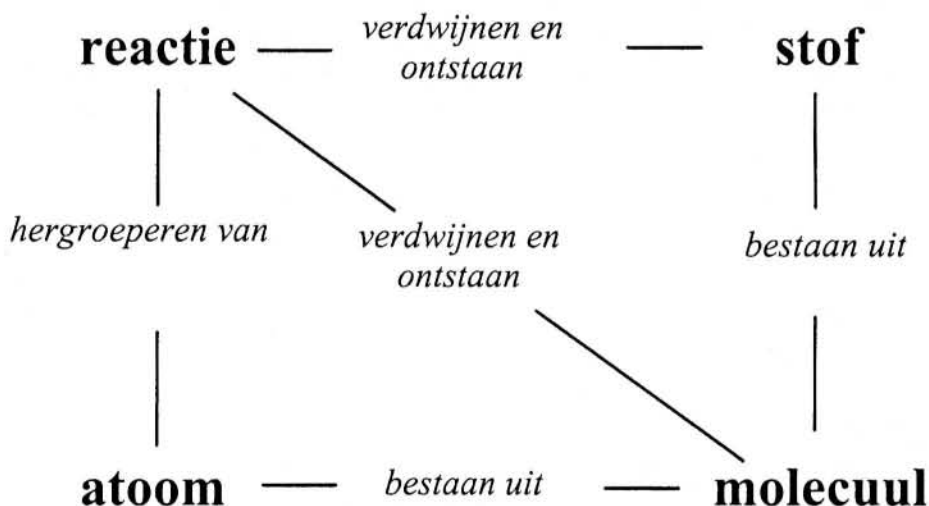
In deze paragraaf zullen we kijken hoe "context" betrokken op woordassociaties door een aantal auteurs gebruikt wordt ; in paragraaf 7 kijken we opnieuw naar het gebruik van "context" in relatie tot situaties.

6.1. Context als kloppende samenhang

Kaper en Ten Voorde (1991) hanteren expliciet een contextbegrip dat aansluit bij "redeverband, samenhang" als betekenis:

" 'context' heeft de betekenis van: de samenhang waarin een woord gebruikt wordt, voorzover die samenhang van belang is voor de betekenis van dat woord"

Als voorbeeld van een context geven zij in schematische vorm het volgende:



Zij constateren dat in dit schema sprake is van een kloppende samenhang van woorden; reden om van een context te spreken.

Begripsontwikkeling wordt door Kaper en Ten Voorde opgevat als het ontstaan van contexten. Dit gezichtspunt wordt door de auteurs vervolgens gebruikt om in onderwijssituaties contextwisselingen te karakteriseren als:

- *probleemstellend*: leerlingen ervaren dat een bekende context in een nieuwe situatie niet voldoet

- *expliciet*: leerlingen worden er expliciet op gewezen dat sprake is van een contextwisseling, en
- *sluipend*: een contextwisseling wordt ongemerkt geïntroduceerd.

De door Kaper en Ten Voorde gegeven omschrijving van 'context' levert ook een demarcatie criterium voor contexten: als vastgesteld kan worden dat een woord in verschillende samenhangen wordt gebruikt, en die samenhangen vormen ieder een kloppend geheel, dan is er sprake van verschillende contexten. Zij geven als voorbeeld de onderstaande opeenvolging van schoolboekuitspraken in *Chemie 4-mavo*:

"Alle stoffen bestaan uit (...) moleculen"

en

"Een zuivere stof bestaat uit één soort moleculen, een mengsel bestaat uit verschillende soorten moleculen"

tegenover

"Zouten zijn stoffen die opgebouwd zijn uit positieve en negatieve ionen"

Kaper en Ten Voorde spreken in dit geval van verschillende contexten omdat de betekenis van het woord 'stoffen' is gewijzigd en het telkens in een andere samenhang wordt gebruikt: in de eerste twee uitspraken worden stoffen opgebouwd gezien uit één soort moleculen; in de derde uitspraak wordt gemeld dat er stoffen zijn die niet opgebouwd zijn uit moleculen, maar uit ionen. Er worden twee verschillende soorten ionen genoemd. Als een soort ion beschouwd zou worden als een soort molecuul, dan kan afgeleid worden dat zouten geen zuivere stoffen zijn, maar mengsels. Er is hier dus sprake van conflicterende uitspraken. Deze conflicterende uitspraken leveren ons aanwijzingen op om beide contexten min of meer scherp te kunnen onderscheiden.

6.2. Volgorde van contexten

Joling (1993) heeft dit contextbegrip uitgebreid en verfijnd. Doel daarbij was om niet alleen contexten te onderscheiden, maar ook om criteria te vinden voor een ordening van contexten. Die ordening zou behulpzaam zijn bij het vinden van een volgorde waarin contexten in het onderwijs gevormd kunnen worden. In navolging van De Miranda (1962) beschouwt hij onderwijssituaties en communicatie tussen wetenschappers (tijdens conferenties of via vakliteratuur) als een zakelijk gesprek. In zo'n zakelijk gesprek staat een 'zaak' (datgene waarover gesproken wordt) centraal. Om te bepalen welke zaak met een woord (of een zinsdeel) wordt aangeduid, kijkt Joling eerst, evenals Kaper en Ten Voorde, naar de betekenis die dat woord ontleent aan de samenhang met andere woorden¹³.

Hij analyseerde een gesprek tussen de natuurkundige Ernest Rutherford en de scheikundige Henry Edward Armstrong (Reports of the British Association for the Advancement of Science, 1914), waarin het begrip 'atoom' centraal stond. Tegenover elkaar stonden twee contexten in de zin van Kaper en Ten Voorde. Door woordcombinaties aan te wijzen, liet Joling zien dat in de context van Rutherford 'atoom' verbonden was met 'telbaar' en 'weegbaar', met een zekere 'structuur', en met 'interactie met alfa- en bètadeeltjes en röntgenstraling'. In de context van Armstrong was 'atoom' verbonden met 'element' en 'ordening van reactiemogelijkheden' en 'gewichtsverhoudingen'. Kennelijk duidde het woord 'atoom' in beide contexten een andere zaak aan.

De volgende stap was dat Joling opmerkte dat 'atoom' niet alleen met andere woorden gecombineerd werd, maar ook een andere *functie* had. Bij Rutherford benoemde 'atoom' een zaak die object van onderzoek kan zijn, terwijl het voor Armstrong een woord was waarmee over een andere zaak, namelijk de regelmatigheden in de reactiemogelijkheden van stoffen, gesproken kan worden. In navolging van Van Hiele (1986) keek Joling naar het niveau in de argumentatie, en noemde hij het atoom van Armstrong een begrip op theoretisch niveau, terwijl dat van Rutherford een begrip op beschrijvend niveau was¹⁴. Armstrong kon met zijn atoom wel de gewichtsverhoudingen bij chemische reacties beargumenteren, maar niet of er in het periodiek systeem tussen waterstof ($M=1$) en helium ($M=4$) nog andere elementen gevoegd kunnen worden. Rutherford kende een theoretisch niveau, gebaseerd op het onderzoek van röntgenspectra door Moseley en de formule $\Delta g = K(N-B)$, waarmee hij daar wel uitspraken over kon doen: er bestaan geen elementen tussen waterstof en helium, want voor waterstof geldt $N=1$ en voor helium geldt $N=2$, en er liggen geen waarden van N tussen 1 en 2. De beide contexten waarin 'atoom' functioneert zijn dus niet alleen te onderscheiden op grond van het woordgebruik, maar ook naar het niveau in de argumentatie. Dat wil dus zeggen dat twee contexten met een overeenkomstig niveau in de argumentatie niet gelijk aan elkaar hoeven te zijn: de zaak waarover gesproken wordt (zoals telbare atomen tegenover gewichtsverhoudingen bij chemische reacties) kan wel degelijk verschillen.

Letten we op het woordgebruik waarbij de woorden hun betekenis aan associaties met andere woorden ontleen, dan kunnen we met Joling (1993 p. 65) concluderen:

"Een context wordt dus gekenmerkt door

- een gemeenschappelijke zaak waarover wordt gesproken met woorden die in de groep op een min of meer gemeenschappelijke wijze geïnterpreteerd worden, en
- de kwaliteit van de argumentatie waarmee over de zaak wordt gesproken, die kwaliteit duid ik aan overeenkomstig het Van Hiele-niveauschema."

Het Van Hiele-niveauschema geeft nu een ordening van opeenvolgende contexten. Voortgang van een gesprek is mogelijk door een context uit te breiden, of naar een context van een hoger niveau te springen. Joling liet echter zien (p. 191) dat het gesprek in een groep studenten niet alleen langs die twee wegen verliep, maar ook een derde route koos. Twee contexten van beschrijvend niveau konden als het ware gecombineerd worden tot een nieuwe context van hetzelfde niveau.

7. Taal en situatie

Zowel Kaper en Ten Voorde (1991) als Joling (1993) gebruiken het woord context niet om een deel van de leefwereld aan te duiden, zoals dat wel gebruikelijk is. Hebben hun voorstellen voor een contextbegrip dan geen betekenis voor de leefwereldgerichtheid van het onderwijs in de natuurwetenschappelijke vakken? Wellicht ontbreekt er nog een aspect. We zullen nu eerst ingaan op de tweede manier om de betekenis van een woord te bepalen, namelijk door te letten op de relatie tussen een uitspraak en de situatie waarin deze werd gedaan.

7.1. Verstaan in een context

Ten Voorde (1990) schetst twee ervaringen waar hij als scheikundig opgeleide, maar vooral als vader en echtgenoot in betrokken was, met de bedoeling om daaruit conclusies te trekken over "contexten". Het eerste verhaal gaat over een situatie waar zijn dochter een ei wil koken (p. 155):

"(...) ze riep naar boven 'Papa, hoe weet ik nu of de eieren goed gekookt zijn?' Ik antwoordde: 'Wacht net zo lang tot het water kookt en laat de eieren dan nog vier minuten koken'. Haar reactie was: 'Wanneer kookt het water dan?' Hierop zei ik: 'Totdat het gaat borrelen en het blijft borrelen'.

Dit antwoord bleek voldoende; we kregen een heerlijk ei."

De scheikundig opgeleide vader accepteert hier zonder problemen de gestelde vraag "eieren... goed gekookt zijn?" hoewel voorwerpen (eieren) in de scheikunde niet gekookt kunnen worden en hoewel "ei" (als materiaalnaam opgevat) niet kookt in natuurwetenschappelijk zin, bij de omstandigheden waarover het meisje spreekt. Hij accepteert dus een gebruik van "koken" dat in de aangegeven "keukenhandelingen-context" juist is, hoewel het in een chemische context niet juist is.

Als we ons afvragen wat hier nu met "eieren koken" wordt bedoeld, dan valt op dat – hoewel we allen weten wat er bedoeld wordt – er toch diverse definities mogelijk zijn, die niet op hetzelfde neerkomen, zoals:

- eieren op een temperatuur van 100°C houden
- eieren ondergedompeld houden in kokend water.

Bovendien valt op dat we kennelijk deze uitdrukking kunnen verstaan zonder dat met ons ooit een definitie werd afgesproken. Blijkbaar heeft deze uitdrukking ooit op andere wijze betekenis gekregen, bijvoorbeeld doordat iemand ons toonde hoe het moest ("Kijk, zo kook je een ei"). In de filosofie noemt men zoiets een "ostensieve definitie": een 'definitie' door aan te wijzen (zie bijvoorbeeld Wittgenstein, 1953, secties 33-35).

Bij zo'n 'definitie' is steeds onzeker welke aspecten van de aangewezen situatie bedoeld worden. Bijvoorbeeld als iemand zegt "kijk, zo kook je een ei" en dit wordt mij voorgedaan op een gasvlam, betekent dit dan dat de vlam een voorwaarde is om van koken te kunnen spreken? Alles kan van belang zijn! De betekenis van "ei koken" is dus situatiegebonden – bijvoorbeeld gebonden aan een gasfornuis, een bepaald soort pan (geen koekenpan, want die is om in te "bakken" niet om in te "koken"), enzovoorts.

We hebben gezien dat de omstandigheden ("keukenhandelingen" of chemisch werk) ons gebruik van een woord "koken" bepalen. Woordgebruik dat in de éne situatie juist is, is in de andere onjuist. Op het eerste gezicht laat zich een "keukenhandelingen" context onderscheiden van een chemische context. In een tweede verhaal vertelt Ten Voorde (1990, p. 156) over een andere huiselijke situatie, waar de chemisch opgeleide vader in conflict kwam met zijn huisgenoten.

"(...) Als ik me goed herinner zei mijn vrouw op een gegeven moment: 'Wat is dat branden van hout toch een mooi gezicht'. Dit was voor mij de aanleiding om na te gaan of de anderen mijn chemische beschrijving 'hout brandt niet, maar het gas, dat bij de ontleding van hout ontstaat', konden begrijpen of wilden accepteren als een mogelijke, betere beschrijving.

Zowel mijn vrouw als ik zijn de toen ontstane situatie tot op heden bijgebleven. Het lukte mij niet – welke poging tot verduidelijking ik ook ondernam (er blijft as over, je ziet houtskool, de vlam begint pas een stukje boven het hout,...) – de kloof die ons scheidde te overbruggen. Voor mijn huisgenoten bleef de uitdrukking ‘hout brandt’ de enig juiste, (bruikbare) verwoording. (...)”

Zoals in de keuken “een ei koken” correcte taal is, zo is bij het stoken van een vuur “hout brandt” correcte taal. In beide uitdrukkingen herkennen we een bekend object en een resultaat dat door doelgericht handelen met dit object bereikt kan worden. Bij het aanleggen van een haardvuur moeten we immers het hout op bepaalde wijze stapelen, en daarna moeten we dit hout aansteken totdat het naar tevredenheid brandt. Allerlei kennis, bijvoorbeeld over hoe het hout gestapeld kan worden, is hierbij relevant. In situaties uit het dagelijks leven functioneren dus die woorden die zaken aanduiden die voor ons handelen toegankelijk zijn. “Hout brandt” is een zinvolle uitdrukking, omdat het zowel de zaak noemt waarop ons handelen zich richt (het hout) als het gewenste resultaat (branden).

De gestelde vraag, of het hout brandt, dan wel een gas dat ontstaat door het ontleden van hout, is pas zinvol als het woord “branden” al een bepaalde afgesproken betekenis heeft gekregen. Als “branden” synoniem is met “reageren met zuurstof” dan is het zinvol te vragen of het hout (cellulose, lignine) direct met zuurstof reageert, of niet. Als daarentegen “branden” betekenis heeft gekregen door ostensieve definitie dan kan de aangesprokene niet anders dan de nieuwe situatie (dit haardvuur) visueel beoordelen tegen de achtergrond van eerdere situaties waarin “hout brandt” zinvol werd gevonden.

We hebben opnieuw twee verschillende betekenissen gevonden voor een woord, één uit de leefwereld en één uit de scheikunde. We kunnen het gespreksverloop begrijpen door te veronderstellen dat “hout brandt” voor de betrokken niet-scheikundigen een situatie-gebonden betekenis heeft, als resultaat van ostensieve definitie.

We zouden dus weer twee ‘contexten’ kunnen onderscheiden, één uit de leefwereld en één uit de scheikunde. Als we echter met ‘context’ een klasse van situaties willen aanduiden (keukensituaties, haardvuursituaties) dan moeten we eerst nog aangeven volgens welk criterium dan situaties zich in contexten laten indelen zó, dat de indeling verhelderend is voor het opsporen van misverstanden en betekenisverschillen. Het louter noemen van een thema (keuken, haardvuur) voldoet daartoe niet, want dezelfde situatie laat zich in talloze thema’s indelen. Is bijvoorbeeld de ‘keukencontext’ dezelfde of een andere context dan de ‘voedselbereiding’ context? In het éne geval hebben we gelet op de locatie (de keuken) in het andere geval op de activiteit (voedselbereiding). Voedsel kan echter ook op een camping bereid worden, of in een fabriek. Zijn dat dan twee andere contexten? In de keuken kan men ook afwassen. Is dat een andere context? Is ‘verkeer’ één context of zijn het er twee: snelverkeer en langzaam verkeer?

Als we misverstanden willen vermijden door het advies op te volgen verschillende contexten niet te “vermengen”, dan is het nodig dat we dergelijke vragen kunnen beantwoorden. We vermoeden dat de leefwereldtaal – juist door het ontbreken van afspraken en door de bijna oneindige veelheid van thema’s waarop je kunt letten – zich niet leent voor het intersubjectief afbakenen van een klein aantal contexten voor gebruik in didactische analyses. We zouden

het voorkomen van verschillende woordbetekenissen als criterium voor het afbakenen van contexten kunnen nemen. Maar dan helpt 'context' ons niet bij het opsporen van zulke verschillen aangezien we ze al moeten kennen om contexten te kunnen afbakenen. We hebben daarom een andere oplossing gekozen.

7.2. Relatienet en ervaringsdomein

Aangezien we de twee betekenissen van 'context' tot nu toe niet netjes hebben kunnen verenigen – en aangezien beide van belang zijn voor onderwijs – stellen we voor twee verschillende uitdrukkingen in te voeren voor beide betekenissen:

De 'kloppende samenhang van termen' die we in paragraaf 6 'context' noemden, noemen we vanaf nu een *relatienet*, aangezien daarin duidelijker doorklinkt dat het hier gaat om termen die als knooppunten in een netwerk functioneren. We zagen in paragraaf 6 dat zulke netwerken zich min of meer scherp laten onderscheiden volgens diverse criteria.

De klasse van situaties die als ervaringsbasis voor een relatienet functioneert en waarin dat relatienet ook kan worden toegepast noemen we het *ervaringsdomein* van dat relatienet.

Zolang zich voor de lerenden nog geen afgesproken relatienet gevormd heeft, bestaat er voor hen geen netjes afgepaald ervaringsdomein. Dit bestaat wel voor de leraar. Hij kan ("aandachtselectie") proberen om door aanwijzen ruwweg aan te duiden welke soort ervaringen hij aan de orde wil stellen. Echter, pas als er uitgesproken criteria ontstaan voor het gebruik van een woord in de groep, mag hij verwachten dat de afbakening van bedoelde situaties (welke ervaringen benoemen we met 'chemische reactie' en welke niet?) intersubjectief en consistent wordt. In dat geval hebben we zowel het begin van een relatienet, als een intersubjectief afgegrensd ervaringsdomein, waar men zich bij verdere studie op kan richten.

Ons voorstel gaat er van uit dat we zoeken naar misverstanden tussen leefwereldtaal en taal die tot een afgesproken relatienet behoort. Misverstanden door verschillende betekenissen van een woord *binnen* de leefwereldtaal verwachten we niet te kunnen oplossen door binnen die leefwereldtaal contexten te onderscheiden *maar* door samen met leerlingen een relatienet te ontwikkelen, gebaseerd op een geleidelijk aan duidelijker afgebakend ervaringsdomein.

Het woord 'context' is nu in zekere zin overbodig geworden. Er zijn diverse mogelijkheden om dit woord toch te blijven gebruiken, bijvoorbeeld als een didactische leefwereldterm, te gebruiken in die gevallen waar niet precies duidelijk is of een relatienet dan wel een ervaringsdomein (of nog iets anders) wordt bedoeld. We zouden ook kunnen afspreken – aangezien bij een relatienet steeds een ervaringsdomein behoort en *vice versa* – om juist dit paar met 'context' te benoemen. In dat geval krijgt het woord opnieuw een precieze betekenis, die voor zover we nu zien echter weinig nieuws oplevert.

8. Terugblik en conclusie

In dit artikel heeft de term 'context' een verandering van betekenis doorgemaakt. Termen zijn instrumenten, waarmee problemen opgelost, of op zijn minst helderder beschreven kunnen worden waarbij 'helder' impliceert dat een oplossing in zicht komt. We zullen daarom nu terugkijken op de eerste drie

paragrafen en nagaan hoe sommige evaluaties van "realistisch" of "contextrijk" onderwijs opnieuw geformuleerd kunnen worden.

Diverse auteurs constateerden nadelen of beperkingen van leefwereld-gericht onderwijs, te weten:

- Het "generaliseren van kennis" zou "moeilijker" worden (Stuurgroep profiel tweede fase, 1995, p.13)
- "Contexten overwoekeren de natuurkunde" (Eijkelhof & Van der Veen, 1989, p. 12)
- Realistische situaties zijn fysisch vaak te complex (Van Genderen, 1989, p. 102; Van der Valk, 1992, p. 186)
- Realistische situaties roepen leefwerelddenkenbeelden van leerlingen op (Van der Valk, 1992, p. 186)
- Leerlingen worden door realistische situaties soms op het verkeerde been gezet. Zij gebruiken dan in hun redenering contextuele factoren die vanuit fysisch oogpunt niet relevant zijn (Palmer, 1997).

In dit artikel hebben wij gewezen op verschillen tussen wetenschap en leefwereldkennis. We formuleerden epistemologische en semantische verschillen. Vanuit de globale term "context" konden we komen tot twee specifiekere termen, *relatienet* en *ervaringsdomein*.

In wetenschapsbeoefening ontstaan diverse *relatienetten* die vrij zijn van interne tegenspraken. De leefwereld kent zulke *relatienetten* niet. Bij elk *relatienet* kan een *ervaringsdomein* worden gezocht dat als basis en als toepassingsgebied kan dienen. Dit domein bestaat voor de leerlingen aanvankelijk niet op die scherp-afgebakende manier waarop het voor de leraar bestaat, zij kennen immers het bijbehorende *relatienet* nog niet.

Wanneer we slechts alledaagse ervaringen uitkiezen en daarover met leerlingen in leefwereldtaal blijven praten, dan "overwoekeren" deze ervaringen "de natuurkunde" die door de globaliteit van de leefwereldtaal niet aan de orde kan komen. "Generaliseren" zal dan niet lukken.

Omgekeerd, wanneer we niet uitgaan van eigen ervaringen van leerlingen, maar in plaats daarvan begrippen en regels direct poneren, dan zal "generaliseren" evenmin lukken - de leerlingen generaliseren dan niet, maar zij gebruiken slechts de generalisaties die zij kant en klaar aangereikt kregen. Zij kunnen deze generalisaties dan toepassen op de sommen waarmee zij geoefend hebben, maar niet op nieuwe sommen. Het zijn *voor hen* dan geen generalisaties.

Het is dus duidelijk dat, als men generaliseerbare kennis wenst, *relatienetten* niet geponeerd kunnen worden, maar uitgaande van eigen ervaringen van leerlingen moeten ontstaan. Tevens is duidelijk dat het uitgaan van eigen ervaringen op zich niet genoeg is. Er moet iets heel bepaalds mee worden gedaan: uitgaande van een vaag afgebakend veld van ervaringen moet een consistent *relatienet* ontstaan!

Het probleem dat realistische situaties denkenbeelden van leerlingen oproepen, moet in het licht van constructivistische leertheorieën eerder als een voordeel dan als een bezwaar worden gezien. Zulke denkenbeelden zijn verwoord in een taal, leefwereldtaal, die het vertrekpunt moet zijn als we naar een consistent *relatienet* toe willen. De scherpte van het *relatienet* kan alleen

vanuit de vaagheid of verwarring (vanuit het oogpunt van de leraar) van de leefwereldtaal ontstaan. Immers, in welke woorden zouden we de betekenis van vaktermen anders willen uitleggen voor leerlingen?

Realistische situaties zijn inderdaad vanuit fysisch oogpunt complex. De fysica kenmerkt zich door werkwijzen zoals vereenvoudigen, modelleren en idealiseren. Wanneer we deze werkwijzen als *processen* opvatten, dan is het niet langer een nadeel te noemen wanneer wordt begonnen met de complexe werkelijkheid, om van daaruit met medewerking van de leerlingen op zoek te gaan naar vereenvoudigde situaties - experimenten - die licht kunnen werpen op die complexe werkelijkheid.

Bij dit proces moeten fouten en vergissingen gemaakt kunnen worden. Dat leerlingen "contextuele factoren" gebruiken die "vanuit fysisch oogpunt niet relevant" zijn mag geen verbazing wekken. Zij zijn immers op weg naar dat relatienet, dat de leraar al kent en dat hem vertelt wat relevant is. Het leren selecteren wat van belang is - d.w.z. het afbakenen van het ervaringsdomein - is nu juist één aspect van het ontstaan van een relatienet. Wordt deze stap overgeslagen - door de leerlingen direct een vereenvoudigde situatie aan te bieden waarin de selectie al is gemaakt - dan mag men niet verwachten dat de aangeleerde kennis enige praktische waarde heeft in nieuwe situaties. Immers, een nieuwe situatie vereist dat de leerling heeft geleerd te selecteren welke aspecten van belang zijn. Dit leert hij niet, als hij steeds in situaties verkeert waar de leraar de nodige selectie al voor hem heeft gemaakt.

Samenvattend kunnen we zeggen dat het aansluiten bij alledaagse ervaringen van leerlingen eigenlijk alleen nadelig is voor het natuurkundig begrip, als we blijven hangen in de beperkingen van de alledaagse taal. Het aanknopen bij ervaringen of realistische situaties alleen is niet genoeg, die situaties moeten gebruikt worden om een relatienet te ontwikkelen. In de loop van dit proces spelen behalve alledaagse situaties ook andere situaties een rol, namelijk die welke ontstaan als men gericht zoekt naar relaties (d.w.z. als men experimenteert).

Als zo'n proces plaatsvindt, dan kan men eigenlijk geen nadelen van het vertrekken vanuit realistische situaties meer noemen. Elk nadeel blijkt bij nadere beschouwing een voordeel genoemd te moeten worden.

Noten

1. 'Fysische regels' dient hier ruim opgevat te worden. Bedoeld wordt: "begrippen, wetten, relaties en werkwijzen uit de natuurkunde" (Wierstra, 1990).
2. Deze bijlage: Geschiedenis van de ontwikkeling van de leergang chemie mavo, was gebaseerd op notulen van commissievergaderingen, (tussen)rapporten en interviews met betrokkenen.
3. Hoewel er in de Basisvorming een vak 'natuur- en scheikunde' is geprogrammeerd, wordt daarnaast op het merendeel van de scholen in de derde klas ook een apart vak scheikunde gegeven.
4. Hier valt wel een kanttekening bij te plaatsen. Theorie uit Experimenten (TUE) en vooral de Werkgroep Empirische Inleiding (WEI-S) (Ten Voorde, 1977) hebben zeker bijgedragen aan didactische theorievorming. Maar als onderwijsvernieuwers vonden zij weinig gehoor in het veld. De veel grotere en qua implementatie succesvollere CMLS heeft echter inderdaad geen aandacht aan didactische theorievorming besteed.
5. Een voorbeeld hiervan is de 'heks met koude- en warmteblokjes' als context bij het introduceren van negatieve getallen in het wiskundeonderwijs.
6. Van Aalsvoort spreekt van 'social issues'.

7. In feite maken de auteurs een onderscheid tussen – wat zij noemen – “werkelijkheidsgebieden” (bijvoorbeeld: verkeer) en “contextgebieden” (de fysische aspecten van verkeer). Contextgebieden worden opgevat als verzameling van praktijkcontexten.
8. We gaan er vanuit dat wat Van Brakel en Van den Brink aanduiden als ‘ervaringskennis’ overeenkomt met wat wij steeds ‘leefwereldkennis’ hebben genoemd.
9. Een deductief-nomologische verklaring gaat uit van een aantal wetten (covering laws: L1, L2,...) en een aantal randvoorwaarden (C1, C2, ...). Een voorbeeld van een D-N verklaring is nu:
 L1: Bij een chemische reactie verdwijnen stoffen en ontstaan andere stoffen.
 C1: Bij de verbranding van magnesium, verdwijnt magnesium en ontstaat magnesia.
 E: De verbranding van magnesium is een chemische reactie.
10. Elke ouder kent de periode die jonge kinderen doormaken waarbij voortdurend naar het waarom gevraagd wordt. Het lijkt of deze kinderen de vanzelfsprekendheden – die voor hen nog niet vanzelfsprekend zijn – wel verklaard willen krijgen. De meeste pogingen daartoe zullen echter falen, omdat ze niet op het wetenschappelijke antwoord (dat hun meestal boven de pet gaat) zitten te wachten.
11. We gaan hier niet verder in op de vraag in hoeverre een zuivere stof concreet en aanwijsbaar is of een geïdealiseerde, abstracte zaak (zie Ten Voorde, 1977).
12. Voor de niet-natuurkundigen: *speed* is een scalaire grootheid en wordt gebruikt om de grootte van snelheid van een voorwerp aan te duiden; *velocity* is een vector en omvat ook de richting waarin het voorwerp beweegt. Het Nederlandse *snelheid* biedt dus nog minder houvast.
13. Het is niet altijd nodig om de zaak op grond van woordgebruik vast te stellen. Zeker in de leefwereld is het mogelijk om elkaar zaken (letterlijk) aan te wijzen. Zo kunnen tijdens het ordenen van voorwerpen; “die wel, die niet” de criteria voor dat ordenen expliciet worden.
14. Van Hiele nummerde de opeenvolgende niveau's, maar Joling nam de aanduidingen ‘grond-’, ‘beschrijvend’ en ‘theoretisch’ niveau van Ten Voorde (1977) over.

The use of contexts in physics and chemistry education

Summary

One of the leading ideas in discourse on curricular change since the 1960's is that physics and chemistry should be taught in 'realistic contexts' in order to establish a link with students' everyday life. In the Netherlands this idea has been used in the PLON physics curriculum. At this moment it is very common to use contexts to introduce concepts at all levels of physics and chemistry education in the Netherlands. However, from research it did not appear that the use of contexts has a positive effect on the understanding of science concepts. Some educators stated that realistic contexts are too complex for students to learn science concepts.

In Dutch research literature, 'context' has been defined in many ways. Some authors describe contexts as 'situations' and sometimes they ascertain that in different contexts the same word may have different meanings. However, it is not always clear how contexts can be distinguished.

In this article we propose to distinguish between situations - we call these 'domains of experience' - and meanings of words that can be derived from the relation to other words - we call these 'networks of relations'.

With this refined terminology, we review some proposed drawbacks to using real life situations in school. It is concluded that using real life situations is not in itself sufficient, but these situations must be used to enable students

to build a network of relations. Our approach offers a perspective that might overcome problems described before using contexts.

Literatuur

- Aalsvoort, J. van (2000). *Chemistry in products*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Acampo, J. (1997). *Teaching Electrochemical Cells*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Barker, V. & Millar, R. (1999). Students' reasoning about chemical reactions: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 21 (6), 645-665.
- Barker, V. & Millar, R. (2000). Students' reasoning about basic chemical thermodynamics and chemical bonding: what changes occur during a context-based post-16 chemistry course? *International Journal of Science Education*, 22 (11), 1171-1200.
- Berkel, B. van (2000). *Analysis of metals. A chemical unit of the Salters' science curriculum*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Boersma, K.Th. & Schouw, J.C. (1985). Aansluiten op (de leefwereld van) leerlingen: uitgangspunt voor het schoolvak (kennis der). natuur. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3 (1), 44-56.
- Brakel, J. van & Brink, J.T. van den (1988). *Filosofie van de wetenschappen*. Muiderberg: Dick Coutinho.
- Brink, J. van den (1990). Realistisch rekenonderwijs aan jonge kinderen onderzocht. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8 (2), 100-120.
- Carelsen, F., Lubeck, H. van, Speelman, J. & Westerbeek, C. (1995). *Grondig Bekeken. Een chemische blik op landbouw*. Enschede: SLO.
- Dekker, J. (1993). *Wendbaarheid in beweging*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Dekker, R., Herfs, P. & Terwel, J. (1985). Contexten en begripsontwikkeling bij wiskunde 12-16. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 3 (3), 169-182.
- Dekkers, P.J.J.M. (1997). *Making Productive Use of Student Conceptions in Physics Education*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Dik, S.C. & Kooij, J.G. (1986). *Algemene taalwetenschap*, Utrecht: Het Spectrum. (vierde druk).
- Duit, R., & Häussler, P. (1994). Learning and teaching energy. In: P. Fensham, R. Gunstone & R. White (Eds.), *The Content of Science* (pp. 185-200). London: The Falmer Press.
- Eijkelhof, H.M.C. & Veen, K. van der. (1989). *Werken met contexten in het natuurkundeonderwijs*. Zeist: NIB.
- Eijkelhof, H.M.C. (1990). *Radiation and risk in physics education*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Geerts, G. & Heestermans, H. (1992). *Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse Taal*. Utrecht: Van Dale lexicografie. (twaalfde uitgave).
- Genderen, D. van (1985). Context als β -didactisch begrip. *Tijdschrift voor didactiek der β -wetenschappen*, 3 (3), 183-194.
- Genderen, D. van (1989). *Mechanica - onderwijs in beweging*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Goedhart, M.J. (1990). *Metten: normen en waarden*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.

- Goedhart, M.J. & Verdonk, A.H. (1991). The development of statistical concepts in a design-oriented laboratory course in scientific measuring. *Journal of Chemical Education*, 68, 1005-1009.
- Goedhart, M.J. (1994). Chemische reinigingsmiddelen. Contextproblemen bij het HAVO-examen scheikunde. *NVOX*, 19 (1), 26-27.
- Gravemeijer, K.P.E. (1994). *Developing realistic mathematics education*. Utrecht: Cdβ press.
- Gunstone, R. & Watts, M. (1985). Force and motion. In: R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 85-104). Milton Keynes: Open University Press.
- Hiele, P.M. van (1986). *Structure and insight. A theory of mathematics education*, Orlando: Academic Press.
- Hoeve-Brouwer, G.M. van (1996). *Teaching structures in chemistry*, Universiteit Utrecht.
- Hooymayers, H.P., Lijnse, P.L. & Vos, W. de. (1989). *Natuurkunde en scheikunde*. Leiden: Martinus Nijhoff.
- Joling, E., Lierop, A. van, Soest, W. van, Kaper, W., Voorde, H.H. ten, Vos, W. de, Mellink, E., Snel B. & Timmer, J. (1988). *Chemie mavo: onderzoek naar het functioneren van een leergang scheikunde*. Amsterdam: Stichting Centrum voor Onderwijsonderzoek van de Universiteit van Amsterdam, SCO rapport 161.
- Joling, E. (1993). *Chemie in gesprek: een didactisch onderzoek naar een derde wijze waarop het zakelijk gesprek in chemiebeoefening en onderwijs voortgezet kan worden*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Joling, E. & Goedhart, M. (1998). Alltag, Gespräch und Kontext. In: H. Behrendt (red.). *Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven*. Band L19. Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 103-105.
- Joling, E. & M. Goedhart (1999). "Waarom zou ik me druk maken over atoommodellen die ik in de praktijk toch niet kan zien?" *NVOX*, 24 (10), 543-547.
- Kuhn, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago & London: The University of Chicago Press. (second edition).
- Kaper, W.H. & Voord, H.H. ten (1991). Problemen in de begripsontwikkeling in relatie tot de aanpak van docent en studieboek-schrijver. *Tijdschrift voor Didactiek der b-wetenschappen*, 9, 3-28.
- Keulen, H. van (1995). *Making Sense. Simulation of Research in Organic Chemistry Education*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Kievit, R. de (1992). Het vak natuur- en scheikunde in de basisvorming. *NVON maandblad*, 17 (1), B6-B8.
- Krauss-Poppema, I. & Mast, A. J. (1984). *Exact Scheikunde*. Amsterdam: Meulenhoff Educatief.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Milton Keynes: Open University Press.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Beverly Hills & London: Sage.
- Leach, J. & Scott, P. (2000). Children's thinking, learning, teaching and constructivism. In: M. Monk & J. Osborne (Eds.), *Good practice in science teaching* (pp. 41-56). Buckingham: Open University Press.
- Lijnse, P.L. (1986). Energie tussen leefwereld en vakstructuur. In: J. S. ten Brinke, H.P. Hooymayers & G. Kanselaar (red.), *Vakdidactiek en informatietechnologie in curriculumontwikkeling* (pp. 75-87). Lisse: Swets & Zeitlinger.

- Lijnse, P. L. (1993). Natuurkunde leren in context: een tautologie? In: D. G. B. J. Dieks, D. van Genderen, E. Holl & P. L. Lijnse, *Vier visies op natuurkunde-onderwijs* (pp. 21-31). Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen.
- Miranda, J. de (1962). De structuur van de onderwijssituatie als basis voor de opbouw van de didactiek. *Pedagogische Studiën*, 39, 532-557.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining Science in the Classroom*. Buckingham: Open University Press.
- Palmer, D. (1997). The effect of context on students' reasoning about forces. *International Journal of Science Education*, 19, 681-696.
- PLON (1981). *Verkeer en Veiligheid*. Zeist: Uitgeverij NIB.
- Redeker, B. (1990). Leefwereld en natuurkundige interpretatie bij het ontstaan van nieuwe kennis. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8 (2), 85-99.
- Reports of the British Association for the Advancement of Science (1914). *84th meeting, Australia*, London: British Association for the Advancement of Science.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy - in school and society*. London: The Falmer Press.
- Solomon, J. (1993). *Teaching Science, technology and Society*. Buckingham: Open University Press.
- Stuurgroep profiel tweede fase (1995). *Advies examenprogramma's havo en vwo biologie, natuurkunde, scheikunde*. Enschede: SLO
- Valk, A.E. van der (1992). *Ontwikkeling in energieonderwijs*. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht.
- Vermeulen, A., Volman, M. & Terwel, J. (1995). *Onderwijsvernieuwingen in wiskunde, natuurkunde, scheikunde en biologie*. Amsterdam: SCO-Kohnstamm-instituut.
- Vogelezang, M.J. & Sprang, H.F. van (1987). Bezinning op 'verklaren' in een scheikunde-onderwijs-situatie. *Tijdschrift voor Didactiek der b-wetenschappen*, 5 (3), 216-227.
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en verstaan*. 's-Gravenhage: Staatsuitgeverij.
- Voorde, H.H. ten (1990). Komen tot kennis van en tot inzicht in eigenschappen van materialen. In: K.Th. Boersma, P. Licht, P.L. Lijnse & W. de Vos (red.), *Begripsontwikkeling in het vak natuur- en scheikunde in de basisvorming*. Enschede: Instituut voor Leerplanontwikkeling SLO.
- Vos, W. de (1989). Basisvorming en rode wijn. *NVON maandblad*, 14, 208-210.
- Vos, W. de (1998). Zuren, basen en zouten. *NVOX*, 23 (2), 66-72.
- Werkgroep Examenprogramma's Natuurkunde (1984). *Concept-examenprogramma natuurkunde D-niveau*. ACLO-Natuurkunde, AN A.304.3927.
- Wierstra, R. F. A. (1990). *Natuurkundeonderwijs tussen leefwereld en vakstructuur*. Utrecht: CD β -press.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical investigations*. Oxford: Basil Blackwell.