

Ontwikkeling van een vernieuwd vak scheikunde in het voortgezet onderwijs

Welke uitgangspunten, welke onderwijsdoelstellingen en welke aanpak van het vernieuwingsproces?

Albert Pilot
Centrum voor Bèta-Didactiek, Universiteit Utrecht
Jan van Driel
ICLON, Universiteit Leiden

Summary

This article concerns the development of a new chemistry syllabus for upper secondary education in The Netherlands. First, the current syllabus is analysed from a historical perspective. This analysis results in the identification of a few critical issues, which constitute the starting point for the development of a new syllabus. In particular, the new syllabus, rather than attempting to paint a complete picture of scientific chemistry, should consist of a selection of topics, which are representative with respect to the nature of chemistry on the one hand, and which are relevant for students to learn on the other hand. The process of developing the new syllabus is based on the chemical competencies which are needed in various realistic situations. Cases involving different professional actors are used to identify these competencies. Practising chemistry teachers are involved in all phases of the development and the implementation of the new syllabus. Their conceptions about teaching and learning and chemistry are investigated and then taken into account. Some teachers will be involved in the identification of the competencies, whereas others co-develop and teach experimental modules in their classrooms. The process of implementation will be characterised by a gradual extension of the number of teachers who use the newly developed teaching materials.

1. Inleiding

Scheikunde is in de Tweede Fase opgenomen in het profiel Natuur & Techniek en in het profiel Natuur & Gezondheid van de bovenbouw van havo en vwo. Voor 4, 5 en 6 vwo zijn in N&T in totaal 520 studielasturen gereserveerd voor Scheikunde, in N&G 400 uur, waarbij die laatste een deelverzameling is van de eerste. Het aantal contacturen is minder geworden dan in de jaren daarvoor gebruikelijk was. De totale hoeveelheid leerstof in N&T is weinig gereduceerd ten opzichte van het oude examenprogramma Scheikunde. Er zijn wel enkele onderdelen vervallen, maar tegelijkertijd zijn er ook enkele nieuwe aan toegevoegd. Voor 4 en 5 havo zijn 280 studielasturen gereserveerd voor zowel N&T als voor N&G; dus geen onderscheid tussen de profielen. Hier is sprake van een aanzienlijke reductie van het aantal onderwerpen en contacturen.

Bij het opleveren van het programma voor de Tweede Fase heeft de vakontwikkelgroep Scheikunde de volgende aanbeveling gedaan (Vakontwikkelgroep Biologie / Natuurkunde / Scheikunde, 1995, p. 43):

'Conform de opdracht zijn de examenprogramma's scheikunde zodanig geactualiseerd dat deze voldoen aan de eisen van de nieuwe tweede fase havo/vwo. De domeinindeling is gebaseerd op de traditionele vakstructuur. Deze structuur staat sterk ter discussie. Het was op grond van de toegemeten tijd voor de vakontwikkelgroep niet mogelijk wezenlijke veranderingen in de vakstructuur aan te brengen. Bovendien kunnen dergelijke veranderingen nu, gezien de huidige expertise in het voortgezet onderwijs, niet zonder slag of stoot worden ingevoerd. Daarvoor is een ontwikkelingstraject noodzakelijk. De vakontwikkelgroep beveelt dan ook aan geld en middelen beschikbaar te stellen ten behoeve van de ontwikkeling en de implementatie van wenselijke vernieuwingen in het scheikunde-onderwijs.'

In feite is het huidige programma ontwikkeld in de jaren zeventig door de Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde (CMLS) in een innovatieproces waarnaar ook nu nog met bewondering wordt gekeken. Dit, omdat de kwaliteit van het proces en het product een sterk draagvlak vond voor het scheikunde-onderwijs van de daarop volgende periode. Maar zoals we zullen zien in de volgende paragraaf wordt er nu sterk getwijfeld aan de mate waarin dit programma voldoet aan de eisen van nu en de nabije toekomst. Het verhelderen van wat beoogd wordt met VO-Scheikunde in de toekomst is een belangrijk onderdeel van het ontwikkelingstraject dat de vakontwikkelgroep aangaf.

Om tot een fundamentele herziening van het scheikundeprogramma te komen is een initiatiefgroep gevormd, de zgn. Eenhoorngroep. Deze groep heeft, op basis van een analyse van het huidige programma, eerst enkele dilemma's geformuleerd. Deze dilemma's betreffen met name de doelen van het programma, de keuze van de vakinhoud, en de functie van experimenten door leerlingen (Eenhoorngroep, 1999). Daarna heeft deze groep een voorstel ontwikkeld om via een brede discussie over de toekomst van het vak een vernieuwingsproces te stimuleren (Eenhoorngroep, 2000).

2. Knelpunten

Het vak scheikunde in het voortgezet onderwijs is momenteel onderwerp van discussie. In hun netwerken, zoals op conferenties en andere bijeenkomsten, uiten veel leraren en andere betrokkenen een zekere zorg t.a.v. het programma van hun schoolvak. Beantwoordt het huidige scheikundeonderwijs nog aan de vragen van deze tijd? Waar het gaat om fundamentele herzieningen van een vak, is het goed om kort na te gaan wat de ontwikkeling van het vak in de tijd is geweest, met name wat de veranderingen in doelstellingen zijn geweest (zie Roberts, 1988; Van Berkel et al., 2000; Van Aalsvoort, 2000; De Vos en Pilot, 2000; Van Rens & Dekkers, 2000).

Voor de aard van het scheikundeprogramma is het zinvol te kijken naar het ontstaan van het vak. Scheikunde deed in Nederland zijn intrede als regulier schoolvak in 1863, toen de HBS werd gesticht. In Duitsland en Engeland begon in die tijd een chemische industrie te ontstaan. Nieuwe producten verschenen op de wereldmarkt en voor sommige bekende stoffen werden goedkope grootschalige productiewijzen ontwikkeld. Nederland mocht, als handelsnatie, geen achterstand oplopen door gebrek aan deskundigheid bij het controleren van samenstelling en kwaliteit van die nieuwe producten. De *bedoeling* bij het HBS-vak was dus een praktische, toegepaste

scheikunde, een voorloper van wat we nu een opleiding tot laboratoriummedewerker zouden noemen (De Vos, 2001; Van Aalsvoort, 2000).

De realisatie was echter anders: de inhoud en vorm van het vak werden sterk beïnvloed vanuit de scheikunde als wetenschap. De leraren die het nieuwe vak moesten geven, hadden een universitaire opleiding genoten en kenden scheikunde als een wetenschap. Zij stelden zich dan ook tot *doel* te proberen de leerlingen wegwijs te maken in de wetenschappelijke discipline zoals zij die zelf hadden leren kennen (De Vos, 2001; Van Aalsvoort, 2000). De schoolboeken, vereenvoudigde versies van universitaire studieboeken, behandelden chemische feiten, theorieën en onderzoeksmethoden. Zo ontstond een *overzichtscurriculum*: de reeds verworven wetenschappelijke kennis werd doorgegeven, evenals de methoden om er nieuwe kennis aan toe te voegen. De leerling werd daarmee in feite *voorbereid* op een (eventuele) loopbaan als chemisch onderzoeker, waarbij gestreefd werd naar een overzicht van het geheel van de beschikbare scheikundekennis. Deze ontwikkeling deed zich niet alleen voor bij scheikunde, maar ook bij andere vakken, en -hoewel soms in tijd verschoven- in veel andere landen.

In de eerste schoolboeken werd de basis van het curriculum gevormd door begrippen als chemische reactie, element, verbinding, zuivere stof, atoom en molecuul. Ook zuren, basen en zouten hoorden daarbij, evenals de chemische berekeningen met massa's, volumes en concentraties van stoffen (De Vos en Pilot, 2000). Nog altijd vormen deze begrippen de 'harde kern' van het programma en ook nu nog worden ze moeilijk gevonden, net als toen (zoals zichtbaar is in de schoolboeken van Gunning en andere auteurs uit het begin van de 20e eeuw). De chemie als wetenschapsgebied was in 1863 nog niet veel meer dan die harde kern, maar in de loop van de tijd is het vakgebied spectaculair gegroeid. Niet alleen is de hoeveelheid kennis enorm toegenomen, en zal in de toekomst steeds verder toenemen, ook vinden we toepassingen van die kennis overal om ons heen: iedereen heeft dagelijks met veel meer chemie te maken in leven en werk dan in het verleden. Nog nooit is immers de invloed van chemische producten en chemische processen (bijvoorbeeld via voeding, materialen en medicijnen) op ons dagelijks leven zo groot geweest. De chemie is niet alleen een centrale natuurwetenschap en tegelijkertijd een uiterst belangrijke sector van onze economie, maar ze is in de twintigste eeuw ook een steeds prominenter deel van onze cultuur geworden. De media berichten bijna dagelijks over ontwikkelingen waarin chemie een rol speelt. Een moderne leefomgeving zonder chemie is ondenkbaar geworden. Een algemene opleiding van enig niveau vereist daarom een zeker inzicht in de 'chemische dimensie' van de wereld waarin wij leven. Ook een verantwoorde *keuze* uit talrijke vervolgstudies en beroepsopleidingen vraagt begrip van wat chemie is en doet.

Voor scheikunde is in de schoolprogramma's echter nauwelijks meer leestijd beschikbaar dan in 1863. De vraag rijst dus hoe het schoolvak de enorme groei van de chemie als wetenschap en van haar toepassingen buiten de school heeft verwerkt, en wat we daaruit kunnen leren voor de toekomst van het schoolvak.

De ambitie van het overzichtscurriculum is door de jaren heen in wezen gehandhaafd. Aan het curriculum zijn in dat kader o.a. toegevoegd: de opbouw van het periodiek systeem, thermochemie, evenwichtslaar, kinetiek,

ionentheorie, elektrochemie, atoombouw en chemische binding, stereochemie, polymeerchemie, en onderdelen uit de biochemie.

Toepassingen van allerlei nieuwe ontwikkelingen in de chemie en de chemische technologie zelf en op de raakvlakken met andere vakgebieden (bijv. de informatietechnologie en de biologie) worden mondjesmaat en met een zekere vertraging opgenomen in voorbeelden en vraagstukken in schoolboeken en examens. Deze ontwikkeling heeft geleid tot een stapeling van onderwerpen (een sedimentstructuur in het programma, doordat steeds nieuwe lagen vakinhoud gestapeld zijn op de aanwezige vakinhoud) en een gebrek aan diepgang en integratie (veel onderwerpen worden oppervlakkig en zonder verwerking van de samenhang aan de orde gesteld).

Het streven naar een overzichtscurriculum en de tendens tot verdere overladenheid is ook zichtbaar in de toenemende aandacht voor vaardigheden. De uitbreiding van leerlingenpractica is een van de verworvenheden van de afgelopen vijftig jaar. Leerlingenpractica in de scheikundelessen zijn onlosmakelijk verbonden geraakt met de identiteit van het vak. De ideeën over en de invulling van het practicum hebben de afgelopen jaren een ontwikkeling doorgemaakt van practica met strikt voorgeschreven opdrachten naar een meer 'open' vorm van experimenteel onderzoek (Van Rens en Dekkers, 2000). Het invoeren van de praktische opdrachten en profielwerkstukken in het tweede fase programma vraagt voor het vak scheikunde, maar ook voor andere vakken, nog meer ruimte in het lesprogramma.

Het toevoegen van recente maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen aan het al bestaande overladen programma lijkt onmogelijk. Het in stand houden van het overzichtscurriculum, in het midden van de 20e eeuw nog een redelijk haalbaar doel, lijkt bij aanvang van de 21e eeuw niet meer te verwezenlijken. Mede het streven naar een totaaloverzicht van het vakgebied heeft geleid tot overladenheid, tot een lappendeken, waarin de samenhang ontbreekt en waarbij motivatie van leerlingen gemakkelijk verdwijnt. De gevolgen van de lappendeken zijn dat de inhoud niet representatief is voor het vakgebied, dat leerlingen geen verband zien met hun leefwereld, dat leerlingen weinig interne samenhang zien, dat de drempelvrees voor de chemische wereld eerder vergroot wordt dan verkleind, en dat de motivatie voor het schoolvak gering is. Op het begrip representatief gaan wij in par. 3 nog nader in.

Helaas is die problematiek niet exclusief voor Nederland. Andere landen worstelen met hetzelfde probleem, zoals blijkt uit lezingen en discussies op recente congressen en onderzoeksrapportages op het gebied van het chemie-onderwijs (Roberts, 1988; Van Berkel e.a., 2000; Van Aalsvoort, 2000; Budapest conference, 2000; Beijing conference, 2000).

Samenvattend laat de probleemanalyse zien, dat het huidige programma gekenmerkt wordt door overladenheid van het programma, en door een zeer zwakke relatie tussen het programma en de ontwikkelingen die de chemie zelf heeft doorgemaakt in haar plaats in de samenleving en in haar onderzoek: kortom door een maatschappelijk isolement en een isolement ten opzichte van de moderne wetenschap van chemie en chemische technologie.

3. Oplossingsrichtingen

Om tot een nieuw en goed programma te komen is een grondige herbezinning nodig op uitgangspunten, functie en doelstellingen van het schoolvak, waarbij in principe de huidige vakinhoud volledig aan revisie wordt onderworpen en ook de aansluiting op het voorafgaande onderwijs (m.n. de basisvorming) betrokken wordt. De tot nu toe gangbare procedure van schrappen en toevoegen van doelen en vakinhoud kan de gesignaleerde problemen niet oplossen. Het stapelen van nog meer onderdelen zou leiden tot een toename van de problemen. Daarom moet in een zorgvuldig opgezet project gewerkt worden aan de ontwikkeling en implementatie van een nieuw programma. Innovatieproces en beoogd programma zijn daarom nauw verbonden. De belangrijkste uitgangspunten zullen hieronder worden toegelicht.

Ontwikkeling samen met docenten

Het eerste van die uitgangspunten luidt dat acceptatie van een nieuw programma door het onderwijsveld afhankelijk is van openheid naar en betrokkenheid van docenten bij de vernieuwing van het programma. Die acceptatie is voorwaarde voor de uiteindelijke realisatie van het programma in de school. De herbezinning op de doelen en functie van het programma mag niet beperkt blijven tot een kleine commissie of projectgroep. Van de docenten wordt immers gevraagd dat zij een samenhang in doelen en inhoud van het vak laten zien, die anders is dan in het huidige programma. Zij moeten dan ook vanaf het begin intensief worden betrokken bij de bezinning, bij de besluitvorming over de uitgangspunten en doelen van het nieuwe programma en bij het ontwikkelen, testen en invoeren van nieuw onderwijsmateriaal. Dit vraagt communicatie niet alleen tussen ontwikkelaars en docenten, maar ook tussen docenten onderling. Alleen dan kunnen de herkenbaarheid en het draagvlak van een nieuw programma in het onderwijsveld worden gegarandeerd. NVON, haar website en haar verenigingsblad NVOX hebben daarin een zeer belangrijke taak. Ook andere belangrijke actoren (stakeholders) zullen bij deze discussie moeten worden betrokken, zoals vervolgopleidingen en instanties als KNAW (Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen), KNCV (Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging) en VNCI (Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie).

Gezien de cruciale rol van docenten bij het vernieuwingsproces werken we dit punt nog wat verder uit. Uit onderzoek is bekend dat ervaren docenten doorgaans beschikken over een geheel aan kennis en opvattingen over hun vak, het leren en onderwijzen van dit vak en de rol van leerlingen in dit verband. Dit geheel, dat in de literatuur wel wordt aangeduid als 'praktijkkennis' (Verloop, 1992) of als 'functional paradigm' (Lantz & Kass, 1987) geeft richting aan de wijze waarop zij hun onderwijs inrichten. Per docent kan de inhoud van deze praktijkkennis sterk verschillen, zelfs als zij hetzelfde curriculum onderwijzen (Lantz & Kass, 1987). Uit onderzoek is ook gebleken dat indien onvoldoende rekening gehouden wordt met de bestaande praktijkkennis van docenten die een bepaalde vernieuwing in hun onderwijs moeten uitvoeren, en met de context waarin zij dit moeten doen (Tobin & Dawson, 1992), een vernieuwing door docenten geheel anders kan worden geïmplementeerd dan was bedoeld. Het blijkt dat vooral de opvattingen of 'beliefs' van docenten fungeren als een 'filter' waardoor een vernieuwing wordt

gepercipieerd (Duffee & Aikenhead, 1992). Het is dus van groot belang om een goed inzicht te hebben in de praktijkkennis van docenten op het moment dat zij bij een onderwijsvernieuwing worden betrokken (Van Driel et al., 2001).

Voor het onderhavige vernieuwingsproject betekent dit dat geïnventariseerd zal moeten worden welke opvattingen ervaren chemiedocenten op dit moment hebben over het scheikundeonderwijs in havo en vwo. Welke elementen in het huidige onderwijs zijn voor hen zeer wezenlijk? Op welke punten zijn zij ontevreden en zouden zij veranderingen wenselijk vinden? Het is bijvoorbeeld de vraag in hoeverre onze analyse van knelpunten (zie par. 2) herkend en gedeeld wordt door chemiedocenten. Reacties van docenten op het artikel van de Eenhoorngroep (1999; zie voor een samenvatting van de reacties Van Driel, 2000), discussies tijdens bijeenkomsten van chemiedocenten (m.n. de jaarlijkse Woudschotenconferenties) en reacties op de mailing list voor chemiedocenten van de NVON geven hierover wel enige informatie. Zo is tijdens de Woudschotenconferentie in november 1999 geïnventariseerd welke standpunten chemiedocenten innemen ten opzichte van de door de Eenhoorngroep geformuleerde dilemma's (Eenhoorngroep, 1999). Per dilemma hebben de docenten ($n=164$) aangegeven wat zij in hun huidige situatie doen, en wat zij in een toekomstig programma zouden willen doen. Hieruit kwamen een aantal duidelijke trends naar voren. Zo bleek onder meer dat docenten in de toekomst meer aandacht zouden willen besteden aan maatschappelijke aspecten van de chemie, *ten koste van* de overdracht van chemische vakkennis, dat zij hiertoe liever een beperkt aantal onderwerpen zouden willen behandelen dan vast te houden aan het huidige overzichtscurriculum en dat zij meer ruimte wensen voor het leren van experimenten en het verwerven van onderzoeksvaardigheden, ook weer ten koste van de hoeveelheid theorie (Pilot, 2000).

Docenten leggen echter ook zeer verschillende accenten in hun analyse van de problematiek en, bijgevolg, in de oplossingsrichtingen (zie bijv. Van Driel, 2000). Sommigen zien bovendien de veranderingen als gevolg van de Tweede Fase voornamelijk als een bedreiging van het scheikundeonderwijs, met name voor de havo, en willen bij voorkeur meer ruimte (lees: uren) om het 'oude' programma in stand te kunnen houden. Anderen geven aan de komende tijd vooral 'rust' te wensen na alle hectiek als gevolg van de invoering van de Tweede Fase. Uit het geheel van al deze reacties kan men, met de nodige voorlopigheid, wel afleiden dat er bij docenten ook zorgen bestaan omtrent het huidige scheikundeonderwijs. Het is in elk geval van belang om de opvattingen van chemiedocenten over dit soort zaken systematisch en op grotere schaal te inventariseren.

Uiteraard kan niet worden volstaan met het in kaart brengen van de opvattingen van chemiedocenten. Er zal gezocht moeten worden naar manieren om opvattingen en praktijkkennis van docenten te veranderen in een richting die past bij de doelstellingen van de vernieuwing. Tegelijkertijd moet de koers van een vernieuwingsproces aangepast kunnen worden aan de bestaande opvattingen en de veranderingen die hierin mogelijk blijken te zijn: als er een grote kloof blijkt te bestaan tussen de ambities van een vernieuwing en de bestaande opvattingen van docenten, kan het ambitieniveau maar beter worden aangepast aan wat haalbaar lijkt te zijn. De besluitvorming omtrent de invulling van het nieuwe curriculum ligt op dit moment nog geheel open. De

verwachting is dat er binnenkort een ministeriële commissie wordt ingesteld die een aantal beargumenteerde keuzes zal moeten maken over inhoud en vormgeving van het nieuwe programma. Voorafgaand hieraan wordt vanuit de beroepsvereniging NVON momenteel een ronde langs de diverse regionale kringen van chemiedocenten gemaakt om te peilen welke opvattingen en suggesties deze docenten verwoorden over het huidige programma en de door de Eenhoorngroep voorgestelde vernieuwing.

Wat betreft het ontwikkelen van de praktijkkennis en de opvattingen van docenten is uit onderzoek duidelijk gebleken dat traditionele vormen van (na-)scholing, in de vorm van kortlopende cursussen en workshops, weinig effectief zijn. Vormen van professionele ontwikkeling die wel succesvol gebleken zijn, worden gekenmerkt door (1) expliciete aansluiting bij de aanvankelijke opvattingen en praktijkkennis van docenten, (2) een accent op collegiale samenwerking of uitwisseling en (3) een voldoende lange looptijd (van minimaal een half jaar tot enkele jaren). Concrete vormen van zulke professionele ontwikkelingsactiviteiten zijn bijvoorbeeld het leren in collegiale netwerken, *peer coaching*, en het in teamverband verrichten van actie-onderzoek (Van Driel et al., 2001). In de slotparagraaf werken we deze ideeën concreter uit.

Van een statisch overzichtsprogramma naar een dynamisch representatief programma

Het huidige programma is een *overzichtsprogramma*. Zoals hiervoor beargumenteerd, is dit programma in de loop van de tijd ontstaan in een traditie waarin gestreefd werd een volledig beeld van de wetenschappelijke chemie te presenteren. Gegeven de snel toenemende hoeveelheid chemische kennis, leidde deze aanpak noodgedwongen tot oppervlakkigheid. Een belangrijk uitgangspunt voor de revisie is om hiervan af te stappen en uit te gaan van zorgvuldig *geselecteerde* onderwerpen uit de chemie die samen, zonder volledig te zijn, een representatief beeld geven van het vakgebied en de maatschappelijke effecten ervan. Mede door beperking tot zorgvuldig geselecteerde onderwerpen kan overladenheid worden voorkomen. We noemen dit een *representatief programma*. De centrale vraag is dan: wat is representatief, hoe kan de visie op een representatief programma worden vertaald naar meer *gespecificeerde onderwijsdoelstellingen*? Gezocht zal moeten worden naar doelstellingen die kenmerkend en bepalend zijn voor chemische concepten en werkwijzen. Een voorbeeld betreft het door leerlingen zelf laten herkennen en analyseren van (een beperkt aantal) problemen in plaats van het aanbieden en bespreken van (zoveel mogelijk) problemen. De representativiteit vereist o.a. dat het natuurwetenschappelijke, het technologische en het maatschappelijke 'gezicht' van de chemie op een evenwichtige wijze en in onderlinge samenhang aan de orde worden gesteld. Dat zal overigens niet eenvoudig zijn, want ook de relatie met andere vakken, en daarmee het interdisciplinaire karakter van de moderne chemie, moet daarin zichtbaar worden.

Gelet op het dynamische karakter van de moderne chemie zal de uitwerking van het programma in subdoelstellingen en vakinhoud dynamisch en open moeten zijn. De chemie en chemische technologie is sterk in ontwikkeling, zowel de wetenschap als haar (maatschappelijke) toepassingen. Het interdisciplinaire karakter krijgt steeds meer nadruk in samenhang met

zowel andere bètavakken als met maatschappijwetenschappelijke vakgebieden. De overstap van een overzichtsprogramma naar een representatief programma maakt de weg vrij voor de ontwikkeling naar een dynamisch en open programma. Over inhoud en vormgeving van zo'n representatief programma moeten vervolgens nadere beslissingen worden genomen. Maatregelen moeten worden genomen om het opnieuw ontstaan van een kloof tussen schoolvak enerzijds en wetenschap en maatschappij anderzijds te voorkomen.

Een belangrijk criterium bij de keuze van onderwerpen en doelstellingen voor een representatief programma wordt gevormd door de gedachte dat het vak niet zozeer voor toekomstige chemici relevant en leerbaar moet zijn, maar voor een veel grotere doelgroep *betekenisvol* is. Immers, het schoolvak is bedoeld voor veel meer leerlingen dan alleen de toekomstige chemici. In talrijke andere opleidingen en beroepen krijgen leerlingen later ook met chemische zaken te maken en bovendien worden ze ook als burger geconfronteerd met situaties die een chemische dimensie hebben. Het schoolvak zal *relevant* moeten zijn voor de persoonlijke ontwikkeling van leerlingen en moeten aansluiten op maatschappelijke ontwikkelingen. De bovengenoemde aanduiding 'betekenisvol' zal dus moeten worden uitgewerkt tot heldere criteria voor de keuze van voorbeelden die passen in een representatief programma.

Overigens zal ook in het nieuwe programma uiteindelijk een belangrijk deel van de chemische basiskennis die momenteel aan de orde komt in havo en vwo, terug te vinden zijn. Het gaat dan om kennis die in meerdere contexten nodig is, en die representatief is voor de identiteit van de chemie. Te denken valt aan het concept 'chemische reactie' in termen van stofomzettingen en energie-effecten, het chemische elementbegrip, kennis van bepaalde stoffen en materialen, de relatie tussen macroscopische chemische verschijnselen en corpusculaire verklaringen, enzovoort. Bij het vernieuwingsproces wordt echter getracht om discussies op basis van 'onderwerpenlijsten' te vermijden. Dergelijke discussies hebben in het verleden tot gevolg gehad dat er per saldo extra onderwerpen werden toegevoegd, met overladenheid en gebrek aan samenhang tot gevolg.

4. Procedure voor verheldering van doelstellingen

In het voorgaande is sprake van de ontwikkeling van een visie op toekomstig scheikunde-onderwijs voor vwo en havo. Maar voor een verdere uitwerking is het nodig die visie om te zetten in een meer gedetailleerde formulering van de doelen van het onderwijs, uiteindelijk via een aantal controleerbare en bespreekbare stappen tot een houvast voor examencommissies, leerlingen en docenten. In het onderstaande doen wij een eerste voorstel voor een procedure om van de visie te komen tot een globale formulering van doelen en inhoud. Dit voorstel is gebaseerd op de literatuur over werkwijzen om doelstellingen te verhelderen (Nedermeijer en Pilot, 2000; Huber en Pilot, 1973). Ook is een eerste experiment gedaan met deze werkwijze in een bijeenkomst in het kader van de zogenaamde SO3-bijeenkomsten (Scheikunde Onderwijs, Ontwikkeling en Onderzoek), dat werd voorbereid door Bulte, Pilot, De Vos en Westbroek (zie voor een verslag daarvan SO3-verslag nr. 29, januari 2001). De deelnemers aan deze bijeenkomst waren 30 belangrijke stakeholders uit het chemie-onderwijs: docenten VO,

lerarenopleiders, onderzoekers en ontwikkelaars van chemie-onderwijs, toetsdeskundigen en chemie-onderzoekers uit de academische wereld). We zullen nu kort de gebruikte aanpak toelichten.

Centraal wordt gesteld de vraag welke 'competenties' de leerlingen verworven moeten hebben na afloop van hun havo of vwo programma scheikunde. Om de vraag uit te werken worden 'scheikundige situaties' in de uiteindelijke praktijk van studie of leefwereld in groepjes uitgewerkt door betrokkenen uit de relevante groepen (de stakeholders voor deze doelverheldering). Deze situaties worden hen voorgelegd in de vorm van casussen. Een voorbeeld: er ontstaat een probleem bij een fabrikant van kattenvoer, mogelijk door verontreinigingen zoals dioxine, en de leerling die na VO-Scheikunde economie of rechten gestudeerd heeft wordt opgenomen in het crisisteam van de fabrikant. Daar moet zijn of haar meerwaarde blijken in de zin dat de verworven competentie relevant is voor de inbreng in het crisisteam. Relevante beroepen of rollen zijn bijvoorbeeld de kattenfokker, de marketing manager van de fabrikant, werknemer bij de juridische afdeling, maar eventueel ook dierenarts en werknemer bij de keuringsdienst van waren. In een kader (figuur 1) worden enkele voorbeelden gegeven die verder uitgewerkt zijn.

Vanuit de geschetste casussen worden de 'VO-competenties' afgeleid voor zowel havo als vwo afzonderlijk door de deelnemers aan deze opdracht. Als verdere informatie krijgen zij dat competenties kunnen worden uitgewerkt in categorieën zoals houding, vaardigheden en kennis. Binnen een casus zijn er steeds twee beroepsgroepen waarvoor scheikunde op vwo of havo eindonderwijs is (bijv. de kattenfokker en de marketing manager) en twee beroepsgroepen die na het VO nog een vervolg wat betreft chemie-onderwijs hebben genoten (bijvoorbeeld de dierenarts en de medewerker van de keuringsdienst van waren). De 'beroepscompetenties' voor deze laatste rollen zijn niet zomaar te vertalen naar VO-competenties, de vervolgopleiding heeft immers ook bijgedragen aan het leerproces van de leerling.

Over die vervolgopleidingen zijn enige kwantitatieve gegevens beschikbaar. In 1988 is een schatting gemaakt op basis van CBS-gegevens van het percentage leerlingen dat na vwo respectievelijk havo een studierichting kiest waarvoor scheikunde verplicht is (Hondebrink en Eykelkamp, 1988). Voor de generatie 1986 kwam die schatting uit op het volgende: van de 16.200 vwo-ers, die het scheikunde-eindexamen aflegden (45% van het totale aantal examenkandidaten), hadden 3430 (= 21%) dit vak nodig als (verplicht) steunvak en gingen er 970 (= 6%) "echt" scheikunde studeren. Voor de havo deden ongeveer 50.000 leerlingen eindexamen, waarvan 18.500 (37%) examen deden in het vak scheikunde. Van hen hadden 3820 (=21%) het vak nodig voor hun vervolgopleiding. Deze gegevens betreffen een generatie van 15 jaar geleden en inmiddels zal de situatie anders zijn. Het is daarom gewenst meer recente gegevens beschikbaar te maken bij de voorbereiding van een nieuw programma. Maar het lijkt weinig waarschijnlijk dat hierbij sterk afwijkende resultaten gevonden zullen worden, al is het zeker dat het aantal leerlingen, dat voor een universitaire scheikundeopleiding kiest, de laatste jaren nogal gedaald is.

Omdat dus een groot aantal leerlingen een vervolgopleiding zal kiezen waarin geen scheikundige onderdelen voorkomen, terwijl de overige leerlingen in hun vervolgopleidingen hele verschillende scheikundige inhouden zullen

bestuderen, kiezen wij bij de vernieuwing van het scheikunde-onderwijs in havo en vwo voor het uitgangspunt dat dit onderwijs *eindonderwijs* is.

5. Bevindingen en voorlopige conclusies over deze werkwijze voor verheldering van de doelstellingen

De meeste deelnemers aan deze discussie over de doelstellingen hebben zich bij de opdracht gericht op de leerling, waarvoor de schoolscheikunde eindonderwijs is. Deze groep werd over het algemeen beschouwd als de groep die voor een belangrijk deel bepalend is voor de doelstellingen. Vervolgopleidingen in hbo en wo zijn in die visie verantwoordelijk voor de specialistische scheikundige kennis die noodzakelijk is voor die vervolgopleidingen. Daarbij speelt ook de ervaring een rol dat er grote diversiteit is in de benodigde kennis voor dergelijke opleidingen. Dit leidde tot de conclusie dat vooralsnog de discussie over de doelstellingen het beste geconcentreerd kan worden op de behoeften van leerlingen voor wie chemie in het voortgezet onderwijs eindonderwijs is.

Op dit niveau van verheldering van doelstellingen werd overigens geen zichtbaar onderscheid gemaakt tussen havo en vwo, dit in tegenstelling tot de verwachtingen van de organisatoren van deze werkwijze.

Wat betreft de samenhang met andere vakken werd vooral biologie vaak genoemd.

Vaardigheid in het verkrijgen van kennis werd vaak genoemd, evenals het kunnen beoordelen van de kwaliteit van de informatie. Leerlingen zullen in dat verband moeten leren om de juiste vragen te stellen. De kwaliteit van de kennis wordt volgens de betrokkenen vooral bepaald door de kwaliteit van het leerproces dat geleid heeft tot die kennis.

Het kunnen argumenteren wordt als een belangrijke vaardigheid gezien, met de nadruk op de kwaliteit van de argumenten. In samenhang daarmee wordt het leren kritisch om te gaan met informatie genoemd, ook wel het leren onderscheiden van zin en onzin in een chemische context. Om een probleem goed te begrijpen en er de juiste vragen over te kunnen stellen, moet eerst een analyse gemaakt worden in scheikundige termen, en daarvoor is basiskennis noodzakelijk. Tegelijk geeft dit een ingang om vanuit casussen na te gaan welke basiskennis noodzakelijk is.

Tenslotte wordt ook het leren communiceren over onderwerpen met scheikundige aspecten vaak genoemd als een belangrijke vaardigheid voor deze groep leerlingen.

In samenhang daarmee worden ook bepaalde attitudes als zeer gewenst gezien: het willen weten, willen leren, willen kennen, en een zelfkritische houding (met name gericht op het eigen leerproces).

Wat betreft de benodigde kennis is opvallend dat in de plenaire discussie op basis van de uitkomsten van diverse casussen opgemerkt werd dat biochemie een grotere plaats in het programma zou moeten innemen. In diverse casussen werd het nodig geacht dat meer kennis daarover nodig is dan nu in het programma zit, dat vele scheikundige principes in dit vakgebied relevant zijn (de chemie van de cel) en dat dit goed kan aansluiten bij de behandeling in de biologie. In het algemeen werd geconcludeerd dat functionaliteit van kennis een goed uitgangspunt is voor discussie over de prioriteiten in de vakinhoud: leerlingen moeten kennis ook als functioneel ervaren.

Leerlingen zullen op basis van hun schoolscheikunde in staat moeten zijn zich snel in te werken in een scheikundig onderwerp. Specifieke scheikundige kennis kan snel verouderen. Maar het is gewenst leerlingen een 'basis' mee te geven die ze over 10 jaar kunnen en willen gebruiken om zich snel in te werken in onderwerpen die dan relevant voor hen zijn. De vraag is welke kennis van de scheikunde vanuit dat perspectief prioriteit verdient bij de samenstelling van een nieuw programma voor havo en vwo.

Bij de keuze van casussen is representativiteit gezien de bovenstaande uitgangspunten een belangrijk criterium. Beoordeling op nader uit te werken criteria zal door de stakeholders ten minste gelegitimeerd moeten worden, want in feite is met de keuze van de casussen ook de keuze voor doelstellingen aan de orde. Casussen kunnen overigens ook bouwstenen vormen van het nieuwe curriculum. Dat wil zeggen: een aantal casussen kan in dit verband geschikt bevonden worden, terwijl dit voor andere casussen niet blijkt te gelden. De beslissing hierover moet in elk geval separaat worden genomen van de keuze om een bepaalde casus te gebruiken om de doelstellingen te verhelderen.

Bij de verdere ontwikkeling van casussen kan worden gewerkt met docentenpanels. Nadat casussen, of onderwerpen hiervoor, in eerste instantie gekozen worden door een werkgroep met afgevaardigden vanuit het voortgezet en het vervolgonderwijs, de chemische industrie en wetenschap en de maatschappij (bijv. een wethouder milieuzaken of een wetenschapsjournalist), hebben dergelijke panels tot doel om het curriculum-in-wording te toetsen op aspecten als relevantie voor leerlingen, leerbaarheid en complexiteit (voldoende diepgang), gewenste volgorde van casussen, aansluiting op (veronderstelde) interesse bij leerlingen. Het spreekt voor zich dat leden van deze panels zich hierbij zullen laten leiden door hun opvattingen over dit soort zaken. Het is daarbij van groot belang dat deze opvattingen expliciet naar voren komen in de discussie over de casussen. De samenstelling van de panels wordt bij voorkeur zo gekozen dat deze een representatieve afvaardiging van de totale populatie van chemiedocenten weerspiegelt voor wat betreft hun opvattingen over het scheikunde-onderwijs in havo en vwo. De samenstelling zou gebaseerd kunnen worden op de uitkomsten van het in par. 3 genoemde grootschalige onderzoek naar de opvattingen van chemiedocenten.

Aansluitend op deze werkwijze om doelstellingen te verhelderen zullen we nog kort ingaan op een mogelijke uitwerking van de didactische vormgeving van een nieuw scheikundeprogramma. De belangrijkste reden daarvoor is dat daarbij gebruik gemaakt wordt van het type casussen die in de discussie over de doelstellingen zo'n belangrijke plaats innemen. De taken die besloten liggen in de relevant geachte casussen worden in die uitwerking zowel gebruikt om te bepalen welke doelstellingen relevant zijn, alsook worden ze gebruikt om het onderwijs zelf, inclusief te beoordeling van de leerresultaten, vorm te geven.

6. Didactische vormgeving

Naar basis en thema's

De Eenhoorngroep is in de Hoofdlijnennotitie (Eenhoorngroep, 2000) vooralsnog nog tot het oordeel gekomen dat in een representatief programma voor een natuurwetenschappelijk vak als scheikunde het zinvol is onderscheid

te maken tussen basis en thema's. Ook deze indeling vormt een uitgangspunt bij de revisie, omdat thema's aansluiten bij het uitgangspunt van het representatieve programma. *Basiskennis* en *basisvaardigheden* zijn het minimaal nodig geachte om eenvoudige chemische informatie te kunnen herkennen, interpreteren en weergeven bij de bewerking van de thema's.

Enkele voorbeelden van 'beroepssituaties' zijn:

- Bij de opwerking van suikerbiet tot producten van de suikerindustrie moet de opbrengst, het rendement voor alle partijen (boer, fabrikant en consument) zo hoog mogelijk zijn, of
- Consumentenonderzoek heeft uitgewezen dat er vraag is naar een speciale gele suiker voor kinderen,
- Er verschijnt een bericht in de krant: 'Dioxine in kattenvoer'. Moet de fabrikant de partij kattenvoer terugtrekken?
- Nieuwe producten zijn beschikbaar met gezondheidsbevorderende componenten (functionele voedingsmiddelen functional foods), b.v. Yakult met bacteriën die darmkanker zouden kunnen voorkomen. Zijn deze producten voor de consument de moeite waard / aanvaardbaar?
- Het gehalte nitraat in het grondwater voor de bereiding van drinkwater is te hoog. Welke maatregelen moeten worden getroffen, opdat drinkwater toch aan de nitraatnorm kan voldoen?

Deze vragen kunnen worden bekeken vanuit het perspectief van verschillende beroepsgroepen. Voor bijvoorbeeld het nitraatprobleem kunnen dat zijn: een medewerker van het waterleidingbedrijf, een scheidingstechnoloog, een beleidsmedewerker van VROM of een voorzitter van een boerenorganisatie. Voor de eerste twee beroepsgroepen is na het scheikundeonderwijs in het VO nog een vervolg wat betreft chemisch onderwijs aanwezig. Voor de twee laatste groepen is de schoolscheikunde (VO) eindonderwijs.

Weliswaar hebben leerlingen een 'natuur' profiel gekozen met het oog op hun vervolgopleiding. Toch kunnen we verwachten dat lang niet alle leerlingen specifiek scheikunde in hun vervolgstudie nodig zullen hebben (zie de gegevens daarover in de vorige paragraaf). Dit betekent dat scheikunde voor een redelijk grote groep eindonderwijs is, en dat we daarom met het formuleren van de doelstellingen van het vak hiermee rekening moeten houden.

Figuur 1. Enkele voorbeelden van beroepssituaties waarin chemie relevant is.

Een belangrijk aandachtspunt hierbij is de wendbaarheid van deze basiskennis- en vaardigheden. Het is namelijk niet vanzelfsprekend dat leerlingen de basiskennis- en vaardigheden die in het kader van een bepaald thema aan bod zijn gekomen, zullen herkennen en toepassen als deze bij een ander thema opnieuw nodig is. De *thema's*, die representatief moeten zijn voor het vakgebied, bieden een verdiepende context die deze informatie betekenis verleent, het voor leerlingen *betekenisvol* moet maken. Het onderscheid tussen basis en thema's vraagt om een voorlopige concretisering

in onderwijsvormgeving om de uitwerking en discussie daarover hanteerbaar en communiceerbaar te maken.

Een interessante mogelijkheid daarvoor is de volgende. Stel het vak scheikunde in de bovenbouw van havo en vwo samen uit *blokken* met een omvang van zes tot twaalf weken, zodat per schooljaar drie tot zes blokken kunnen worden voltooid. Elk blok behandelt één thema, bijvoorbeeld brandpreventie, oceanen, voedsel, de kwaliteit van water, of kleurstoffen in materialen. De gekozen blokken moeten samen een programma vormen dat de leerlingen voorbereidt op de examentoesen. De indeling in basis en thema's houdt niet in dat alle basisonderdelen moeten worden onderwezen alvorens met de thema's kan worden begonnen. De basis kan namelijk bij een zorgvuldige vormgeving van het programma grotendeels binnen de blokken worden opgebouwd.

Een 'rode draad'

De indeling van het vak in themablokken en de volgorde ervan vereisen een onderliggende 'rode draad' die zorgt voor de samenhang in het vak als geheel. De rode draad moet zorgvuldig worden geformuleerd omdat ze enerzijds de identiteit van het vak belichaamt, maar anderzijds ruimte moet bieden voor vervanging van blokken door andere die, hoewel ze over een heel ander onderwerp kunnen gaan, toch een vergelijkbare bijdrage aan het geheel leveren. De flexibiliteit-met-behoud-van-identiteit die het nieuwe programma daardoor krijgt, vormt een van de uitgangspunten ervan. De discussie over een 'rode draad' in het programma is nog niet uitgewerkt. Vooralsnog is beantwoording van de vraag naar een rode draad open gelaten, in afwachting van meer resultaten uit de discussie over de gewenste thema's en de analyse van de daarvoor benodigde basiskennis en -vaardigheden. Voor een mogelijke rode draad valt te denken aan bijvoorbeeld structuur-activiteitsrelaties, chemische reacties, relaties tussen macro en micro, of meer algemene scheikundige onderwerpen.

'Vaardigheden'

De doelstellingen die in de huidige programma's zijn opgenomen als een afzonderlijke groep ('A: Vaardigheden'), zoals schrijven en presenteren (communiceren), onderzoeken, ontwerpen, maar ook argumenteren en modelleren zullen ons inziens ook in het nieuwe programma een grote rol spelen, en worden verdeeld over de blokken. Deze doelstellingen zullen waarschijnlijk terug moeten komen in meerdere blokken vanuit het gezichtspunt dat de betreffende vaardigheden in verschillende contexten en thema's geleerd en verder ontwikkeld moeten worden. Hierbij dient bovendien afstemming plaats te vinden op andere vakken, met name biologie, natuurkunde, algemene natuurwetenschappen en wiskunde, omdat voor al deze vakken identieke doelstellingen bij 'A: Vaardigheden' zijn geformuleerd.

Diversiteit in beoordelingen

De beoordeling (toetsing van leerresultaten) moet gekoppeld zijn aan de doelstellingen van het programma, en ze moet valide, betrouwbaar, consistent en begrijpelijk zijn. Beoordeling op basiscompetenties per blok en beoordeling van thema-opdrachten zullen deel moeten uitmaken van de uiteindelijke beoordeling van de leerresultaten. De thema-opdrachten kunnen worden

gezien als voorlopers en oefeningen voor het profielwerkstuk in de vernieuwde tweede fase. De beoordeling aan het eind van het themagedeelte dient ook het gebruik van basiscompetenties in context te omvatten en zal met voldoende gewicht moeten meetellen in het PTA (het programma van toetsing en afsluiting dat al in de vierde klas begint). Door de afwisseling in thema's krijgen leerlingen gelegenheid de eenmaal binnen een bepaald blok verworven basiscompetenties later in andere situaties opnieuw toe te passen.

7. Aanpak van het vernieuwingsproces

Hoe en in welk tempo kan de weg worden afgelegd?

Bij de start van het project dient een discussie te worden gevoerd over de uitgangspunten en doelstellingen van het nieuwe programma. Gezien de gesignaleerde problematiek dient dit een brede discussie te zijn. Inmiddels heeft het Ministerie van OCenW het initiatief genomen om een ministeriële commissie in te stellen, zoals dat ook voor Geschiedenis is gebeurd (dat was de Commissie De Wit).

Bij het vernieuwingsproject zal veel aandacht besteed moeten worden aan te verwachten knelpunten in het innovatieproces (Westbroek et al., 2000). Daarom wordt onder meer een fasering beoogd, waarin aanvankelijk een beperkte groep chemiedocenten betrokken zal zijn bij het mede-ontwikkelen en uittesten van voorbeeld-lesmateriaal. Een vergelijkbare aanpak is beschreven door Parke en Coble (1997). In hun project werkten docenten van 7 scholen samen in een team met collega's en universitaire medewerkers. In dit project werd het gezamenlijk ontwikkelen van onderwijsmateriaal voorafgegaan door een discussie over de doelen van de vernieuwing. Bij het ontwikkelen van materiaal werd steeds expliciet aandacht besteed aan de persoonlijke opvattingen van de docenten en aan kenmerken van de schoolomgeving waarin het materiaal uitgetest zou worden. Parke en Coble concludeerden dat deze aanpak "supported teachers to become architects for change through building upon their current conceptions instead of attempting to remediate them" (Parke & Coble, 1997, p. 785).

Daarom worden enkele prototypen ontwikkeld die als experimentele blokken kunnen dienen. Inmiddels zijn kleinschalige en beperkte experimenten gestart met dergelijke prototypen. Een eerste lessenserie over Superslurpers is inmiddels beproefd in 5 klassen van enkele scholen door docenten van zogenaamde proefscholen (Janssen en Kerkstra, 2001). Een andere lessenserie is ontwikkeld over waterkwaliteit door onderzoekers van de sectie Chemiedidactiek van de Universiteit Utrecht (Westbroek et al., 2001). Over een biochemisch thema en over waterzuivering zijn experimentele lessenseries in voorbereiding.

Na een eerste uitvoering van deze blokken in enkele scholen vindt uitbreiding plaats in drie dimensies:

1. Het geteste materiaal wordt herzien;
2. Er wordt meer onderwijsmateriaal ontwikkeld;
3. Er worden meer scholen bij de uitvoering betrokken.

Bij deze uitbreiding is een zekere flexibiliteit noodzakelijk die kan worden ingebouwd door het opnemen van zogenoemde 'go/no-go momenten'. Dit zijn momenten waarop beslist wordt of de voorwaarden voor een volgende stap zijn vervuld. Blijkt dat niet het geval te zijn, dan wordt een vorige stap herhaald tot wel aan die voorwaarden is voldaan. Hiermee wordt opnieuw een uitgangspunt geformuleerd, n.l. dat nieuw onderwijs alleen via een zorgvuldige ontwikkelingsprocedure wordt ingevoerd.

De indeling wordt nog gecompliceerd doordat een nieuw programma zowel voor havo als voor vwo moet worden ontworpen en geïmplementeerd. Het lijkt gewenst te beginnen met het vwo, o.a. omdat dit schooltype in de bovenbouw drie leerjaren omvat waardoor meer ruimte voor vernieuwing beschikbaar is. Een afzonderlijke ontwikkeling moet gestart worden voor het havo-programma omdat dit een eigen doelstelling en opzet vergt, gezien het karakter van het havo-onderwijs en de betrokken leerlingen. Omdat de situatie in havo vermoedelijk urgenter is, in termen van overladenheid van het programma en gebrek aan samenhang en relevantie voor de leerlingen, lijkt het voor de hand te liggen om ook met de ontwikkeling voor de havo te starten. Omdat de ruimte in de havo voor vernieuwing echter zo gering is (docenten hebben hun handenvol om hun leerlingen tijdig en met enige kans op succes op het examen voor te bereiden), bestaat er weinig animo bij docenten om juist daar vernieuwingsexperimenten uit te voeren.

Over de drie afzonderlijke dimensies merken we het volgende op.

1. Herziening van nieuw onderwijsmateriaal

Nieuw materiaal wordt in slechts enkele scholen getest om desgewenst snelle aanpassingen te kunnen doorvoeren. Het is mogelijk dat een aantal scholen elk een variant van het materiaal test. In veel gevallen zal de uitvoerende docent ook bij de ontwikkeling zijn betrokken. Tijdens de uitvoering worden gegevens verzameld t.b.v. een evaluatie om daarna een nieuwe, verbeterde versie van het onderwijsmateriaal te maken. In enkele gevallen kan de herziening deel uitmaken van een didactisch onderzoeksproject. Een voordeel daarvan is dat niet alleen het betreffende materiaal wordt herzien, maar dat bovendien geprobeerd wordt conclusies van een meer algemeen karakter te trekken. Daarvan kan zowel bij de ontwikkeling van materiaal over andere onderwerpen als bij de overdracht naar andere scholen worden geprofiteerd.

2. Ontwikkeling van meer onderwijsmateriaal

De eerste blokken van het nieuwe programma zullen nog zijn ingebed in bestaand onderwijs en moeten daardoor in zekere zin nog een marginaal karakter hebben. Geleidelijk neemt echter de omvang van het nieuwe onderwijs toe. Bij het ontwerpen en uitvoeren van het nieuwe programma als geheel moet worden gewaakt voor overladenheid; alleen in de praktijk kan blijken wat haalbaar is.

Verwacht mag worden dat de uitbreiding op de 'eerste ronde' scholen gemakkelijker zal worden naarmate docenten en leerlingen ervaring opdoen met aard en inhoud van het nieuwe programma. Ook de ontwerpers zullen profiteren van de opgedane ervaringen. Het is daarom gewenst dat de groep 'eerste ronde' scholen betrokken blijft bij de ontwikkeling van nieuwe materialen.

Hoewel de totale herziening van het programma meer tijd vereist, moet al in 2003 een voorlopige beschrijving ervan mogelijk zijn. Naast reeds ontwikkelde delen van een nieuw programma moet die beschrijving ook een globaal overzicht van het geheel kunnen bevatten. Het eenmaal voltooide programma zal, ook op langere termijn, voldoende flexibel moeten zijn om recht te doen aan het dynamische karakter van het vak.

Naarmate op scholen de omvang van het nieuwe onderwijs, inclusief de bijbehorende toetsing, toeneemt wordt het noodzakelijk de leerlingen van deze scholen een aangepast schriftelijk eindexamen aan te bieden. Voor de pioniersscholen is dit het geval wanneer aan een groep leerlingen twee blokken zijn aangeboden, zodat een aangepast examen al drie jaar na het begin van de experimenten in de vierde klas nodig kan zijn.

De invoering van meer nieuw onderwijs zal parallel moeten lopen met de herziening van eerder geïntroduceerd materiaal. Een groei van marginaal nieuw naar honderd procent nieuw onderwijs zal per leerjaar waarschijnlijk minimaal drie jaar kosten. Dat betekent dat voor de eerste-ronde scholen op zijn vroegst zes jaar na het begin van de experimenten een geheel nieuw eindexamen nodig zal zijn.

3. Geleidelijke uitbreiding van het aantal scholen

In deze fase van het vernieuwingsproject zal vooral de uitbreiding moeten plaatsvinden naar een grotere populatie van chemiedocenten. Materiaal dat voldoende is uitontwikkeld kan in principe aan andere scholen beschikbaar worden gesteld. Aan docenten die voor het eerst met dit materiaal gaan werken dient echter, gezien het afwijkende karakter ervan, vakinhoudelijke en didactische begeleiding te worden aangeboden. De uitbreiding kan daarom het best via een 'olievlek'-model verlopen, waarbij ervaringen die in de eerste ronde zijn opgedaan ter beschikking komen van docenten in de tweede ronde, enzovoort.

Er zal overigens in de contacten met volgscholen sprake zijn van tweerichtingsverkeer waarbij leren in netwerken van scholen een belangrijke rol speelt; deze gedachte wordt ondersteund door het onderzoek van Parke & Coble, dat in het begin van dit hoofdstuk werd aangehaald. Het wordt ook ondersteund door het onderzoek over het veranderen van praktijkkennis via collegiale netwerken dat in paragraaf 3 is besproken. Specifiek onderzoek is inmiddels in gang gezet om die lastige problematiek rond het leerproces van de docent in dit type innovaties te ondersteunen (Stolk et al., 2001). Niet alleen worden, zo is de bedoeling in dat onderzoek, in netwerken de reeds opgedane ervaringen beschikbaar gesteld aan docenten in de volgscholen, maar deze docenten krijgen ook gelegenheid bij te dragen aan (verdere) ontwikkeling van het onderwijsmateriaal. Dit materiaal moet voldoende openheid bieden om iedere docent in staat te stellen er een eigen invulling aan te geven. Iedere docent is daardoor in zekere mate ook ontwikkelaar. Via een voortdurende communicatie tussen scholen kunnen docenten ideeën over en ervaringen met het onderwijsmateriaal uitwisselen.

Over ontwikkelingen in de eerste twee dimensies zal volledige openheid nodig zijn om docenten in volgscholen goed voor te bereiden op de derde. Voor de docenten die bij de eerste ronde(n) zijn betrokken zullen voldoende faciliteiten beschikbaar moeten zijn omdat zij taken krijgen in alle drie dimensies.

Dit artikel is in belangrijke mate gebaseerd op de gedachtenwisseling in, en de publicaties van de Eenhoorngroep, en op discussies met W. de Vos, A.M.W. Bulte, H.B. Westbroek en M.J. Stolk. De opinies in dit artikel zijn die van de beide auteurs.

Literatuur

- Aalsvoort, J.G.M. van (2000). *Chemistry in Products, a cultural-historical approach to initial chemical education*. Dissertation. Utrecht: Utrecht University, Faculty of Chemistry.
- Beijing international workshop (2000). *The reform in the teaching of science and technology at the primary and secondary school level in Asia: comparative references to Europe*. Beijing, 27-31 March 2000. Geneva/Paris: UNESCO.
- Berkel, B. van, Vos, W. de, Verdonk, A.H. & Pilot, A. (2000). Normal Science and its dangers: the case of School Chemistry. *Science & Education* 9 (1&2), 123-159.
- Budapest Conference (2000). *16th International Conference on Chemical Education (ICCE)*, Budapest August 5-10, 2000.
- Driel, J.H. van (2000). *Vernieuwing van scheikunde-onderwijs. Een samenvatting en een aanzet tot vervolg van de discussie*. <http://home.svm.nl/natwet/scheik/vernieuwing.htm>.
- Driel, J.H. van, Beijgaard, D. & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 137-158.
- Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76, 493-506.
- Eenhoorngroep (1999). Dilemma's in de schoolscheikunde. *NVOX* 24 (6), 289-291.
- Eenhoorngroep (2000). *Nieuwe Scheikunde. Hoofdlijnennotitie over een voorstel tot fundamentele herziening van het scheikundeprogramma voor de bovenbouw van havo en vwo*. Universiteit Utrecht Faculteit Scheikunde, Sectie Chemiedidactiek, NVON, SLO.
- Hondebrink, J.G. & Eykelkamp, M. (1988). Hoeveel leerlingen hebben natuurwetenschappelijke vakken echt nodig? *NVON Maandblad* 13 (4) 120-121.
- Huber, F., & Pilot, A. (1974). *Specificeren van onderwijsdoelstellingen*. Utrecht: Universiteit Utrecht, Afdeling Onderzoek en Ontwikkeling van Onderwijs (nu: IVLOS).
- Jansen, K., & Kerkstra, A. (2001). Superslurpers in de klas. *NVOX* 26 (6), 283-287.
- Lantz, O. & Kass, H. (1987). Chemistry teachers' functional paradigms. *Science Education*, 71, 117-134.
- Nedermeijer, J., & Pilot, A. (2000). *Beroepscompetenties en academische vorming in het hoger onderwijs*. Hoger Onderwijs Reeks. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Parke, H.M., & Coble, C.R. (1997). Teachers designing curriculum as professional development: A model for transformational science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 773-790.

- Pilot, A. (2000). Een leven lang Chemie leren! In: De Jong, O. (ed.) *'Chemie@onbegrensd.nl' Conferentieverlag Negende Woudschoten Chemie Conferentie*. Utrecht: Universiteit Utrecht, Faculteit Scheikunde, sectie Chemiedidactiek.
- Roberts, D.A. (1988). What counts as Science Education? In P.F. Fensham (ed.), *Development and Dilemma's in Science Education*, 27-54. Londen: The Falmer Press.
- Rens, E.M.M. van & Dekkers, P.J.J.M. (2000). Leren onderzoeken – de rol van de docent. *Tijdschrift voor Didactiek der Bèta-Wetenschappen*, 17 (1), 76 – 94.
- SO3 (2001). *Verslag nr. 29 van de SO3-bijeenkomst op 30 september 1999*. Arnhem: SO3/Cito.
- Stolk, M.J., Jong, O. de & Pilot, A. (2001). Professional development of teachers in a process of chemistry curriculum innovation. *Proceedings of the 5th ESERA Summerschool*, Gilleleje, Denmark.
- Tobin, K., & Dawson, G. (1992). Constraints to curriculum reform: Teachers and the myths of schooling. *Education Technology Research & Development*, 40, 81-92.
- Vakontwikkelgroep Biologie / Natuurkunde / Scheikunde (1995). *Examenprogramma's havo en vwo, in opdracht van de Stuurgroep Profiel Tweede Fase*. Den Haag.
- Verloop, N. (1992). Praktijkkennis van docenten: Een blinde vlek van de onderwijskunde. *Pedagogische Studiën*, 69, 410-423.
- Vos, W. de (2001). *De toestand van de schoolchemie*. Utrecht: Universiteit Utrecht, Faculteit Scheikunde, sectie Chemiedidactiek.
- Vos, W. de & Pilot, A. (2001). Acids and bases in layers: The stratal structure of an ancient topic. *Journal Of Chemical Education* 78, 494-499.
- Westbroek, H.B., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2000). *Literatuurstudie, Analyse en aanbevelingen voor een Scheikunde Curriculum*. Utrecht: Universiteit Utrecht, Faculteit Scheikunde, sectie Chemiedidactiek.
- Westbroek, H.B., Bulte, A.M.W. & Pilot, A. (2001). Development of a prototype module; An example of a new vision on an A-level Chemistry curriculum. In: O. de Jong, E.R. Savelsbergh & A Alblas. (eds.) *Teaching for Scientific Literacy: context, competency, curriculum*. Proceedings of the 2000 International Symposium Utrecht University, The Netherlands. Utrecht: CDβ-Press.