

Ontstaan en verdwijnen van de WEI-S en mogelijke betekenis ervan voor hedendaags vernieuwend scheikunde-onderwijs

Michiel J. Vogelezang
Instituut voor Leraar en School,
Radboud Universiteit Nijmegen

Samenvatting

De Werkgroep Empirische Inleiding tot de Scheikunde (WEI-S) streefde in de jaren 1960-1980 naar een didactische vernieuwing van het secundair scheikunde-onderwijs, gebaseerd op het Van Hiele niveauschema, Roest's concept van de directe ervaring en De Miranda's gespreksmodel voor onderwijzen. Dit artikel beschrijft de inspiratiebronnen die ten grondslag lagen aan de WEI-S, de ideeën die ontwikkeld werden binnen de groep, en het einde van het actieve bestaan van de groep. Gedurende haar actieve bestaan had de WEI-S een zekere invloed op de onderwijspraktijk. Tegen het eind van haar bestaan belandde de WEI-S echter steeds meer in een geïsoleerde positie. Aan de hand van enkele concrete voorbeelden wordt nagegaan in hoeverre ideeën uit de WEI-S hun weg gevonden hebben in de onderwijspraktijk. Vervolgens wordt op belangrijke punten overeenstemming gesignaleerd tussen de onderwijsvisie die de WEI-S probeerde vorm te geven en de visie achter hedendaagse vernieuwingsbewegingen. Bijvoorbeeld over het idee dat begrip niet over te dragen is door uitleggen en over het idee dat leerprocessen discontinu verlopen. Vanuit dit gezichtspunt zijn de successen en mislukkingen van de WEI-S van belang voor toekomstige onderwijsvernieuwers.

1. Inleiding

Het is niet alleen van historisch belang dat van bewegingen die gestreefd hebben en/of nog steeds streven naar een verandering van het onderwijs, achteraf een beschrijving en een evaluatie wordt gegeven. Ook voor het uitzetten van lijnen ten aanzien van ontwikkelingen op het gebied van onderwijs en (vak)didactiek is het goed om om te zien naar datgene wat in het verleden is gebeurd. In dit artikel gaat het om de Werkgroep Empirische Inleiding tot de Scheikunde, korthedshalve vaak aangeduid als de WEI en later als de WEI-S. Deze beschrijving en evaluatie kan van waarde zijn voor de vernieuwing van het scheikunde-onderwijs die momenteel op basis van de voorstellen van de commissie Van Koten in gang is gezet (Driessen en Meinema, 2003). Want bij de implementatie van een verandering van het vigerende onderwijs is het goed om te proberen te achterhalen waarom in het verleden het al dan niet lukte vernieuwingen tot stand te brengen. Hierbij kan de aandacht uitgaan naar veranderingen in de vakinhoud en ook naar die in de gewenste didactiek. Soms kunnen deze onafhankelijk van elkaar optreden maar het is ook mogelijk dat een verandering op het ene gebied eisen stelt op het andere. In dit artikel komen van beide situaties voorbeelden aan de orde.

2. Voorgeschiedenis¹

Het onderwijzen van een vakgebied kan worden begonnen vanuit de nog weinig gedifferentieerde ervaringswereld van de lerenden, maar je kunt ook van mening zijn dat je zo snel mogelijk moet starten vanuit de meer geavanceerde inzichten van het vakgebied. Als het een jong vakgebied betreft, zullen deze twee visies op onderwijzen elkaar in de praktijk niet veel ontlopen. Naar mate een vakgebied zich verder ontwikkelt, neemt de afstand tussen de ervaringswereld van de beginnend lerende en de grens van het wetenschappelijk weten toe. Voor het vak scheikunde in het middelbaar onderwijs is lange tijd bij de inleiding de rol van empirische gegevens vrij groot geweest zoals ik voor het afleiden van formules van stoffen in de gasfase heb laten zien (Voegelzang, 1990).

Met de vordering van chemie als wetenschap en de daardoor ontstane behoefte aan modernisering publiceerden Van Arkel en Snijder in 1936 hun scheikunde-leerboek voor de middelbare school dat is gebaseerd op de verschillende bindingstypen tussen de deeltjes, waarbij zij uitgaan van het atoommodel en het periodiek systeem. Zij poogden zo het scheikunde-onderwijs meer dan tot die tijd gebruikelijk was bij de wetenschappelijke ontwikkelingen aan te laten sluiten. Het gebruik van het boek van Van Arkel en Snijder verlangde op zich van de docenten geen nieuwe manier van doceren. Wie gewend was centraal te doceren, kon dit nog steeds blijven doen. Daarom wil ik de verandering die Van Arkel en Snijder nastreefden, benoemen als een die ligt op het vlak van de modernisering van de vakinhoud, waarbij de gepraktiseerde vakdidactiek in principe ongemoeid blijft. Hiermee zie ik didactiek als meer omvattend dan alleen de in de praktijk gebezigde manier van aanbieden van onderwerpen. Want gelet op de aard van de onderwerpen kan de inbreng van Van Arkel en Snijder wel worden gezien als een verandering in didactiek vanwege de invoering van het corpusculair model als een belangrijk onderwijsthema.

Met de publicatie van het leerboek van Van Arkel en Snijder werd een weg ingeslagen die leidde tot wat wel 'axiomatisch-verifiërend' scheikunde-onderwijs is genoemd. De eigenschappen van atomen en moleculen staan voorop, proeven of experimenten dienen ertoe om 'bewijs' te leveren voor deze onzichtbare micro-wereld. Dit leidde en leidt tot problemen bij het onderwijzen, omdat de zienswijze van leerlingen vaak heel anders is dan die van de wetenschapper (Koning, 1948). In de jaren vijftig zochten daarom Kaptein, Koning, De Miranda en Vogel (1954) naar een weg om het scheikunde-onderwijs meer aan te laten sluiten bij de ervaringen van de leerlingen. Zij namen niet de atomair-moleculaire opbouw van de materie als uitgangspunt, maar wilden leerlingen juist eerst enige ervaring laten opdoen met stoffen. Deze inleiding besloeg een relatief korte periode en ging vooraf aan een 'kindveilige' invoering van een corpusculaire zienswijze volgens de pedagogiek van Langeveld. Langeveld was namelijk van mening dat de corpusculaire denkwijze te ver afstand van die van de kinderen en dat moest worden gezocht naar een manier van invoering die meer zou aansluiten bij de voorstellingswereld van de kinderen. Volgens de gedachtegang van Langeveld (1954) waren problemen met de invoering van een corpusculaire weergave van de wereld terug te voeren op een leeftijdskwestie en was didactiek op de eerste plaats grondvest in de pedagogiek.

Als vrucht van hun arbeid kwamen Kaptein, Koning, De Miranda en Vogel tot het Scheikundewerkboek. De belangrijkste chemische vernieuwing hierin was, in aansluiting op Schwarzenbach's werkwijze (1949), de indeling van de bindingen in vier typen (metaal-, ion-, atoom- en polaire binding). Het was de bedoeling dat de leerlingen aangeboden en geleerde feiten zouden ordenen met behulp van deze vier bindingstypen zodat het nu niet meer zozeer ging om het van buiten leren van een reeks aangeboden feiten maar veeleer om ze te kunnen rangschikken in een chemisch zinvol geheel. Scheikunde-onderwijs kwam hiermee te staan in de overgang van feitenoverdracht naar methodebeheersing en beoogde zodoende een bijdrage te leveren aan de persoonlijke vorming van de leerlingen.

Als didactische verandering streefden de auteurs ernaar deze bindingstypen zo weinig mogelijk axiomatisch te poneren, maar waar mogelijk, analoog aan de zienswijze van Langeveld, op een 'kindveilige' wijze te laten volgen uit beschreven eigenschappen van stoffen dan wel hiermee te laten corresponderen. De corpusculaire zienswijze werd niet axiomatisch verifiërend gehanteerd maar men probeerde juist zoveel mogelijk een verklaring te geven voor geconstateerde kenmerken.² Hierdoor ontstond voor leerlingen ruimte om hun zienswijze te laten doorklinken bij het tot stand brengen van een chemische context. Het primaat lag nu zoveel mogelijk bij de beschreven of door leerlingen zelf geconstateerde eigenschappen van stoffen en niet bij de corpusculaire beschrijving. Het gebruik van het werkboek vroeg een wijziging in de wijze van onderwijzen, want het uitvoeren van de proeven was een integrerend onderdeel van het proces van onderwijzen. Daarom wil ik hier wel van een didactische vernieuwing spreken. Op deze wijze hoopten de auteurs aan te sluiten bij de aanspreekbaarheid van de leerlingen op basis van hun ervaringen met stoffen, opgedaan buiten en in de lessen scheikunde. De Miranda (1955) gaf destijds als volgt het verschil aan tussen chemicus en leerling:

*De chemicus is gericht op het natuurobject teneinde dit chemisch te leren kennen en eventueel op grond van deze kennis te gebruiken. Willen wij de leerling (tot op zekere hoogte) vormen tot chemicus, dan moeten wij in de leerling een zelfde gerichtheid op het natuurobject teweeg brengen. De leerling moet niet gericht worden op de resultaten, die chemici vroeger eens verkregen hebben, maar op het natuurobject zelf. Alleen op deze wijze kan de leerling al in het eerste begin, qua intentie, chemicus zijn, hetgeen voorwaarde is om later werkelijk chemicus te worden.*³

De zin dat "leerlingen al in het eerste begin, qua intentie, chemicus zijn" riep kritiek op van Dieke van Hiele-Geldof (1956) omdat naar haar mening in het beginonderwijs scheikunde de leerlingen nog niet intentioneel gericht kunnen zijn op een chemische context aangezien deze voor hen nog moet ontstaan (later is deze kritiek herhaald door Pierre Van Hiele in zijn proefschrift, 1957). De Van Hieles waren er op grond van hun wetenschappelijk werk in het wetenskapsonderwijs van overtuigd geraakt dat problemen bij het leren van wetenskap niet op de eerste plaats voortkomen uit een te jonge leeftijd van de leerlingen maar voortvloeien uit de vakstructuur. Zij constateerden dat zich soms situaties van elkaar niet-verstaan voordoen tussen docent en leerlingen of tussen leerlingen onderling. Deze situaties van niet-verstaan verdwenen na verloop van tijd: het leek of er sprake was van het spreken van twee verschillende talen, waardoor de een de ander niet kon verstaan. Zodra de 'achterblijvende' leerling ook deze nieuwe taal leerde spreken en verstaan, kon hij ook

deelnemen aan de zich ontwikkelende wiskunde-context. De Van Hieles be-noemden dit als het optreden van verschillende denkniveau's, elk met een eigen bijbehorende taal. Een gevolg van deze zienswijze is dat volgens hen de vakdidactiek niet een onderdeel hoort te vormen van de pedagogiek maar een eigen vakdiscipline vormt.

De kritiek van de Van Hieles leidde ertoe dat De Miranda met hen ging samenwerken in het wiskunde-onderwijs op een M.M.S. Hierdoor kreeg hij oog voor een mogelijke niveauctuur die een basis kon worden om scheikunde-onderwijs zo in te richten dat op een nieuwe wijze inhoud kon worden gegeven aan "*qua intentie chemicus zijn*". Samen met zijn vroegere scheikunde-leraar Roest ontwierp hij een begin van een scheikunde-leergang. Roest (1963) bracht hierbij *directe ervaring* in als basis voor kennis, welk begrip hij als volgt omschreef: "... door overal uit te gaan van de directe ervaring, van datgene dus wat meet- en weegbaar is. Dit teruggaan tot de bron is allerminst een terugkeer tot een verouderde chemie, maar juist het funderen van een nieuwere. Scherp hiertegenover is het modeldenken gesteld, dat het weten tot wetenschap maakt." Later beschrijft Roest (1985) directe ervaring als de ervaring die de lerende mens opdoet dat iets zó is en niet anders. Voor de lerende persoon in kwestie is dit heel precies, maar voor een buitenstaander kan het globaal overkomen. Het uitspreken ervan noemde Roest een belangrijk aspect van directe ervaring: "Wat voor directe ervaring wel nodig is, is het zich bevinden in een cultuur en de taal van deze cultuur in een zekere mate kunnen spreken. Het is misschien juist te zeggen dat deze taal in de directe ervaring spreekt." Om tot directe ervaring te komen in begin-onderwijs scheikunde is het noodzakelijk dat de leerlingen zelf experimenten uitvoeren, deze met elkaar bespreken en beschrijven. De Miranda en Roest zochten in hun samenwerking naar een manier om de verandering in vakinhoud te koppelen aan een ermee verbonden nieuwe didactiek. In deze nieuwe didactiek zou het handelen van de docent enerzijds worden gestuurd door de chemische thematiek en anderzijds in hoge mate door de inbreng van de leerlingen.

3. Ontstaan van de WEI-S en voortgaande didactiekontwikkeling

Om hun ontwikkelingswerk op het gebied van scheikunde-onderwijs in groter verband in de praktijk te brengen, riepen De Miranda en Roest leraren op met hen mee te werken aan onderwijs waarin leerlingen zoveel mogelijk zelf de chemische context ontwikkelen door zelf opdrachten uit te voeren en daarover te spreken (Ten Voorde, 1977). Dit leidde in 1963 -1964 tot de oprichting van de Werkgroep Empirische Inleiding, korthedshalve vaak aangeduid als de WEI. Later werd de naam WEI-S, om aan te geven dat het ging om de Werkgroep Empirische Inleiding in de Scheikunde naast de ontstane werkgroepen empirische inleiding in o.a. economie en natuurkunde.

In de WEI-S werkte een groep leraren samen die zich op grond van hun eigen praktijk van het middelbaar onderwijs voelden aangesproken en als samenbindend element hun directe ervaring hadden dat een andere visie op onderwijs en onderwijzen nodig was. Van de deelnemers aan de WEI-S werd verwacht dat zij samen met de didactisch *langer lerenden* Roest en De Miranda onderwijsmateriaal gingen ontwikkelen dat tegemoet zou komen aan de volgende uitgangspunten:

- op basis van *directe ervaring* rond verschijnselen volgens Roest;

- *samen sprekend* overeenkomstig het gespreksmodel voor onderwijzen volgens De Miranda (1962) komen tot *niveau-verhoging* volgens het niveauschema van de Van Hiele's;
- en aansluiten bij de door Van Hiele beschreven fasen bij onderwijzen: informatie; gebonden oriëntatie; explicitering; vrije oriëntatie; integratie.

Bij de *informatie*-fase informeren de docent en de leerlingen elkaar over het nieuwe onderwerp. De tweezijdigheid is van belang: de docent vertelt waar het nieuwe thema over gaat, de leerlingen geven aan wat ze er al van weten. Deze kennis is in het algemeen nog weinig gestructureerd, dus naar haar aard intuïtief en vaak voorzien van aspecten die we niet wetenschappelijk noemen.

In de fase van de *gebonden oriëntatie* krijgen de leerlingen gerichte opdrachten tot handelen: 'doe dit', 'verwarm en bekijk wat er gebeurt', 'verdeel de reacties in twee soorten door te letten op het aantal beginstoffen'. Zulke opdrachten richten de leerlingen op het nieuwe onderwerp en bieden hen de mogelijkheid regelmatigheden te ontdekken, welke vaak nog *aanwijzend* worden benoemd met uitspraken als: 'dit wordt zwart', 'daarbij heb je er twee' e.d.

Vervolgens wordt het mogelijk de leerlingen uit te nodigen zich uit te spreken: de *explicitering*. Het is belangrijk dat leerlingen zelf de verschijnselen, regelmatigheden etc. verwoorden omdat anders snel napraten van onbegrepen formuleringen van het boek of van de docent op zal treden. Aan de hand van hun eigen explicitering kunnen de leerlingen in een nieuwe situatie gaan kijken wat het thema daar betekent, de *vrije oriëntatie*. De laatste onderwijsfase, die van de *integratie*, betreft het steeds voller maken van het begrip door het in verband te brengen met telkens andere begrippen.

Deze uitgangspunten betekenden een verandering van perspectief voor de docenten: zij waren niet meer alleen de bepalende personen bij het onderwijzen, omdat de leerlingen zelf de belangrijkste personen moesten zijn bij het verwerven van kennis. De leerlingen moeten zichzelf de nieuwe visie en de daarbij benodigde vaktaal die horen bij de niveau-overgangen in de ontwikkeling van de scheikundecontext, eigen maken. Om dit te bewerkstelligen richtten men het onderwijs zodanig in dat de leerlingen samenwerkten in groepjes van minstens drie om hen directe ervaring op te laten doen ten aanzien van chemische verschijnselen en op grond daarvan een voor hen bruikbare chemische vaktaal te kunnen ontwikkelen.

Bij deze ontwikkeling van het onderwijsmateriaal komt het regelmatig voor dat de deelnemers aan de besprekingen op basis van hun chemische vak-kennis vooraf beschrijvingen geven van proeven die bij de werkelijke uitvoering van de betreffende proef niet blijken te kloppen. Ten Voorde (1977) beschrijft dit als volgt:

*De 'chemisch eenvoudige experimenten' blijken geen eenvoudige verschijnselen te zijn, maar ze zijn door kennisoverdracht – vóór òns – eenvoudig geworden (verarming). Maar er valt meer te zien dan ik volgens een mij aangeleerd schema kan waarnemen.*⁴

Zo doen deze docenten directe ervaring op ten aanzien van chemische verschijnselen en ook ten aanzien van de geschematiseerde manier van kijken die zij als chemisch geschoolden hebben gekregen.

Voor het benodigde ontwikkelingswerk werd van de docenten een niet-vrijblijvende deelname verwacht om in een durend gesprek te komen tot een nieuwe leergang. Tijdens en door deze gesprekken maakten zij een leerproces ten aanzien van didactiek door. Dit was nodig omdat het werken met de nieuwe leergang van de docenten verlangt dat ze op een andere manier met de chemische vakinhoud omgaan, namelijk allereerst gebaseerd op de empirische regelmaat en niet op een sterk geschematiseerde kijk op grond van aangeleerde wijze van zien. Daarnaast was ook een nieuwe visie op leren door de leerlingen vereist, namelijk niet gebaseerd op onderwijs als overdracht maar als niveauverhogend onderwijzen. Vanwege deze niet-vrijblijvende deelname benoemde Ten Voorde (1977) een dergelijke structuur in de organisatie van personen een 'gesloten groep'. Naar buiten toe heeft deze groepsvorming bij een aantal mensen de indruk gegeven als 'buitenstaander' niet welkom te zijn. Het is hierbij goed onderscheid te maken tussen enerzijds geïnteresseerden en anderzijds mensen die daadwerkelijk van plan waren op hun school met de ontwikkelde onderwijsgang te gaan werken. Vanwege de sterke gerichtheid op het ontwikkelwerk was de aandacht vooral gericht op mensen die behoorden tot de laatste categorie.

Ik werd in 1971 scheikundedocent op een school waar al werd 'geweid' en nam vanzelfsprekend deel aan de centrale bijeenkomsten, waar ik niets merkte van buitensluiting door de anderen die al langer actief waren. Ik heb wel ervaren dat de langer-lerenden in deze groep op een andere manier aankeken tegen scheikunde-onderwijzen dan ik destijds. En zoals in de klas de docent als langer-lerende ten aanzien van chemie zich moest inhouden met voorzeggen, probeerden de langer-lerenden in didactiek vanuit deze optiek sturing te geven aan de gesprekken over didactische aspecten van het werken met de leergang. Ook voor mij begon in die gesprekken het proces van opnieuw, of soms zelfs voor het eerst, leren zien van chemische verschijnselen. In de loop van de tijd raakte ik steeds meer vertrouwd met de didactische uitgangspunten die in deze groep de basis vormden voor de inrichting van het onderwijs.

De bijeenkomsten werden in het algemeen door een of meer mensen voorbereid, bijvoorbeeld door ontwikkeld onderwijsmateriaal ter discussie te stellen. Door dit vooraf te bestuderen kon een vruchtbare discussie ontstaan op basis waarvan het reeds ontworpen gedeelte kon worden bijgesteld en een eventueel vervolg kon worden afgemaakt. Zo werd zoveel mogelijk voorkomen dat slechts een paar mensen deskundig werden ten aanzien van een bepaald gebied en de anderen in de positie zouden komen van niet-wetenden, met het gevaar van 'overdracht van vaststaande kennis'. Naast centrale landelijke bijeenkomsten waarin over algemene thema's werd gesproken (door mij de Amersfoortse groep genoemd, Vogelesang, 1990) waren er ook regionale samenkomsten, WEI-Oost en WEI-West genoemd, waarin de dagelijkse praktijk van het onderwijzen met de leergang centraal stond.

4. Samenhang tussen scheikunde-leren en didactiek-leren

Binnen de WEI-S werd eenzelfde ervaring opgedaan met betrekking tot het leren van scheikunde en van scheikunde-onderwijzen als Van Hiele-Geldof (1957) reeds had beschreven: "De taalmoeilijkheden, die de kinderen onderkennen in de meetkunde, kunnen vergeleken worden met die, welke ik doormaakte tijdens de studie van mijn didactiek." Het leren van didactiek volgde zo voor de scheikundedocenten analoog op het leren van scheikunde. Tijdens de

bijeenkomsten vond een didactisch leerproces plaats bij de betrokken leraren op basis van een directe ervaring met het deelnemen aan een productieve groep waar in een *durend gesprek* aan de hand van hun ervaringen kennis wordt opgebouwd ten aanzien van empirische beoefening van chemie en van didactiek.

Van deze samenhang tussen leerprocessen bij het zoeken naar vernieuwing heeft Ten Voorde (1977) uitgebreid verslag gedaan. Hij heeft laten zien hoe net als in wiskunde-onderwijs ook bij scheikunde-onderwijs kan worden gesproken over een niveau-structuur, dus dat het gesprek in het onderwijs-leerproces steeds op één van de volgende drie niveaus gevoerd wordt: grondniveau, beschrijvend niveau of theoretisch niveau. Het *grondniveau* vormt een noodzakelijke beginfase.⁵ Een overeenkomst tussen grondniveau en leefwereld is dat de lerenden in beide situaties kunnen aanwijzen wat ze onder woorden hebben gebracht. Grondniveau en leefwereld verschillen van elkaar doordat in het grondniveau al een zekere *aandachtsselectie* heeft plaats gevonden. De deelnemers aan het gesprek voelen nog niet de noodzaak om slechts één betekenis voor een term met elkaar af te spreken. Zo wordt begrijpelijk dat in beginonderwijs leerlingen bij gebrek aan afgesproken criteria problemen niet door redeneren kunnen oplossen maar vaak terecht komen/verzanden in 'welles-nietes' situaties.

Wanneer de gespreksdeelnemers komen tot een eenduidige betekenis voor een term, vormt zich de mogelijkheid om met en voor elkaar controleerbare redeneringen te houden: een *beschrijvend niveau* ontstaat. Binnen het beschrijvende niveau worden dus relaties gelegd tussen begrippen. Wordt naar de structuur van deze relaties gevraagd, zodat de thema's uit het beschrijvende niveau het onderwerp van studie worden, dan gaan de deelnemers op weg naar een *theoretisch niveau*. Het theoretisch niveau onderscheidt zich van de voorafgaande, doordat een keuze wordt gemaakt voor een gezichtspunt dat de ervaring overstijgt, om verschijnselen in hun samenhang te begrijpen, bijvoorbeeld de keuze om een aantal stoffen als niet-ontleedbaar en niet-samenstelbaar te zien, omdat daarmee het niet-spoorloos verdwijnen en ontstaan van stoffen kan worden begrepen. Op grond van ervaring kunnen we niet besluiten tot de uitspraak dat een stof een eigenschap niet heeft, omdat de tegenwerping kan komen dat er nog verder moet worden geëxperimenteerd. Door hier nu wél vanuit te gaan, wordt de mogelijkheid geopend op een logische manier te redeneren en voorspellingen te doen, in dit geval ten aanzien van de mogelijke reactieproducten bij een reactie. Om volgens deze logica te werk te kunnen gaan, is het bestaan van stoffen die zowel niet-ontleedbaar als niet-samenstelbaar zijn als noodzakelijke voorwaarde verondersteld.

Binnen deze visie op onderwijzen werd veel belang gehecht aan het met elkaar spreken over zich ontwikkelende thema's, omdat de deelnemers zo een vakcontext met bijbehorende vaktaal vormen. In aansluiting hierop heeft De Miranda (1962) na zijn werk bij de Van Hieles het gesprek als model voor onderwijzen volgens de niveaustruktuur naar voren gebracht. Er werd een onderwijssituatie beoogd die fundamenteel afweek van de traditionele docerles: de leerlingen zijn actief en door samen te spreken brengen zij de (chemische) context tot stand. Wil de kans op de beoogde ontwikkeling in chemische taalvorming zo groot mogelijk zijn, dan moeten de opdrachten in een onderwijstekst een samenhang vertonen welke Ten Voorde (1977) *didactische*

structuur heeft genoemd. Deze term wordt tegenwoordig vaker gebruikt (zie bijv. Lijnse, 2002). Het is in dit verband niet verbazingwekkend dat voor het kunnen aanwijzen van onderwijsresultaten bij voorkeur wordt gekeken naar de inhoud van de door de deelnemers gevoerde gesprekken. Het analyseren van protocollen is dan ook een voor de hand liggende onderzoeksmethode.

5. Concrete bijdragen van de WEI-S aan het scheikunde-onderwijs

Binnen de geschetste ontwikkeling naar een nieuwe manier van onderwijzen bleek het nodig om veranderingen tot stand te brengen op het gebied van de benadering van chemische begrippen in het onderwijs en op dat van de manier van organisatie van het onderwijs. Een aantal ervan zullen hier worden besproken.

De plaats van het atoombegrip

Hiervoor is al gememoreerd dat bij sommigen het beeld is ontstaan van een groep mensen die anderen niet of slechts zeer moeilijk toelieten. Een andere misvatting met betrekking tot de WEI-S was dat men daar 'niets van atomen wilde weten'. Dit was een gevolg van de zeer late invoering van een molecuul- en atoommodel in de leergang op basis van de gehanteerde didactische uitgangspunten. De Miranda (1963) pleitte er in de zestiger jaren voor om meer aandacht te vestigen op stoffen en hun eigenschappen en zo het primaat van atomen en moleculen in het beginonderwijs in de scheikunde te doorbreken. Vanuit de niveautheorie wordt het vroegtijdig invoeren van een atoom- en molecuulmodel afgewezen omdat voor de leerlingen aanvankelijk geen of onvoldoende relaties bekend zijn tussen stoffen en hun reacties. Een atoom- of molecuulvoorstelling kan dan nog geen samenbundelende structuur bieden aan de tot stand gebrachte beschrijvingen. Ook vanuit het beginsel 'directe ervaring' moet een atoom- molecuulvoorstelling worden afgewezen omdat leerlingen in beginonderwijs geen directe ervaring kunnen hebben met de betekenis en inhoud van deze begrippen. Daarom volgde men in de WEI-S een onderwijsplan waarbij door leerlingen eerst ruime ervaring met stoffen en reacties werd opgedaan, zonder deze met een atoommodel te beschrijven. Deze ervaringen met stoffen werden eerst in een kwalitatief en later in een kwantitatief kader geplaatst.

Als eerste model voor stoffen in reacties kwam een, aanvankelijk alleen kwalitatief geformuleerde, elementvoorstelling aan de orde, waarbij 'element' de betekenis had van een behoudsprincipe om het verdwijnen en weer kunnen ontstaan van stoffen bij chemische reacties te kunnen verklaren. Het had niet de tot dan toe algemene betekenis van 'niet-ontleedbare stof' omdat dit tot de inconsequentie voert dat een zuivere, samengestelde stof een mengsel van niet-ontleedbare stoffen zou zijn.

Vogelezang (1990) heeft uitvoerig beschreven hoe vervolgens op grond van kwalitatieve en kwantitatieve regelmaat bij gasreacties een atoommodel kan worden ontwikkeld. Dit komt overeen met de historische ontwikkeling waarin massa- en volumeverhoudingen, zoals vastgelegd in de wetten van Proust, Gay-Lussac en Dalton, ook een hoofdrol speelden bij de ontwikkeling van een atoombegrip.⁶ Op deze basis kan het chemisch atoom als model voor de verwoorde kwantitatieve chemische regelmaat ontstaan, zodat een chemische reactie beschreven kan worden als de hergroepering van een ook in kwantitatief opzicht onverdeelbare eenheid van een element. Aan dit che-

misch atoom is een massa-aspect gebonden dat niet een bepaalbare absolute massa weergeeft, maar wel de onderlinge massaverhoudingen tussen de verschillende individuen van het chemisch atoom. Een dergelijke massaverhouding is een kenmerkend aspect van de tot dan toe ontwikkelde chemische context, omdat kwantitatieve chemische regelmaat is verwoord in termen van massaverhoudingen. Het op deze wijze ontwikkelde begrip chemisch atoom staat tegenover de in het middelbaar onderwijs gebruikelijke visie waarbij atoom als afzonderbaar deeltje wordt gezien waaraan wel een absolute massa toegekend wordt. Dit laatste is mogelijk omdat hierin atoom wordt voorgesteld als het kleinste deeltje van een stof dan wel element.

Een dergelijke late invoering van een begrip atoom, dat bovendien niet in alle aspecten overeenkwam met het meest gangbare in het scheikunde-onderwijs, heeft er zeker toe bijgedragen dat destijds het gesprek tussen de mensen in de WEI-S en hen die zich niet daartoe rekenden werd belemmerd. Voor de meeste scheikundedocenten buiten de WEI-S ligt het op grond van de genoten opleiding voor de hand om scheikunde zonder atomen of moleculen onmogelijk te achten, omdat deze zienswijze geen leidend principe was ten tijde van hun studie.

Triviale namen voor stoffen

De moeizame wijze waarop het gesprek tussen de mensen in en buiten de WEI-S tot stand kwam, blijkt ook uit de discussie naar aanleiding van de door Ten Voorde (1978a,b,c, 1979a,b, 1981) geschreven serie Empirische Didactiek. In deze discussie pleitte Feis (1980) voor een vroege invoering van wat in zijn ogen de chemische vaktaal genoemd kan worden en wees hij het gebruik van namen als "blauw vitriool" in beginonderwijs af. Deze tegengestelde zienswijzen bestaan ook nu nog naast elkaar, als we kijken naar de huidige schoolboeken. In de methode *Pulsar-chemie* (Camps e.a. 2002) is gekozen voor een aanpak waarin namen als 'salmiak', 'bremerblauw', 'blauw vitriool', 'tenoret' aanvankelijk wel zin hebben. Zij hebben daar betekenis in de context van het verdwijnen en ontstaan van stoffen bij een chemische reactie. Op dat moment kunnen de leerlingen de systematiek van de officiële namen nog niet doorzien en bestaat het gevaar dat zij door het gebruik ervan ongewenste denkbeelden vormen omtrent de samenstelling van een stof en omtrent chemische reactie. Pas na de invoering van een element-atoomvoorstelling krijgen de systematische namen betekenis. In de methode *Chemie Overal* (Franken & Kabel-van den Brand, 1995) echter komen dergelijke triviale namen niet voor omdat daar is gekozen voor een zeer vroege invoering van een molecuul- en atoomopvatting.

Het ontstaan en verdwijnen van stoffen

In de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw was het gangbaar om in het beginonderwijs scheikunde al snel een aantal chemische reacties te demonstreren of te beschrijven, waaronder minstens één ontledingsreactie. Hierna volgde dan een tekst waarin stond dat niet alle stoffen konden worden ontleed, waarbij deze niet-ontleedbare stoffen elementen werden genoemd. Vervolgens werden de overige stoffen beschreven als samengesteld uit deze elementen, waarmee feitelijk deze stoffen mengsel van niet-ontleedbare stoffen werden.⁷ Ten Voorde (1977) beschreef hoe hij onder de indruk raakte van

"de kring": een opeenvolging van reacties waarbij in de eerste bijv. koper een uitgangsstof is, maar in een andere reactie juist reactieproduct. Dit vormt aanleiding om bij chemische reacties naast het verdwijnen en ontstaan van stoffen te spreken over behoud. Het kenmerk behoud kan echter niet worden toegekend aan de stoffen, omdat die juist veranderen bij elke reactie. Als drager van deze behoudseigenschap wordt het principe element genomen. Die stoffen waarvan niet bekend is dat zij ontleedbaar zijn én waarvan ook niet bekend is dat zij samenstelbaar zijn, worden als representant van één element-individueel gezien. Element kan vervolgens worden gebruikt als opbouw-beginsel door de overige stoffen als samenstellingen van meerdere element-individueen te zien.

In scheikundeboeken komen tegenwoordig wel experimenten voor die het idee van niet-spoorloos verdwijnen bij een serie reacties tot thema hebben (zie bijv. Pulsar deel 2, hoofdstuk 4). Zulk niet-spoorloos verdwijnen wordt benoemd als een kringloop, waarna een principe element wordt geïntroduceerd dat aan niet-ontleedbare stoffen wordt gekoppeld. Hiermee heeft dit begrip element in zekere mate de kwaliteit 'behoud' gekregen en is het niet meer gelijk aan de omschrijving van element als niet-ontleedbare stof. Maar een expliciete verwijzing naar de onmogelijkheid om te constateren dat een stof een eigenschap niet heeft, ontbreekt en daarmee de problematisering van de overgang naar een buiten-empirische visie.

De rol van leerlingproeven

Een uitgebreid leerlingenpracticum was tot de beginjaren zeventig zeldzaam, maar als men het wenselijk vindt dat leerlingen directe ervaring kunnen opdoen met chemische verschijnselen, dan moeten ze zelf experimenten uitvoeren en beschrijven. Het doen van experimenten moet dan een empirische basis verschaffen voor het ontwikkelen van een chemische context. Binnen het onderwijzen met de leergang van de WEI-S deden de leerlingen dan ook zelf veel experimenten.

Men kan ook voor een leerlingenpracticum kiezen omdat men van mening is dat niet de zienswijze van de docent centraal moet staan. Omdat deze visie tegenwoordig meer gemeengoed is geworden, is het belang van een leerlingenpracticum nu vrijwel onomstreden. Vaak is de functie ervan echter een adstructie van behandelde leerstof, zodat het experiment niet de basis is waarop de rest van onderwijzen en leren berust. Zulke leerlingenexperimenten zijn niet meer noodzakelijk voor het betoog van de docent en/of de schrijvers van het boek, wat ook bevestigd wordt door de tekst na een leerlingenproef, bijvoorbeeld: 'Zoals je bij de proef hebt gezien ...'. Hiermee wordt niet alleen de uitvoering van het experiment door de leerlingen eigenlijk overbodig, maar ontstaat ook de situatie dat bij een experiment de leerlingen en de schrijvers verschillende zaken van belang kunnen vinden zonder dat dit expliciet wordt geïmpliciteerd. Het is niet ondenkbaar dat leerlingen hierdoor het gevoel krijgen dat hun waarnemingen er niet toe doen en dat het practicum overbodig is. Een dergelijke handelswijze wordt wel verdedigd met de motivering dat nu 'efficiënt' onderwezen kan worden, omdat iedereen hetzelfde en het 'juiste' heeft. Hiermee zijn de docent en het boek weer de centrale en bepalende factoren geworden in het leerproces en bestaat het gevaar van overdracht van vaststaande en verfeitelijkt kennis, in plaats van onderwijs te zien als een proces waarin leerlingen, docent en boek samen feiten maken.

De WEI-S vormde in de jaren zeventig niet de enige groep die streefde naar een meer centrale plaats voor leerlingproeven in het curriculum. Ook binnen de door Arnold opgezette groep Theorie Uit Experimenten (TUE) gold het leerlingenpracticum als basis voor de ontwikkeling van chemische kennis en later gebeurde dit ook bij de lesteksten van de door de minister ingestelde Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde (= CMLS) (zie voor een meer uitgebreide beschrijving van TUE en CMLS ook Terwel e.a., 1977, en Velt-horst, 2004). In dit opzicht kwamen deze drie groeperingen overeen in het werken aan didactische vernieuwing binnen het scheikunde-onderwijs. In alle drie de groepen was ook sprake van een samenwerking van docenten met elkaar op basis van de inbreng van leerlingen omdat de onderwijsteksten mede hun vorm vonden op grond van de ervaringen die deelnemende docen-ten inbrachten tijdens centrale bijeenkomsten.

De rol van groepswork

Het doen van een leerlingenpracticum brengt vrijwel automatisch met zich mee dat de leerlingen met elkaar zullen spreken over hun ervaringen. Dit was binnen de door de WEI-S nagestreefde onderwijssituaties een duidelijk voor-opgezet doel, met als beoogde uitkomst dat de leerlingen de chemische context zouden creëren. Vanwege de nagestreefde 'taalvorming' werd een groepje van twee leerlingen als te klein gezien en streefde men naar een groeps-grootte van vier, maximaal vijf leerlingen. Tegenwoordig is het werken in groepjes heel gebruikelijk, maar zelden wordt hiervoor expliciet het samen vormen van een vakcontext en de bijbehorende vaktaal als reden gegeven. De keuze voor groepswork gebeurt dan bijvoorbeeld op basis van organisato-rische argumenten zoals afwisseling van werkvorm of vermindering van het aantal na te kijken werkstukken, of vanuit een meer sociale motivatie door te benadrukken dat het belangrijk is om samenwerken met anderen te leren. Zo wordt in Ebbens e.a. (1996) groepswork niet gezien vanuit de mogelijke functie bij het leren van een vaktaal, maar vanuit het oogpunt van 'afwisseling' van werkvormen in een les. Hiertegenover staat de zienswijze zoals bijvoorbeeld verwoord door Duit e.a. (2001), die zich hierbij baseren op Quine (1992) en Roth (1995):

Laboratory activities provide the opportunities to construct and negotiate fruitful ob-servation sentences. Teachers who engage with groups of students in conversa-tions about events can thereby assist students in constructing observation sen-tences.

Later beschreven Duit e.a. (2001) dat bij hun onderwijsexperiment, waarin leerlingen zelfstandig tot analogieën moesten komen, de docenten in de les-praktijk de nodige terughoudendheid moesten betrachten ten aanzien van uitspraken van de leerlingen, ook als die op het eerste gezicht vreemd of als 'fout' overkwamen. Dit betekende niet dat de leerlingen zulke uitspraken moesten blijven doen, maar dat deze als startpunt zouden dienen voor een onderwijs-leerproces om docent en leerling samen op weg te helpen naar een geschikte visie om de nieuwe ervaringen in samenhang met het reeds beken-de te overzien. Een dergelijke houding is heden ten dage dus een algemener aanvaard uitgangspunt bij onderwijzen, maar ondervond destijds meer weer-stand. De Miranda (1968) beschreef dit als volgt:

Na de klassieke doceer-luisterles (overdracht) en onderwijs met individuele taken (vorming) wordt nu de groep als gespreksgemeenschap de belangrijkste onderwijsvorm. Groepsgesprek wordt nu niet gezien als hulpmiddel bij het "leren leren" van vastgestelde lesjes (overdracht), of als hulpmiddel om b.v. zich duidelijk te leren uitdrukken (persoonlijke vorming), maar als noodzakelijke voorwaarde voor het aanwezig stellen van bepaalde feiten. (Feiten zijn slechts aanwezig in een groep die hierover kan spreken.)

Het ging De Miranda niet zozeer om een modernisering van het scheikunde-onderwijs maar veeleer om het tot stand brengen van een onderwijsvorm die aangepast zou zijn aan de nieuwe eisen van de tijd: van feitenoverdracht of persoonlijke vorming naar onderwijs gezien als het resultaat van een durend gesprek in een productieve groep. Vanuit dit licht bezien kunnen we de hiervoor beschreven discussie tussen Feis en Ten Voorde typeren als een gesprek tussen mensen die vanuit sterk verschillende visies spreken. Voor de eerste zijn chemische werkelijkheden uit te leggen en zullen de leerlingen mede daardoor de volle chemische betekenis van de verschillende termen gaan doorzien, voor de laatste is zulke uitleg vaak onmogelijk. Anders dan toen wekt het nu minder bevreemding om te zeggen dat leerlingen soms wel bekend klinkende wetenschappelijke termen in de mond nemen, maar niet een juiste betekenis ervan weten. Het verwerven van die betekenis wordt nu veeleer gezien als een proces waarin de leerling actief bezig moet zijn en de nieuwe kennis moet inpassen in de reeds bestaande kennis. Uitleggen door de docent heeft hierbij een beperkte invloed. Het kwam echter vreemd over dat de mening werd verkondigd dat je als docent(e) sommige zaken niet kunt uitleggen, namelijk die waarin een niveauverhoging volgens Van Hiele een rol speelt. Een dergelijke beperking ten aanzien van de rol van de docent is nu bijvoorbeeld ook te lezen bij Harrison en Treagust (2001) wanneer zij spreken over de conceptual change benadering van onderwijzen zeggen: "Both Posner et al. and Hewson stress that it is the student, not the teacher, who makes the decisions about conceptual status and conceptual changes."

6. Relatie met andere onderwijsvisies

In de voorgaande paragrafen is al een aantal keren de opvatting binnen de WEI-S vergeleken met die van andere actoren in het Nederlandse scheikunde-onderwijs. In deze paragraaf wil ik de binnen de WEI-S aangehangen opvattingen vergelijken met onderwijsopvattingen die internationaal opgeld deden en doen. Ik merk hierbij wel op dat de hier geconstateerde overeenkomsten en verschillen in het algemeen geformuleerd zijn vanuit de visie van nu en destijds niet allemaal zo gezegd zouden zijn.

Constructivisme

Een uitgangspunt van Van Hiele en van de WEI-S was dat onderwijzen niet het overdragen van vaststaande kennis zou moeten zijn, maar een actief proces waarin docent en leerlingen samen een vaktaal ontwikkelen die geschikt is om waargenomen verschijnselen te benoemen en de relaties ertussen te begrijpen. Daarbij is de visie van de lerende leerling anders dan die van de onderwijzende docent. Het is de onderwijstaak van de docent om de leerling middels gestructureerd onderwijzen de mogelijkheid te geven zijn of haar visie te veranderen en een niveauverhoging door te maken.

Deze visie op de rol van de leerling was in de jaren zestig zeker geen gemeengoed maar later kwam steeds meer informatie beschikbaar die er op wees dat inderdaad bij onderwijzen en leren niet zozeer sprake is van overdragen van kennis van de docent naar de leerling, maar van een actief proces waarin de leerlingen hun kennis construeren. Hiermee worden leren resp. kennis voor iedereen een verschillende activiteit dan wel bezitsdomein, welke zich continu voortzet en uitbreidt. Binnen de WEI-S werd deze constructivistische visie onderschreven. De term 'misconcept' die wordt gebruikt door sommige auteurs die zeggen uit te gaan van een constructivistische benadering van onderwijzen, werd echter wel als problematisch ervaren. De bewustwording dat een gegeven beschrijving in een bepaalde context voldoet en in een andere context niet of niet meer, vormt een belangrijk aspect van het leren binnen de natuurwetenschappen. Zolang je in de oude context blijft, is er geen behoefte aan een andere beschrijving en heeft het niet veel betekenis om de gehanteerde visie als tekortschietend te betitelen. Ik neem aan dat een fysicus de bewegingswetten zoals Newton die heeft geformuleerd, niet onjuist zal noemen ondanks het bestaan van de relativistische mechanica. Nu lijkt in de benoeming 'misconcept' zowel opgesloten te zitten dat het bij onderwijzen feitelijk om vaststaande kennis gaat én dat bij leerlingen de misconcepties vervangen moeten worden door de 'juiste' wetenschappelijke. Hiermee lijkt een tegenspraak gecreëerd te worden met het uitgangspunt van constructivisme omdat nu van de leerlingen verwacht wordt dat zij hun oorspronkelijke visie zullen verlaten. Zien we leren echter als een voortdurend voortgaand proces, dan moeten we ook accepteren dat binnen de gestelde tijd niet iedereen er toe overgaat om een nieuw gezichtspunt in te nemen.

In samenhang met deze visie op onderwijs is er steeds meer belangstelling gekomen voor de plaats van taal in het leren van de leerlingen en in het bijzonder van de wijze hoe deze in onderlinge relatie een plaats krijgt, het zogenoemde *sociaal constructivisme* (Kabapinar e.a., 2004, Leach & Scott, 2002, Roth e.a., 2001). Zoals gezegd, werd binnen de WEI-S het gespreksmodel voor onderwijzen volgens De Miranda (1962) gehanteerd. Hierin komen de aspecten van het spreken in een groep en op die wijze taal vormen voor nieuwe zaken een belangrijke rol. Wil een nieuw concept bij de leerlingen daadwerkelijk een plaats krijgen en in productieve verbinding komen te staan met, eventueel gereorganiseerde, oude kennis dan moet door de lerenden zijn gesproken over deze zaken waarbij nieuwe betekenissen of zelfs nieuwe woorden zijn gevonden voor de te ontwikkelen begrippen. Dit betekent dat de WEI-S zich zeker herkend zou hebben in een dergelijk sociaal constructivistische kijk op onderwijzen.

Discovery learning

In de zeventiger jaren van de vorige eeuw bestond er, steunend op het werk van Bruner (1961), aandacht voor onderwijs dat is gebaseerd op het idee dat leerlingen in hoge mate vrij moesten worden gelaten en ontdekkend zouden leren. Een belangrijke vraag hierbij is welke vrijheid de leerlingen daadwerkelijk kan worden geboden. Deze vraag is mede daarom van belang omdat de mogelijkheid ontstaat dat de onderwijsweg gaat divergeren en het te bereiken einddoel uit het zicht lijkt te verdwijnen wanneer leerlingen de gelegenheid krijgen zich uit te spreken over verschijnselen en ideeën. Bij onderwijzen in een Nederlandse middelbare school met een vaststaand eindexamenpro-

gramma kan vrijheid in leren voor leerlingen dus niet de volledige bepaling van de onderwijshoud betekenen.

Binnen de WEI-S was het zeker een uitgangspunt dat de leerlingen de vrijheid moesten hebben om zich te kunnen uiten omdat zo een voedingsbodem wordt gevormd voor directe ervaring rond verschijnselen en daaraan gekoppelde leerprocessen. Binnen de visie van de WEI-S is de inbreng van de docent of een andere langer lerende zeker noodzakelijk bij het bereiken van een hoger niveau ten aanzien van waargenomen verschijnselen. Het verwerven van kennis van een natuurwetenschap tijdens het secundair onderwijs hoort niet het resultaat te zijn van ongestructureerd ontdekkingen doen, maar juist van het doorlopen van een systematische opgezette didactische structuur. In deze visie hoort de docent meer te zijn dan de bewaker van randvoorwaarden zoals veiligheid en mogelijkheden van het ter beschikking staande instrumentarium. Het is zijn of haar taak richting te geven aan het leren van de leerlingen, waarbij wel een open blik nodig is om de eigen inbreng van de leerlingen een juiste plaats te kunnen geven.

Conceptual change model

De beschrijving die Kuhn (1970) heeft gegeven van wetenschapsontwikkeling, namelijk als een zich voortdurend herhalend proces van het ontstaan van een nieuw paradigma en de erop volgende acceptatie ervan door de wetenschappelijke wereld, heeft ten grondslag gelegen aan het zogenoemde conceptual change model voor de inrichting van het onderwijs in de natuurwetenschappen. Zoals met constructivisme een wijd uitwaaiend veld van onderzoekers wordt aangeduid, is ook hier sprake van meerdere interpretaties van het uitgangsidee. Harrison en Treagust (2001) geven een overzicht waarin zij negen varianten onderscheiden met betrekking tot het ontwikkelde onderwijs, variërend van een visie waarbij de conceptual change wordt gezien als een geleidelijk verlopend proces (naar hun mening bijv. bij Dykstra, 1992 en bij Thagard, 1992) tot die waar dit wordt opgevat als een discreet proces (bijv. bij Vosniadou, 1994). Degenen die uitgaan van een discrete verandering lijken het meest aan te sluiten bij Kuhn's opvatting van een revolutie in wetenschappelijk inzicht. Ook Duit e.a. (2001) signaleerden twee polen, geleidelijke verandering tegenover een discontinu verlopend proces, waarbij zij aangeven dat een aantal onderzoekers zich baseren op Rummelhart en Norman (1981) die zowel spreken over de continue ontwikkeling van reeds bestaande schema's als over de discontinue herstructurering ervan.

De achterliggende gedachte is dat een leerling ongenoegen moet voelen ten aanzien van de gehanteerde verklaringsschema's en moet ervaren dat de aangereikte wetenschappelijke visie begrijpelijk, plausibel en vruchtbaar moet zijn. Om een gewenste conceptual change tot stand te kunnen brengen is dus een zorgvuldige onderwijssetting vereist waarin zowel de ontoereikendheid van de door de leerling gehanteerde visie aan de orde moet komen als ook dat de aangeboden wetenschappelijke visie niet alleen in deze, maar ook in andere situaties bruikbaar is. Kamp (2000) beschrijft hoe zulk onderwijs in de volgende vijf stappen inhoud kan krijgen:

1. Zoek problematische (verwarrende, verrassende) situaties vanuit het perspectief van de leerling.

2. Voer een kwalitatieve (literatuur)studie uit om een probleemstelling te formuleren.
3. Accentueer in het te ontwerpen onderwijs de tegenstellingen tussen de opvattingen van leerlingen en die van de wetenschap met betrekking tot het object van onderzoek.
4. Ontwerp onderwijsactiviteiten om leerlingen hun nieuw verworven kennis te laten consolideren en de relatie met de maatschappij vast te laten stellen.
5. Ontwerp synthese- en evaluatie-activiteiten gericht op het ontstaan van nieuwe vraagstellingen bij leerlingen.

Een dergelijke zorgvuldig vorm gegeven serie van onderwijssituaties lijkt veel op wat ik eerder omschreef als een didactische structuur voor het onderwijs. Wel is binnen de visie van de WEI-S de onder punt 4. genoemde relatie naar de maatschappij toe geen expliciet punt van aandacht geweest bij het onderwijzen.

Een andere parallel tussen conceptual change model en de visie van de WEI-S zie ik binnen de twee mogelijke opvattingen ten aanzien van een geleidelijke dan wel een discontinue verandering bij de conceptual change tijdens het leren. Binnen een Van Hiele niveau, bestaande uit een verzameling gelijksoortige kenniselementen, vindt kennisuitbreiding geleidelijk plaats. Bij een niveauverhoging gebeurt dit veel meer plotseling bij het doorbrekend inzicht ten opzichte van de relaties van het onderliggende niveau. Bovendien wordt ook bij het conceptual change model benadrukt (Harrison en Treagust, 2001) dat de lerende en niet de docent de beslissingen neemt ten aanzien van de status van een zienswijze en het accepteren van verandering erin.

7. Lessen voor het heden

In het bovenstaande is een aantal factoren genoemd waardoor het contact tussen de WEI-S en de mensen buiten deze groep moeizaam of helemaal niet tot stand kwam, met als gevolg een positie in isolement en het verdwijnen van onderwijzen volgens een WEI-S opzet in de middelbare scholen. Voor dit wegvallen is behalve de reeds genoemde redenen van organisatorische aard en de sterk afwijkende visie op onderwijzen, nog een andere m.i. zeker het vermelden waard, namelijk de grote moeizaamheid of zelfs onmogelijkheid om in de schoolsituatie een verbreding buiten het scheikunde-onderwijs te bereiken. Doordat de WEI-S beperkt bleef tot het schoolvak scheikunde verkeerden de docenten op de betreffende scholen in een isolement. De andere natuurwetenschappelijke vakken konden geen beroep konden doen op kennis die de leerlingen anders wel gehad zouden hebben doordat de programmering in de onderwijsgang anders was dan die in de traditionele schoolboeken. Vanuit de WEI-S is hierop geen adequaat antwoord gekomen. Het is overigens een open vraag in hoeverre het mogelijk zou zijn geweest voor deze aansluitingsproblemen 'reparatiepakketten' aan te bieden omdat het gevaar van onbedoelde overdracht van verfeitelijkte kennis dan groot zou zijn geweest.

Voor het huidige onderwijs kan dit aspect van belang zijn in verband met het werk dat wordt gedaan in het kader van de vernieuwing van het scheikunde-onderwijs. Door de keuze die de commissie Van Koten heeft gemaakt voor een opbouw volgens contexten, wordt de kans vergroot dat niet alle leerlingen

dezelfde onderwerpen en thema's samen met hun docent behandeld hebben, of dat de volgorde afwijkt van de traditionele. Om fricties met de andere natuurwetenschappelijke vakken zoals die destijds optraden rond de WEI-S te vermijden, moet gestreefd worden naar een goede samenwerking met de docenten van de andere natuurvakken. Een ander punt dat aandacht verdient is de scholing van de docenten zodat zij in staat zullen zijn om in samenwerking met de leerlingen chemieonderwijs te verzorgen. Met name de docenten die niet tot de huidige ontwikkel- en volgscholen behoren, missen de directe ervaring in het op een nieuwe wijze omgaan met heel ontwerpelijk bezig zijn in een scheikundige en maatschappelijke context. Hoewel de benadering van het onderwijs via contexten en concepten verschillende invullingen kan krijgen, zal het zeker zo zijn dat de inbreng van leerlingen toeneemt in vergelijking met het huidige onderwijs. In de beschrijvingen van een aantal projecten die zijn gebaseerd op de benadering van Chemie im Kontext (Apotheker, 2004a, 2004b) komt duidelijk naar voren dat niet van te voren vaststaat welke specifieke vragen opgeworpen en onderzocht gaan worden door de leerlingen. Bij de vergelijking van de opvatting over onderwijzen bij de WEI-S en de richting van discovery learning is de kwestie van de beperkte vrijheid van leerlingen in het onderwijsproces aan de orde geweest. Zo ook zal de docent in deze context-concept benadering ervoor dienen te waken dat de door de leerlingen ingediende onderzoeksvragen voldoende perspectief moeten bieden om de beoogde concepten inderdaad te kunnen ontwikkelen. Dit vraagt van de docent voldoende chemisch inzicht in de mogelijke vruchtbare uitwerkingen van de voorstellen van de leerlingen. Daarnaast moet hij of zij ook beschikken over voldoende didactische kwaliteiten om in deze minder vaststaande uitgangssituatie samen met de leerlingen te komen tot het einddoel. Zijn de docenten hier niet toe in staat, dan is eerder sprake van 'oude wijn in nieuwe zakken' dan van echte vernieuwing, omdat de docenten in hun onderwijzen dan wel eens meer gericht zouden kunnen zijn op het aanleren van de 'juiste' chemische feiten dan samen met de leerlingen op zoek te zijn naar relevante samenhangen waarbinnen waargenomen verschijnselen een plaats kunnen krijgen.

De verwachting dat de docenten oog hebben voor het verschil in zienswijze tussen hen en hun leerlingen en daarnaast voor de beperkte reikwijdte van hun uitleg is misschien te optimistisch, getuige de soms teleurstellende uitvoering van het studiehuis en de niet aflatende reeks artikelen waarin een kloof tussen de resultaten van didactisch onderzoek en de dagelijkse lespraktijk van docenten gesignaleerd wordt (Bergen, 2005).

Zowel docenten als leerlingen hebben behoefte aan een zekere mate van vastigheid, ook wanneer er veranderingen optreden. Voor de docenten in een veranderende onderwijssituatie speelt dit met name wanneer niet alleen de te onderwijzen chemische thema's nieuw zijn, maar ook van hen wordt verwacht dat zij op didactisch nieuwe manieren bezig zullen zijn. Voor de leerlingen betreft het o.a. een herkenbaar overzicht van tot stand gebrachte scheikundekennis. Naar mijn mening is binnen de WEI-S voor dit laatste aspect vaak te weinig aandacht geweest. Wanneer het scheikunde-onderwijs een lossere structuur gaat vertonen doordat leerlingen niet allemaal meer dezelfde zaken gaan onderzoeken en leren, dan wordt het voor de docenten een didactische opgave hen hierbij te begeleiden en samen met hen op het einde van het proces vaststellen wat ze met elkaar hebben geleerd. Gebeurt dit niet, dan

is de kans groot dat een aantal leerlingen het gevoel krijgen niets te leren en als gevolg daarvan minder gemotiveerd raken.

8. Keuzes

Het werk van de Van Hieles geeft aan dat in het wiskunde-onderwijs uitleg door de docent niet altijd het gewenste resultaat heeft. Deze bevinding is voor het scheikundeonderwijs en voor het leren van didactiek bevestigd door het werk van Ten Voorde en Vogelezang. Dit geeft aan dat de vanzelfsprekende centrale docerende docent niet in alle gevallen de beste optie is. Dit betekent dat de leerlingen een belangrijke plaats dienen te hebben bij het onderwijzen waarbij zij niet gelijkwaardig zijn aan de docent maar in het spreken wel gelijk-gerechtigd. Om het gesprek tussen de leraar en de leerlingen zo betekenisvol te kunnen laten verlopen moeten de laatste directe ervaring hebben opgedaan met verschijnselen die horen tot de vakcontext. Wanneer de docent weet dat de randvoorwaarden daarvoor vervuld zijn, dan hoeft hij het falen van zijn uitleg niet op de eerste plaats toe te schrijven aan een tekort schietende leerling dan wel aan zijn eigen onkunde. In plaats daarvan kan hij oog gaan krijgen voor een niveauctuur in het vak die maakt dat uitleggen in sommige gevallen niet mogelijk is.

De Miranda heeft aangegeven hoe in een durende gespreksgroep van lerende mensen een vakcontext gestalte kan krijgen. Nemen we gesprek als model voor onderwijzen, dan moeten we ons afvragen of we de thans in vele onderwijsinstellingen nagestreefde individualisering van het leren in alle gevallen een goede zaak mogen noemen. Spreken leer je in een groep van mensen, niet in je eentje, al dan niet met een studieboek erbij. In dit verband wil ik Lijnse (2002) citeren die, sprekend over de manier waarop een docent in de klas kan omgaan met de constructies die de leerlingen hanteren, zegt dat daar " ... door middel van interacties met medelerende of de docent, niet alleen op adequate wijze op [kan] worden ingespeeld, maar ook gekomen [kan] worden tot een gemeenschappelijk constructieproces, wat dus *didactisch* socio-constructivisme genoemd zou kunnen worden." De WEI-S zou zich herkend hebben in deze voorstelling van zaken: leren als sociaal proces, waarbij het gesprek door zijn aard niet anders dan een groepsgebeuren kan zijn.

Uit het werk dat binnen de WEI-S is verricht komt onder andere naar voren hoe belangrijk het is dat leerlingen in het beginonderwijs ruimschoots de gelegenheid krijgen zich uit te spreken over waargenomen verschijnselen ten einde zich een eigen grondniveau te vormen. Als we een doorsneeboek voor scheikunde inkijken dan moeten we helaas concluderen dat veel leerlingen die mogelijkheid niet krijgen. Vaak komen al snel formele regels aan de orde en worden leerlingen gedwongen de gebruikelijk chemische zienswijze van de auteurs te volgen. Waarom bieden zij de lerende mensen niet de gelegenheid zich hun eigen voorstellingen ten aanzien van de chemie te vormen en dwingen ze hem of haar zo snel tot napraten? Ik ben mij er overigens ten volle van bewust dat de overladenheid in het eindexamenprogramma auteurs en docenten tot een dergelijke werkwijze kan aanzetten.⁸ Bovendien heeft deze externe dwang helaas maar al te vaak tot gevolg dat het voor veel leerlingen onmogelijk zal zijn om zich de leerstof werkelijk eigen te maken.

Uit het werk van mensen die zich binnen of rond de WEI-S actief hebben opgesteld, vloeit een aantal vragen voort die van ons als didacticus en/of als

leraar stellingname verlangen. Antwoorden op deze vragen zijn niet altijd eenvoudig te geven, mede omdat daarvoor soms een beantwoording van de vraag nodig is naar de richting van het onderwijs in de natuurwetenschappen. Destijds heeft het lang geduurd voor Roest (1931) antwoord kreeg op zijn oproep tot de scheikunde-leraren van Nederland zich uit te spreken over "*wat men doet en waarom*" en elkaars beschouwingen te lezen en zo met elkaar een bruikbare terminologie te ontwikkelen om over onderwijs te kunnen spreken. Ik hoop dat door dit artikel een aantal mensen zich aangesproken voelt opdat we samen kunnen zoeken naar en werken aan een verdere ontwikkeling van scheikunde-onderwijs, scheikunde-didactiek en van algemene didactiek van de β -wetenschappen.

Correspondentie over dit artikel aan Michiel Vogelezang, Instituut voor Leraar en School, Radboud Universiteit Nijmegen & Hogeschool van Arnhem en Nijmegen Postbus 38250, 6503 AG Nijmegen. Email: m.vogelezang@ils.ru.nl

Noten

1. Een uitgebreide beschrijving van de voorgeschiedenis en het ontstaan van de WEI-S is te vinden in Ten Voorde (1977). Ook in Vogelezang (1990) is een aantal aspecten van deze geschiedenis beschreven.
2. Soms wordt de suggestie gewekt dat er een één op één relatie is tussen macroscopische eigenschappen en structuren op nanoniveau. Indien dit het geval zou zijn, dan zou men mogen veronderstellen dat het bij een gewenste set van materiaaleigenschappen eenvoudig mogelijk zou zijn om de daarbij horende moleculen te ontwerpen. Kijkend naar het voorbeeld van spinnenwebbendraad, lijkt de praktijk eerder omgekeerd te zijn: bij het bekend worden van de nanostructuur ervan, kunnen de eigenschappen van het spinnenweb eraan worden gerelateerd. De omgekeerde weg is meestal (nog) niet begaanbaar.
3. Het citaat staat op p. 59. Het vetgedrukte is van de auteur.
4. Het citaat staat op p. 86. De onderstreping is van de auteur.
5. We kunnen dit zien als een vertaling van wat de Van Hieles het 'nulde niveau' noemden. De Miranda had al het vermoeden uitgesproken dat een dergelijk 'niveau' ook bij scheikunde een rol zou kunnen spelen.
6. Vrij recent heeft Görs (1995) over het begrip chemisch atoom geschreven. Zij is uitvoerig nagegaan hoe dit begrip in de loop van de geschiedenis is ontwikkeld en welk alternatief het biedt voor andere atoomopvattingen.
7. Een ander problematisch aspect bij deze benadering is dat het niet-ontleedbaar zijn van een stof nog niet hoeft te impliceren dat hij niet kan worden samengesteld. De onmogelijkheid hiervan wordt binnen een theoretische visie als uitgangspunt genomen, maar kan niet onomstotelijk binnen empirische regelmaat worden vastgesteld.
8. Vogelezang (1998) heeft dit voor een gedeelte van de organische chemie laten zien. De feitelijke vermindering van lesstof ten opzichte van het oude programma is minimaal evenals die in beoogde begripsvorming maar die in de toegemeten studielast aanzienlijk.

English summary

The growth and decay of the WEI-S curriculum innovation group and its implications for present day curriculum reform in chemistry.

The Study Group Empirical Introduction to Chemistry (in Dutch: Werkgroep Empirische Inleiding tot de Scheikunde, in short: WEI-S) aimed in the years 1960 – 1980 at a didactical innovation of chemistry education at secondary schools in the Netherlands. The intended innovation was rooted in the Van Hiele level-theory, Roest's concept of direct experience and De Miranda's

discussion model for teaching. The article describes the sources of inspiration of the WEI-S, the ideas developed in the group and the end of its active period. During its activities the group had a certain influence on chemistry education in the Netherlands, but towards the end of its existence the WEI-S finished up into an isolated position. On the basis of some specific examples will be examined how far the ideas of the WEI-S have made their way into the educational practice. Then correspondence will be found between the vision on education which the WEI-S tried to give shape, and the vision of modern renewal movements. For example in respect to the idea that understanding cannot be transferred by explanation of the teacher and to the idea that learning processes develop discontinuous. From this point of view the success and failure of the WEI-S are important for future innovators of the educational practice.

Literatuur

- Apotheker, J. (2004a). ChiK in Groningen. *NVOX*, 29, 242-244.
- Apotheker, J. (2004b). Viervlakig chemieonderwijs in Groningen. *NVOX*, 29, 488-492.
- Arkel, A.E. van & Snijder, H.G.S. (1936). *Leerboek der scheikunde - gegrond op atoommodel en periodiek systeem*. Groningen-Batavia: P. Noordhoff.
- Bergen, T. (2005). Tien jaar Nijmeegs onderzoek naar het leren van leraren op de werkplek. *VELON Tijdschrift voor Lerarenopleiders*. 26 (2), 5-12.
- Bruner, J. (1961). The act of discovery, *Harvard educational review*, 1.
- Camps, M., Pieren, L., Scheffers-Sap, M., Scholte, H. & Vroemen, E. (2002). *Pulsar-chemie BaVo plus chemie havo/vwo, deel 2*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Driessen, H.P.W. & Meinema, H.A. (2003). *Chemie tussen context en concept*, Enschede: SLO.
- Dykstra, D.I. (1992). Studying conceptual change: Constructing new understandings. In: R. Duit, F. Goldberg & H. Niederer, eds.: *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (p. 40-58). Proceedings of an international workshop. Kiel: Institute for Science Education (IPN).
- Camps, M., Pieren, L., Scheffers-Sap, M., Scholte, H. & Vroemen, E. (2002). *Pulsar-chemie*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Duit, R., Roth, W., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies – between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283-303.
- Ebbens S., Ettekoven, S. & Rooijen, J. van (1996). *Effectief leren in de les*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Feis, R. (1980). Een beter bruikbare onderwijsopvatting? *Faraday*, 49, 5-8.
- Franken, P.W. & Kabel-van den Brand, M.A.W. (1995). *Chemie Overal 3 hv*, Houten: Educaboek, 3^e druk.
- Görs, Britta (1999). *Chemischer Atomismus – Anwendung, Veränderung, Alternativen im deutschsprachigen Raum in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts*. Berlin: ERS-Verlag.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2001). Conceptual change using multiple interpretive perspectives: Two case studies in secondary school chemistry, *Instructional Science* 29, 45-85.

- Hewson, P.W. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396.
- Hiele, P.M. van (1957). *De problematiek van het inzicht*. Purmerend: Muusses (proefschrift Utrecht).
- Hiele-Geldof, D. van (1956). Vragen die gerezen zijn naar aanleiding van het artikel van Dr. J. de Miranda. *Mededelingenblad van de Wiskundewerkgroep*, april 1956.
- Hiele-Geldof, D. van (1957). *De didactiek van de meetkunde in de eerste klas van het V.H.M.O.* (proefschrift Utrecht).
- Kabapinar, F., Leach, J. & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching-learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. *International Journal of Science Education*, 26, 635-652.
- Kamp, M.J.A. (2000). *Centrale concepten in het curriculum* (proefschrift Nijmegen).
- Kaptein, A.J.G., Koning, J., Miranda, J. de & Vogel, J.G. (1954). *Scheikunde werkboek I*. Groningen-Djakarta: J.B. Wolters, 2^e druk.
- Koning, J. (1948). *Enige problemen uit de didactiek der natuurwetenschap en in het bijzonder van de scheikunde*. Dordrecht: Retèl en Felkers (proefschrift Utrecht).
- Kuhn, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: The University of Chicago Press, 2^e druk.
- Langeveld, M.J. (1954). *Inleiding tot de studie der paedagogische psychologie van de middelbare-schoolleeftijd*. Groningen: Wolters.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning. *Studies in Science Education*, 38, 118-143.
- Lijnse, P. (2002). Op weg naar een didactische structuur van de Natuurkunde? *Tijdschrift voor de didactiek der β -wetenschappen*, 19, 62-92.
- Miranda, J. de (1955). *Verkenning van de 'Terra Incognita' tussen praktijk en theorie in Middelbaar (Scheikunde-) Onderwijs*. Groningen: Wolters (proefschrift Utrecht). Heruitgegeven door de Afdeling Didactiek der Scheikunde van de Universiteit van Amsterdam als Discoreeks no. 2.
- Miranda, J. de, m.m.v. Hiele, P.M. van (1962). De structuur van de onderwijs-situatie als basis voor de opbouw van de didactiek. *Pedagogische Studieren*, 39, 532-557.
- Miranda, J. de (1963). Is scheikunde de wetenschap der atomen? - een vraag met didactische consequenties. *Faraday*, 32, 217-222.
- Miranda, J. de (1968). Uit welke idee ...? *Bij de Tijd*, 4 (1). Dit artikel is opgenomen op p. 138-141 in Discoreeks no. 5: *Over de mogelijkheid van een empirische didactiek*, uitgegeven door de Afdeling Didactiek der Scheikunde van de Universiteit van Amsterdam.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Quine, W.V. (1992). *Pursuit of thruth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Roest, J.F. (1931). De discussie over het chemisch onderwijs. *Faraday*, 1, 54.

- Roest, J.F. (1963). *Algemene Scheikunde*. Utrecht-Antwerpen: Het Spectrum, 2^e druk.
- Roest, J.F. (1985). Onderwijzen en bezinning op weten. In: J. de Miranda (Ed.), *Didaktiek: een gesprekswetenschap*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, afdeling Didaktiek der Scheikunde (Discoreeks nr. 7).
- Roth, W.-M. (1995). Affordances of computers in teacher-student interactions: the case of Interactive Physics™, *Journal of Research in Science teaching*, 32, 329-347.
- Roth, W.-M., Lucas, K.B. & McRobbie, C.J. (2001). Students' talk about rotational motion within and across contexts, and implications for future learning. *International Journal of Science Education*, 23, 151-179.
- Rummelhart, D. E. & Norman, D. A. (1981). *Analogical processes in learning*. In: J.R. Anderson (ed): *Cognitive skills and their acquisition* (p. 335-359). Hillsdale, NY: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schwarzenbach, G. (1949). *Allgemeine und anorganische Chemie*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Terwel, J., Vermeulen, A. & Volman, M. (1997). Vernieuwingsbewegingen in de exacte vakken. *Tijdschrift voor de didactiek der β -wetenschappen*, 14, 3-29.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Velthorst, N. (1998). *Een voortdurende uitdaging: het scheikunde onderwijs*. In: Homburg, E. & Plam, L. (eds.) *De geschiedenis van de scheikunde in Nederland, deel 3*. Delft: Delft University Press.
- Vogelezang, M.J. (1990). *Een onverdeelbare Eenheid*. Utrecht: CD β -Press (proefschrift Utrecht).
- Vogelezang, M.J. (1998). Een probleemstellende weg naar afbeeldende structuurformules. *NVOX*, 23, 27-29.
- Voorde, H.H. ten (1977). *Verwoorden en Verstaan*, band 1 (onderzoeksbeschrijving). 's Gravenhage: Staatsuitgeverij (proefschrift Amsterdam).
- Voorde, H.H. ten (1978a), Empirische Didaktiek (I). *Faraday*, 47, 73-90.
- Voorde, H.H. ten (1978b). Empirische Didaktiek (II). *Faraday*, 47, 183-196.
- Voorde, H.H. ten (1978c). Empirische Didaktiek (III). *Faraday*, 47, 240-255.
- Voorde, H.H. ten (1979a). Empirische Didaktiek (V). *Faraday*, 48, 172-183.
- Voorde, H.H. ten (1979b). Empirische Didaktiek (VI). *Faraday*, 48, 221-239.
- Voorde, H.H. ten (1981). *Niveauperhogend scheikunde-onderwijs ten behoeve van voorbereidend wetenschappelijk onderwijs*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, afdeling Didaktiek der Scheikunde (Discoreeks nr. 3).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.