

Complementariteit van onderwijskundig en vakdidactisch onderzoek. Een vakdidactische(?) visie

W. de Vos

Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen (CD- β)
Universiteit Utrecht

Summary

This article and the one by Kanselaar elsewhere in this issue of TD- β discuss relationships between general and domain specific educational research. In this article the relationship is addressed from the point of view of domain specific research; Kanselaar adopts a general educational approach.

Both articles deal with the following questions:

- *Who are the researchers and what kinds of research questions do they answer?*
- *What role does curriculum content play in the research activities?*
- *What views on learning are involved in the research activities?*
- *Which research methodologies are being used?*

In this article, the second question is answered rather extensively. Three aspects of curriculum content research are being distinguished: selection of topics, interpretation of a syllabus and, finally, the aspect of coherence.

1. Inleiding

Het thema van dit artikel en van dat van Kanselaar elders in dit blad is *de complementariteit van onderwijskundig en vakdidactisch onderzoek*. Het thema is gekozen op verzoek van de eindredacteur van dit themanummer.

Dit artikel behandelt een aantal vragen over de veronderstelde complementariteit vanuit een vakdidactisch, in dit geval chemie- of β -didactisch gezichtspunt. Dezelfde vragen worden in het artikel van Kanselaar besproken vanuit het gezichtspunt van een onderwijskundige. Deze vorm is gekozen om verschillen, overeenkomsten en samenwerkingsmogelijkheden voor de lezer rechtstreeks zichtbaar te maken.

Naar aanleiding van het aangereikte thema wil ik drie inleidende opmerkingen maken.

De eerste betreft de term *complementariteit*. Die term veronderstelt dat de twee typen onderzoek elkaar zouden aanvullen en daardoor samen één geheel vormen. Dat geheel zou dan "onderzoek van onderwijs" moeten zijn. Met on-

derwijs wordt dan bedoeld: alle geïnstitutionaliseerde vormen van onderwijzen en leren. De institutie is meestal een school.

Het onderzoeksterrein van een vakdidactiek wordt echter ook wel in een bredere zin gedefinieerd, nl. als 'communicatie over het betreffende vak'. Communicatie over chemie vindt bijvoorbeeld niet alleen plaats in chemie-onderwijs maar ook bij het populariseren van chemie t.b.v. het 'grote publiek', bij contacten tussen chemici en andere beroepsbeoefenaren (juristen, politici, journalisten enz.) en, last but not least, bij samenwerking tussen chemici onderling, zoals in een onderzoeksteam. Vakdidactisch onderzoek kan betrekking hebben op dergelijke vormen van communicatie over een vak. Om het laatste voorbeeld wat uit te werken: hoe leren onderzoekers in een onderzoeksteam, hoe vormen zij nieuwe begrippen en hoe gebruiken ze die?

Dit artikel beperkt zich echter tot vakdidactisch onderzoek gericht op onderwijs. Het sluit daarmee aan bij Verdonk (1995), die het onderzoeksthema van zijn groep omschrijft als "de relatie tussen chemie - in wetenschap en maatschappij - en chemie-onderwijs".

Het geheel van onderwijskundig en vakdidactisch onderzoek is, wanneer deze beperking in acht genomen wordt, dus gekenmerkt door een gezamenlijk *object* van onderzoek: onderwijs. Over vragen, methoden en resultaten van dat onderzoek is dan nog niets gezegd, en ook de onderzoekers zijn nog niet beschreven. Daarin kunnen dus onderwijskundig en vakdidactisch onderzoek van elkaar verschillen. Bovendien is 'onderwijs' een breed begrip en er is dus binnen dit gezamenlijke onderzoeksobject ruimte voor een taakverdeling.

De tweede inleidende opmerking betreft de termen *onderwijskundig* en *vakdidactisch* in de omschrijving van het thema. Beide hebben daar betrekking op onderzoek en suggereren daardoor dat er twee wetenschappelijke disciplines bestaan: onderwijskunde en vakdidactiek. De vraag of de eerste bestaat is in dit artikel niet aan de orde. Op de vraag naar het bestaan van vakdidactiek als wetenschappelijke discipline moet het antwoord duidelijk zijn: nee, er bestaat niet een wetenschappelijke discipline die vakdidactiek heet. Wel bestaat er iets wat een archipel van vakdidactieken kan worden genoemd. Elk schoolvak heeft zijn eigen vakdidactiek. De term vakdidactiek duidt in de praktijk overigens meer aan dan alleen een schoolvakgebonden wetenschappelijke discipline; ze heeft ook betrekking op ontwerpgerichte en 'ambachtelijke' vormen van betrokkenheid bij het (leren) onderwijzen van dat schoolvak.

Uit het bovenstaande blijkt wel dat de termen vakdidactisch en onderwijskundig niet gelijksoortig zijn in de zin dat er een één-op-één-relatie zou bestaan. Er is nu eenmaal geen verzameling van vakdidactieken of van vakdidactici die als gesprekspartner voor de onderwijskunde zou kunnen dienen (even aangenomen dat onderwijskunde in dat opzicht meer eenheid vertoont). Het

vraagteken in de ondertitel van dit artikel is bedoeld om vakdidactiek in die algemene betekenis te relativiseren. Vakdidactici van twee willekeurige schoolvakken kennen elkaar vaak nauwelijks en hebben in hun werk vaak meer met onderwijskundigen te maken dan met elkaar. De term vakdidactisch is een abstractie: ze wordt alleen gebruikt om over didactiek van een vak te kunnen spreken zonder het betreffende vak te hoeven vermelden.

In dit tijdschrift mag een auteur zich beperken tot de didactiek(en) van de β -vakken. De derde inleidende opmerking betreft daarom *de betekenis van de term β -vakken*. Deze term vat gewoonlijk wiskunde, natuurkunde, scheikunde en biologie samen. De vier genoemde vakgebieden manifesteren zich aan de universiteit als wetenschappelijke disciplines en in het voortgezet onderwijs als schoolvakken. De indeling stamt in beide gevallen uit de vorige eeuw; de schoolvakken zijn destijds afgeleid van de universitaire disciplines. De inhoudelijke legitimering van de universitaire indeling in vier disciplines is momenteel vrij zwak: veel universitair onderzoek, al of niet ondergebracht in onderzoeksscholen, heeft een sterk interdisciplinair karakter. Dit roept de vraag op naar een β -didactiek die de huidige grenzen tussen de vier schoolvakken overschrijdt. In dit artikel komt deze vraag aan de orde.

2. Wie zijn de onderzoekers?

Een belangrijke vraag vooraf is: wie zijn onderwijskundigen en wie zijn vakdidactici? Onderwijskundigen zijn qua opleiding sociale wetenschappers terwijl vakdidactici gewoonlijk zijn opgeleid in het vak waarvan zij de didactiek beoefenen. Onderwijskundige onderzoekers kunnen sociaalwetenschappelijke onderzoeksmethoden die zij geleerd hebben, toepassen op hun onderzoeksobject, nl. het onderwijs. Vakdidactische onderzoekers zijn na hun vakopleiding gewoonlijk begonnen als leraar in het betreffende vak. Na een aantal jaren voor de klas zijn zij, dikwijls via een functie in de lerarenopleiding, bij vakdidactisch onderzoek betrokken geraakt. Een andere mogelijkheid is het kiezen van vakdidactiek als afstudeerrichting binnen het betreffende vak, maar ook die route wordt meestal verbonden met een aantal jaren leraarschap. Sommige vakdidactici vullen hun opleiding aan met een studie in de sociale wetenschappen, met name in de onderwijskunde.

De verschillende vooropleidingen van onderwijskundigen en vakdidactici lijken in hoge mate bepalend voor verschillen in onderzoeksbelangstelling en -activiteiten. Ook de positie van de beide vakgebieden is daardoor verschillend: onderwijskunde behoort zonder meer tot de sociale wetenschappen en is daar ook organisatorisch ondergebracht. Vakdidactieken zijn niet alleen versnipperd maar laten zich ook minder gemakkelijk onderbrengen in bestaande structuren.

Zo worden de β -didactieken door de sociale wetenschappen vaak als te 'exact' beoordeeld en door de eigen faculteiten soms als te sociaal-wetenschappelijk. Maar ook binnen de β -didactieken speelt het verschil in vooropleiding een rol. Een fysicus is nu eenmaal geen bioloog en een chemicus geen wiskundige. Ondanks overeenkomsten in de vooropleidingen, die door de term ' β ' worden aangegeven, blijkt in de praktijk de mogelijkheid tot samenwerking soms begrensd te zijn door de beperkte inhoudelijke kennis van elkaars vakgebieden.

Als onderwijskundigen en vakdidactici beiden onderwijs onderzoeken, is het interessant om te kijken wat er dan precies in dat onderwijs wordt onderzocht. Is er een taakverdeling? Aangezien onderwijs een menselijke activiteit is, ligt het voor de hand om te letten op de verschillende deelnemers aan die activiteit. Welke rollen worden onderzocht door onderwijskundigen en welke door vakdidactici?

Het is duidelijk dat de rol van docent en die van leerling de belangstelling genieten van zowel onderwijskundige als vakdidactische onderzoekers. Leerling en docent zijn immers de centrale figuren in het onderwijs. Er is wel verschil: de onderwijskundige zal bijvoorbeeld belangstelling hebben voor *vormen* van communicatie tussen docent en klas, terwijl de vakdidacticus vooral geïnteresseerd is in de *inhoud* van de communicatie. Het gevolg kan bijvoorbeeld zijn dat beiden, ieder vanuit het eigen onderzoek, iets kunnen zeggen over ordeproblematiek en het oplossen daarvan.

Van de indirect betrokkenen die eveneens binnen de belangstellingssfeer van onderwijskundige en vakdidacticus vallen, noem ik de leerplanontwikkelaar en de lerarenopleider. Onderwijskundigen lijken daarnaast ook belangstelling te hebben voor schoolleiders en andere onderwijsbestuurders, terwijl vakdidactici meer geïnteresseerd zijn in producenten van onderwijsmateriaal, zoals schoolboekauteurs en in de professionele beoefenaars van het betreffende vak.

3. Inhoud

Onderwijs gaat altijd ergens over. Welke rol speelt de inhoud van het onderwijs in onderwijskundig en vakdidactisch onderzoek? Is het onderzoek bijvoorbeeld gericht op omschrijving, structurering en legitimering van onderwijsinhoud?

In het onderwijs zelf wordt onderwijsinhoud gewoonlijk omschreven in officiële documenten, zoals examenprogramma's, leerplannen, lijsten van eindtermen of kerndoelen etc. Dergelijke documenten bevatten vooral veel begrippen (inclusief werkwijzen of vaardigheden) uit het betreffende vak die leerlingen worden geacht te leren. Daarnaast wordt soms in algemene termen aangegeven wat met het betreffende vak wordt nagestreefd.

Wijzigingen in de inhoud van het onderwijs komen formeel tot stand door wijzigingen in of vervanging van dergelijke officiële documenten. De praktijk is dat een commissie van deskundigen (op onderwijs- en op vakgebied) een voorstel doet dat, al of niet gewijzigd na raadpleging van leraren, door het bevoegd gezag wordt overgenomen (Vakontwikkelgroep Biologie/Natuurkunde/Scheikunde, 1995). De brede samenstelling van de commissie en de veldraadpleging moeten garanderen dat de wijzigingen verantwoord zijn en door het veld aanvaard worden.

Onderwijskundige onderzoekers lijken weinig neiging te hebben zich met de keuze van de inhoud van het onderwijs te bemoeien. De vraag welke begrippen wel en welke niet in aanmerking komen om te worden onderwezen (en waarom) is gewoonlijk geen onderzoeksvraag van onderwijskundigen. Zij gaan er meestal van uit dat de inhoudsvraag door bestuurders eenduidig beantwoord is. De officiële status en de wijze van totstandkoming van het document legitimeren de inhoud. Onderwijskundig onderzoek kan wel betrekking hebben op de mate van acceptatie van nieuwe of bestaande onderwerpen door leraren en leerlingen of op problemen die zich bij de invoering van vernieuwingen voordoen (Kuiper, 1993; Volman, Vermeulen en Terwel, 1995). Maar de eigenlijke inhoud van het onderwijs wordt in onderwijskundig onderzoek gewoonlijk niet als onderzoeksprobleem gekozen.

De vraag naar het wat en waarom van onderwijsinhoud staat (naast de vraag naar het hoe) wel op de agenda van vakdidactisch onderzoek. Daarbij kunnen zeker drie onderzoeksvragen worden gesteld: een *selectievraag*, een *interpretatievraag* en een vraag naar *samenhang*. Over elk van die drie vragen volgen enkele opmerkingen.

Selectie

De eerste vraag betreft de selectie van onderwerpen. Waarom wordt het ene onderwerp wel onderwezen en het andere niet? Welke criteria worden bij de selectie gehanteerd? Waar komen die criteria vandaan en hoe worden die op hun beurt gelegitimeerd?

De selectiecriteria zijn in de β -vakken heel lang uitsluitend aan de betreffende wetenschappelijke discipline ontleend. De namen van de schoolvakken in het voortgezet onderwijs zijn niet voor niets ook de namen van de disciplines. De oorspronkelijke curricula waren afgeleid van de toenmalige universitaire studies en ook nu nog lijken mavo- en havo-examenprogramma's vereenvoudigde versies van het programma voor v.w.o. dat op zijn beurt ('voorbereidend wetenschappelijk onderwijs') gerelateerd is aan de universitaire studie. Het schoolvak wijdt de leerling in in de betreffende wetenschap. Begrippen die vanuit wetenschappelijk oogpunt gezien belangrijk zijn, worden

geselecteerd voor het onderwijs in het 'eigen' schoolvak. Het oordeel van wetenschapsbeoefenaars weegt daarbij zwaar.

Naarmate de wetenschap vordert komen nieuwe begrippen in aanmerking om in het curriculum te worden opgenomen. De selectie daarvan verloopt niet zonder problemen (Verdonk en De Vos, 1992; Joling, Ten Voorde en Verdonk, 1990). Om te beginnen laten onderzoekers zelf bij het publiceren al veel gegevens weg; de oorspronkelijke onderzoeksvraag en de verschuiving van de interesse naar het uiteindelijke onderwerp worden veelal niet vermeld. In een overzichtsartikel over een bepaald onderzoeksterrein, bedoeld om dat terrein verder te exploreren, gaat dit proces nog verder. Toch is het dan meestal nog wel mogelijk de weg terug af te leggen: de bronnen worden nog vermeld en onderzoekers kennen elkaar persoonlijk. Een nieuwe onderzoeker kan in een reeks publicaties nog een ontwikkeling herkennen en onderzoeksresultaten in het kader van die ontwikkeling interpreteren. Wanneer echter op basis van overzichtsartikelen een onderwijstekst wordt geschreven, dan vervallen de bronvermeldingen en wordt de terugweg voor de leerling afgesneden. We vinden dan alleen de onderzoeksresultaten terug. De onderzoekscontext is verloren gegaan en wordt, noodgedwongen, door docent en leerling vaak vervangen door een onderwijscontext. Het doel, inwijding in wetenschap, wordt dan niet gehaald.

Maar lang niet elke leerling heeft de ambitie om onderzoeker te worden. Per β -vak in het vwo zijn dat maar één of twee per klas. Naarmate de eis sterker werd gesteld dat het onderwijs ook van belang moet zijn voor de andere leerlingen, zijn ook onderwerpen gekozen vanwege de maatschappelijke betekenis van het betreffende vak, en om relaties van het vak met het dagelijks leven zichtbaar te maken. Dat kan ertoe leiden dat een curriculum op twee gedachten gaat hinken. Ik kom daarop terug bij het aspect van samenhang.

Interpretatie

De tweede vakdidactische onderzoeksvraag die met de inhoud van het onderwijs te maken heeft, is die naar de interpretatie. Een officieel document moet immers door de betrokkenen gelezen worden en dat houdt onvermijdelijk een interpretatie in die van persoon tot persoon kan verschillen. Deze vraag heeft daarom te maken met de principiële vraag naar de beschrijfbaarheid van onderwijsinhoud: is het überhaupt mogelijk om de inhoud van onderwijs in de vorm van een lijst van trefwoorden eenduidig te bepalen?

Bij vertrouwde onderwerpen in een examenprogramma bestaat er een redelijke consensus over de interpretatie van het betreffende onderwerp. Die consensus strekt zich uit tot ervaren docenten, schoolboekauteurs en examenmakers en komt tot uiting in een onderwijstraditie m.b.t. het betreffende onderwerp. Een ervaren scheikundedocent weet wat de bedoeling is wanneer hij of

zij bijvoorbeeld het begrip 'dynamisch evenwicht' moet onderwijzen. Beginnende docenten laten zich meestal leiden door het gebruikte schoolboek of door examenopgaven uit voorafgaande jaren (die de consensus zichtbaar maken), door adviezen van collega's of zelfs door herinneringen uit hun eigen schooltijd. Zo wordt de consensus doorgegeven. Beschikbaarheid van onderwijsinhoud in documenten is dus mogelijk wanneer in het onderwijs stabiliteit (ook wel 'rust' genoemd) heerst.

Bij nieuwe onderwerpen is de interpretatievraag echter wel actueel: vermelding van een nieuw begrip in een examenprogramma betekent weliswaar dat dit begrip behandeld zal moeten worden, maar het zegt, door het ontbreken van een onderwijs traditie, weinig over de invulling en over het niveau. Een toekomstige havo- of vwo-leerling zal bijvoorbeeld bij het vak scheikunde 'MAC-waarde' als een met toxiciteit samenhangend begrip moeten kunnen beschrijven (Vakontwikkelgroep Biologie/Natuurkunde/Scheikunde 1995). Een MAC-waarde is een bestuurlijk vastgestelde maximaal aanvaardbare concentratie van een gas, damp, nevel of van stof in de lucht op de werkplek (Stuurgroep Chemiekaarten, 1991). De nieuwe eis laat echter nog allerlei interpretaties toe van wat een leerling moet kunnen:

- de definitie reproduceren;
- een definitie in eigen woorden formuleren;
- aangeven voor welke stoffen en in welke situaties een MAC-waarde in de praktijk (welke praktijk?) het meest van belang is;
- de orde van grootte van een aantal MAC-waarden kennen;
- uitgaande van bepaalde gegevens schatten of een MAC-waarde in een gegeven situatie al dan niet is overschreden;
- aangeven hoe te handelen wanneer een MAC-waarde is of dreigt te worden overschreden;
- beschrijven hoe en door wie MAC-waarden worden vastgesteld.

Er zijn nog andere interpretaties en ook combinaties denkbaar. Elke hier gegeven interpretatie is misschien nuttig en zinvol maar de ene interpretatie vraagt wel heel ander onderwijs dan de andere: ze verschillen in aard en in niveau. Welke interpretatie in het onderwijs gaat domineren valt niet vooraf te voorspellen. De schoolboeken spelen een belangrijke rol, maar over de wijze waarop schoolboek auteurs hun beslissingen nemen is weinig bekend.

'MAC-waarde' is een begrip dat nog betrekkelijk los van andere begrippen kan worden behandeld. De situatie wordt veel gecompliceerder bij een begrip als entropie, dat een sterk uitgewerkte thermodynamische context vraagt. Entropie is wel als nieuw begrip in examenprogramma's opgenomen, maar er zijn vrijwel geen examenvragen over gesteld. De examenmakers hebben kennelijk begrepen dat er onvoldoende consensus over de interpretatie van dit begrip bestaat.

De conclusie moet wel zijn dat examenprogramma's goed passen in een statische opvatting van onderwijs: ze leggen vast wat er al onderwezen wordt. Wanneer bij vernieuwingspogingen echter nieuwe onderwerpen worden voorgeschreven, is een examenprogramma niet een geschikt instrument om het nieuwe onderwijs vast te leggen.

Soms worden door een centraal gezag pogingen gedaan de interpretatieruimte te verkleinen door een beoogde interpretatie in detail te specificeren in de vorm van een zogenoemde syllabus. Het probleem is echter dat dit proces geen natuurlijk einde kent: de gedetailleerde formuleringen roepen weer nieuwe interpretatievragen op. Bovendien biedt de gegeven detaillering nog geen inhoudelijke verantwoording van de gemaakte keuzen: vaak lijkt toetsbaarheid (met een duidelijke grens tussen goed en fout) een grotere rol te spelen dan vakinhoudelijke relevantie of validiteit. Een bekend voorbeeld daarvan is de eis dat in reactievergelijkingen alleen gehele getallen als coëfficiënten mogen worden gebruikt (Broens, 1995).

Een belangrijk aspect van de interpretatie is het niveau waarop een begrip geleerd moet worden. Er wordt in scholen veel gesproken over mavo- havo- en vwo-niveau maar deze niveaus zijn niet operationeel gemaakt voor afzonderlijke onderwerpen. Meestal wordt de term niveau gebruikt in de betekenis van geschatte moeilijkheidsgraad. Een beslissing om bijvoorbeeld de elektrochemische wet van Nernst wel in het (scheikunde)programma voor vwo maar niet in dat voor havo en mavo op te nemen, heeft daardoor een tamelijk willekeurig karakter. Er is geen algemene aanduiding van de niveaus van de verschillende schooltypen waaruit zo'n beslissing zou kunnen volgen.

Uitspraken over niveau in algemene termen beantwoorden geen concrete onderwijsvragen. Zo wordt bijvoorbeeld wel gesteld dat een kwalitatieve behandeling van een begrip door leerlingen gemakkelijker wordt geleerd dan een kwantitatieve. Er zou dan in bepaalde gevallen sprake zijn van een kwalitatief niveau dat wel, en een kwantitatief niveau dat niet haalbaar is. Toch blijkt soms dat leerlingen gemakkelijker leren sommetjes te maken dan kwalitatieve vragen te beantwoorden over hetzelfde onderwerp.

Soms is het niveau zelf een verborgen gegeven: de leerlingen schrikken er voor terug een zeer voor de hand liggend antwoord op een vraag te geven, want ze 'weten' dat dat niet de bedoeling kan zijn. Blijkt het antwoord toch goed te zijn, dan spreken ze verontwaardigd van een strikvraag. In andere gevallen beginnen leerlingen eenvoudig niet aan een moeilijke en omslachtige berekening omdat ze 'weten' dat dat niet de bedoeling is bij het onderwerp waarmee ze bezig zijn.

Samenhang

Tenslotte is er de vakdidactische vraag naar samenhang tussen de te leren begrippen. Deze vraag heeft alles met selectie, interpretatie en niveau te maken: veel begrippen hebben immers andere nodig om begrepen te kunnen worden. Interpretatie vindt altijd plaats binnen een (gegeven of toegekende) context die ook andere begrippen omvat en ook het niveau waarop een begrip geleerd wordt hangt samen met de relatie tot andere begrippen. Het gevolg is dat een examenprogramma niet gezien mag worden als een lijst van begrippen waaruit men kan schrappen en waaraan men kan toevoegen. Er dient samenhang te zijn binnen de lijst. Die samenhang is meestal niet geëxpliceerd maar blijkt bijvoorbeeld uit de niet-alfabetische volgorde van begrippen en uit de indeling in rubrieken en subrubrieken.

Een vakdidactisch onderzoek kan tot doel hebben de inhoud van een vak (of van een deel daarvan) te legitimeren door een begrippenstructuur te ontwerpen waarbinnen de verschillende begrippen een welomschreven functie hebben. Wanneer een dergelijke begrippenstructuur een heel vak omvat, kan men spreken van een *vakstructuur* (De Vos en Verdonk, 1990, 1991). Een vakstructuur of een begrippenstructuur die op vakdidactisch onderzoek is gebaseerd (en die dus in de klas met welomschreven resultaten is uitgetoetst), verdient de benaming *didactische structuur*. Een didactische structuur omvat, als opbrengst van het verrichte onderzoek, richtlijnen voor onderwijs en een verantwoording van de wijze waarop het onderwijs wordt ingericht. Ook biedt zo'n structuur mogelijkheden om de inhoud van onderwijs veel eenduidiger vast te leggen, nl. door expliciete vermelding en verantwoording van een context waaraan begrippen hun betekenis ontleen. Er is dan sprake van een domeinspecifieke curriculumtheorie. (Met context wordt hier niet alleen een situatie uit het dagelijks leven van leerlingen bedoeld; ook wetenschap, technologie en beroep kunnen als context dienen.)

4. Visie op leren

Welke visies op leren spelen een rol in het onderzoek? Wat hun visie op leren betreft, lijken de meeste onderwijskundigen en vakdidactici niet extreem van elkaar te verschillen. Wel zijn er accentverschillen. Zo zal een onderwijskundige de inhoud van het onderwijs in de theorievorming bij voorkeur zo veel mogelijk buiten beschouwing laten en in 'inhoudsvrije' termen over leren spreken, terwijl een vakdidacticus minder terugschrikt voor een inhoudelijke component in een beschrijving van een leerproces.

Theorieën over het leren zijn weliswaar in veel gevallen ontstaan in een vakgebonden situatie (bijvoorbeeld in het reken- of taalonderwijs aan jonge kinderen) maar worden daarna gewoonlijk in algemene, van de oorspronkelijke inhoud geabstraheerde termen geformuleerd en van toepassing verklaard op een breder onderwijsterrein. Treffers (1984) heeft in een van de eerste

nummers van dit tijdschrift laten zien dat een specifieke theorie niet als bron voor de ontwikkeling van specifiek onderwijsmateriaal kan dienen.

Veel leertheorieën vatten leren op als een min of meer schoksgewijs verlopend proces, d.w.z. leerlingen beleven van tijd tot tijd een doorbraak waarbij ineens 'alles' een stuk duidelijker wordt. Dit wordt wel beschreven als het bereiken van een hoger niveau. Dergelijke leerervaringen die misschien wel de wezenlijke momenten in het leren van een β -vak vormen, worden afgewisseld door perioden van leren op een bepaald, reeds bereikt niveau.

Een 'schok' in een leerproces is vaak waarneembaar aan emotionele reacties van de betrokken leerling(en), maar ook aan veranderingen in het taalgebruik. Deze veranderingen brengen de leerlingen dichterbij de vaktaal van het betreffende vak. Dat is van belang voor wie zich in dat vak wil specialiseren, maar het vergemakkelijkt ook de communicatie van de overige leerlingen met mensen uit dat vak. Dat laatste wordt wel aangeduid met de term 'scientific literacy'. De schaduwzijde van een dergelijke ontwikkeling is dat de terugweg vaak moeilijk afgelegd kan worden: een specialist in een vak slaagt er vaak niet in de vaktaal terzijde te zetten om aan leken uit te leggen wat hij of zij aan het doen is. Het bereikte niveau is vanzelfsprekend geworden en de afgelegde weg is uit het oog verloren. Dit probleem is het meest bekend in de lerarenopleiding.

De koppeling van leerproces aan taal maakt duidelijk dat het leren in een sociale context plaatsvindt. Hoewel in het onderwijs zelf nog vrijwel uitsluitend strikt individueel getoetst wordt (zo is bijvoorbeeld elke vorm van samenwerking tijdens schriftelijke eindexamens verboden), is er onder onderzoekers veel belangstelling voor de rol van docent en medeleerlingen bij het leren. De Stuurgroep Profiel Tweede Fase creëert een uitdaging op toetsgebied door 'leren leren' als vaardigheid in het programma op te nemen: de toetsing daarvan zal zich niet tot gebruikelijke leerresultaten kunnen beperken maar op het geleerde 'leren' zelf betrekking moeten hebben. Individueel toetsen is daarvoor een te beperkte vorm; de eindexamenkandidaat zal moeten tonen dat hij of zij kan leren in een sociale context.

Overeenstemming is er waarschijnlijk ook tussen veel onderwijskundigen en vakdidactici over de actieve rol van leerlingen tijdens een leerproces: leren, met name tijdens een 'doorbraak', is niet simpelweg het tot zich nemen en opslaan van informatie maar moet veel meer gezien worden als het worstelen met nieuwe begrippen om er een betekenis aan te geven en een zinvolle plaats in de al bestaande kennis.

Er moge dan niet zo veel verschil zijn tussen onderwijskundigen en vakdidactici over deze zaken in algemene termen, zodra het op concretisering aankomt, zijn er wel verschillen. Ook kunnen vakdidactici van een bepaald vak onderling (en waarschijnlijk ook onderwijskundigen onderling) nogal van

mening verschillen. Dat gebeurt vooral wanneer een eigen terminologie wordt ontwikkeld, waardoor de beschrijving de status van een theorie krijgt: een theorie creëert aanhangers en tegenstanders, deskundigen en leken. Anders dan in natuurwetenschappelijk onderzoek zijn theorieën over onderwijzen en leren vaak sterk en langdurig gekoppeld aan overtuigingen van personen of kleine groepen. Het hebben van een 'eigen' theorie kan de status van een groep verhogen maar tegelijk samenwerking in groter verband in de weg staan.

5. Methoden en resultaten

In de sociale wetenschappen wordt soms gemeend dat β -didactisch onderzoek te 'exact' zou zijn om door sociale wetenschappers gemakkelijk te kunnen worden beoordeeld. Wanneer die term zou verwijzen naar de belangrijke rol die natuurwetenschappelijke of wiskundige inhoud in het onderzoek speelt, dan is het bezwaar begrijpelijk. Exact in de betekenis van 'op wiskundige grondslag opgebouwd zijn' (Van Dale), m.a.w. kwantitatieve methoden hanterend, is β -didactisch onderzoek echter lang niet altijd. Op een symposium over vakdidactiek en onderwijskunde tijdens de ORD 1995 werd zelfs opgemerkt dat naarmate het vak exacter is, de betreffende vakdidactiek meer kwalitatieve methoden lijkt te hanteren. Hoe verloopt nu β -didactisch onderzoek in werkelijkheid? Ik beperk me tot onderzoek waarvan ik voldoende op de hoogte ben, in het besef dat mijn beschrijving onvolledig is.

In bijna alle gevallen wordt onderzoeksmateriaal verzameld in reële onderwijssituaties, zo dicht mogelijk bij het eigenlijke onderwijsleerproces. Het materiaal bestaat voornamelijk uit schriftelijke en mondelinge uitingen van leerlingen en docenten in die situatie. Materiaal dat voor of na het onderwijs wordt verzameld (bijvoorbeeld pre- en posttestmateriaal) speelt nauwelijks een rol.

Het schriftelijke onderzoeksmateriaal omvat (copieën van) leerlingantwoorden op vragen, leerlingverslagen van practicumproeven e.d. Voor het mondelinge materiaal wordt wel gebruik gemaakt van audio- of videoopnamen van gesprekken die vervolgens als protocollen worden uitgeschreven.

De onderzochte onderwijs situatie kan regulier zijn of experimenteel. In het laatste geval wordt gebruik gemaakt van onderwijsmateriaal dat speciaal in het kader van het onderzoek is ontworpen; de betreffende docent is dan opgeleid om met dit materiaal te werken. Ook kan de onderzoeker als docent optreden.

Het verzamelde onderzoeksmateriaal wordt onderworpen aan een analyse. Uitingen van betrokkenen (leerlingen en docenten) worden daarbij geïnterpreteerd, uitgaande van twee, hier globaal geformuleerde veronderstellingen:

1. Leren, met name inzichtelijk leren, kan een 'schoksgewijs' karakter bezitten. Leerlingen 'zien' dan ineens wat er aan de hand is en gaan als gevolg daarvan zich anders uiten. Dit kan tot gevolg hebben dat uitingen voor en na een 'doorbraak' van inzicht niet consistent lijken.
2. De uitingen van elke betrokkene zijn tussen twee 'schokken' in principe consistent. Dit houdt in dat zowel leerlingen als docenten geacht worden niet zomaar wat te zeggen maar zich vanuit een samenhangende visie te uiten.

Interpretatie van de verzamelde uitingen binnen het kader van de genoemde veronderstellingen kan tot de volgende, niet strikt van elkaar te scheiden opbrengsten leiden:

- *Aanwijzingen voor mogelijke verbeteringen in het onderwijsmateriaal.* Op basis van een interpretatie van leerlinguitingen kunnen verbeteringen in een (al dan niet experimentele) tekst worden aangebracht die leiden tot duidelijker formuleringen van vragen en opdrachten, effectiever instructies voor practicumproeven, e.d.

- *Didactische analyse van begrippen.* Leerlingen kunnen, door hun onbevangenheid, soms een verrassend licht werpen op begrippen die door vakspecialisten alleen routinematig worden gehanteerd. Een didactische begripsanalyse omvat de verschillende betekenissen en onderling relaties van begrippen die bij een onderwijs-leerproces een rol kunnen spelen. Ze kan ook historische, filosofische en andere aspecten omvatten. Een didactische begripsanalyse kan ertoe leiden dat een onderwijstekst over een bepaald onderwerp grondig wordt herzien. Ze kan ook betrekking hebben op een curriculum als geheel (De Vos, van Berkel en Verdonk, 1993, 1994)

- *Theorievorming.* Door onderwijsleerprocessen te analyseren is het soms mogelijk uitspraken van een meer algemeen karakter te doen over het verloop van het leren van een vak en de invloed van het onderwijzen daarop. Wordt daarbij over leerlingen gegeneraliseerd, dan kan een didactische structuur voor een onderwerp worden ontworpen; een didactische structuur is in dit verband een op onderzoek gebaseerd, samenhangend onderwijsontwerp over een bepaald thema en ten behoeve van een bepaalde leerlingenpopulatie. Keuzen over selectie, volgorde en samenhang van begrippen kunnen vanuit een didactische structuur verantwoord worden.

Door niet alleen over leerlingen maar ook over onderwerpen te generaliseren kan een vakdidactisch onderzoeker misschien een indeling in niveaus bij het leren van een vak ontwerpen. Bestaande niveautheorieën, bijvoorbeeld uit de leerpsychologie of uit een verwante vakdidactiek, kunnen daarbij natuurlijk een rol spelen. Een voorbeeld van dat laatste is de niveautheorie

van Van Hiele die in de wiskundendidactiek is ontwikkeld en door Ten Voorde verder is uitgewerkt voor de didactiek van de scheikunde.

Op welke van deze drie opbrengsten de nadruk ligt, wordt bepaald door het karakter van het onderzoek. In veel gevallen is de naam *ontwikkelingsonderzoek* van toepassing: het onderzoek leidt tot de ontwikkeling van onderwijsmateriaal dat, naast het onderzoeksverslag, als produkt van het onderzoek kan worden opgevat.

6. Toepassingen

Hoe worden nu resultaten van onderzoek toegepast in onderwijs? De route vanuit onderwijskundig onderzoek loopt vaak via bestuurders: onderzoeksresultaten worden in een rapport aangeboden aan bestuurders die er hun beslissingen op kunnen baseren. Niet zelden zijn de bestuurders ook de opdrachtgevers voor het onderzoek. Verdonk (1986) stelt, in een pre-advies aan de WRR over de basisvorming, dat onderwijskunde door de overheid overvraagd wordt. Onderwijskundige inzichten hebben naar zijn mening nog onvoldoende voorspellingsmogelijkheden om als basis voor het door de overheid beoogde beleid te dienen. Anderzijds heeft de onderwijskunde, vanuit de positie van de overheid gezien, het voordeel dat ze op een gegeneraliseerd, 'vakoverstijgend' niveau opereert. Door boven het niveau van de afzonderlijke vakken te werken, wordt een verveelvoudiging van de onderzoeksvragen (en daarmee van de onderzoekskosten) voorkomen.

Het gevolg is dat de overheid een beleid voert dat misschien wel op het niveau van de school als geheel is uitgewerkt, maar niet op dat van de afzonderlijke vakken. Begrippen als 'zelfstandig werken', 'studiehuis' en 'leren leren' die de Stuurgroep Profiel Tweede Fase hanteert (Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 1991), geven aan welke ontwikkelingen gewenst worden maar de uitwerking per vak wordt aan 'het veld' overgelaten. Dat leidt meestal tot discussies over afzonderlijke onderwerpen: de Wet van Nernst, het begrip entropie, de keuze van definities e.d. Een beleid op het tussenliggende niveau, dat van een geoperationaliseerde visie op het schoolvak als geheel, ontbreekt.

Vakdidactisch onderzoek kan langs verschillende wegen bijdragen aan kwaliteitsverbetering van onderwijs.

In de eerste plaats levert vakdidactisch onderzoek onderwijsmateriaal op dat door de wijze van totstandkoming een zekere kwaliteit garandeert. De ontwikkeling van dergelijk materiaal is echter zeer arbeidsintensief. Meestal beperkt het zich qua omvang tot een hoofdstuk. Bovendien vraagt het karakter van het materiaal een gedegen voorbereiding van de docent, om te bereiken

dat de winst die door de kwaliteit van de tekst mogelijk gemaakt wordt, ook werkelijk wordt gerealiseerd. In de praktijk blijkt daardoor dat op vakdidactisch onderzoek gebaseerd onderwijsmateriaal slechts beperkt wordt gebruikt.

Een tweede route van vakdidactisch onderzoek naar het onderwijs loopt via de auteurs van schoolboeken. Auteurs maken niet altijd expliciet melding van hun bronnen, maar in een aantal gevallen vinden resultaten van vakdidactisch onderzoek aanwijsbaar hun weg in een of meer schoolboeken. Een voorbeeld van georganiseerde samenwerking is de voorbereiding van de derde druk van *Chemie 6vwo* (Pieren et al., 1993). Het hoofdstuk Atoombouw en Chemische Binding is tot stand gekomen na een kritische analyse van het overeenkomstige hoofdstuk in de tweede druk, met name van het werken met modellen. Deze analyse is uitgevoerd in een samenwerkingsproject van de auteursgroep met de Vakgroep Chemiedidactiek van de Universiteit Utrecht. Het voorbeeld is echter incidenteel: er is geen standaardprocedure voor het implementeren van vakdidactische onderzoeksresultaten in schoolboeken. Een mogelijke verklaring voor het ontbreken van zo'n standaardprocedure is het verschil in werkwijze. Vakdidactische onderzoeksprogramma's houden geen rekening met de verschijningsdatum van schoolboeken. Schoolboekauteurs werken volgens een door de uitgever opgesteld tijdschema dat alleen in uitzonderingsgevallen mogelijkheden biedt om onderzoeksresultaten die toevallig op het goede moment beschikbaar komen, te verwerken.

Nascholing van leraren vormt een ander belangrijk kanaal waarlangs resultaten van vakdidactisch onderzoek de klas bereiken. De in Utrecht veel gehanteerde vorm van ontwikkelingsonderzoek brengt de docent al in een vroeg stadium in beeld: niet pas na afloop maar al tijdens het onderzoek wordt een groep leraren uitgenodigd om te participeren. Er is dan een wederzijds belang: de onderzoeker verkrijgt via de betrokken docenten toegang tot de klas, terwijl de docenten al tijdens het onderzoek op de hoogte raken van de ontwikkelingen en eerste resultaten. Bovendien is de onderzoeker gebaat bij commentaren van docenten op vroege ontwerpversies van onderwijsmateriaal. Ervaringen van docenten met nieuw onderwijsmateriaal vormen de basis voor nascholing van een groep tweede-ronde docenten.

Een andere vorm van nascholing vindt plaats via vakpublicaties. Voor de natuurwetenschappelijke schoolvakken in Nederland is NVOX, het maandblad van de Nederlandse Vereniging voor Onderwijs in Natuurwetenschappen (NVON) het belangrijkste medium. In andere landen bestaan soortgelijke tijdschriften. De relatief grote oplage en de regelmaat van de publicaties (Janssen en Voogt, 1995; Acampo en De Jong, 1995) maken deze vorm van beschikbaarstelling van onderzoeksresultaten potentieel zeer effectief. Er is echter weinig bekend van de mate waarin dergelijke publicaties werkelijk effect hebben op het onderwijs.

Het spreekt vanzelf dat onderzoeksresultaten ook worden verwerkt in de vakdidactische component van de lerarenopleiding. Deze component krijgt geleidelijk meer aandacht naarmate meer vakdidactische onderzoeksresultaten beschikbaar komen. Ze sluit aan bij de gedachte dat de ordeproblemen van veel beginnende leraren toegeschreven moeten worden aan het 'niet goed kunnen uitleggen': leerlingen verliezen de aandacht - en later ook het respect - voor leraren waarvan zij menen niets te kunnen leren.

Het versterken van de vakdidactische component in de lerarenopleiding vereist echter onvermijdelijk een nieuwe activiteit die misschien het best als 'didactiek van didactiek' kan worden omschreven. Het is immers niet eenvoudig voor gevorderde studenten in een bepaald vak om zich te realiseren dat beginnende leerlingen vaak zelfs de eenvoudigste beginselen, afspraken e.d. van het vakgebied niet kennen. De student in de lerarenopleiding zoekt vaak de uitdaging in het leren uitleggen van onderwerpen die hij of zij zelf pas kort geleden heeft begrepen; de noodzaak om ook de zeer elementaire, fundamentele begrippen goed te kunnen onderwijzen wordt pas langzaam duidelijk. Dan moet het leren onderwijzen van die begrippen nog beginnen. De lerarenopleider heeft dus een didactisch probleem dat in de praktijk - gegeven de situatie - waarschijnlijk maar het best tot de didactiek van het betreffende vak kan worden gerekend.

Het vakdidactisch onderzoek blijkt in de praktijk geneigd te zijn steeds fundamentele vragen aan de orde te stellen. Wanneer daardoor onderzoeksresultaten beschikbaar komen die geen betrekking hebben op afzonderlijke onderwerpen maar op grote delen van een curriculum, of zelfs op het curriculum als geheel, dan zijn dergelijke resultaten van belang voor de vaststellers van dat curriculum. Ook hier geldt dat er geen standaardprocedure is voor het verwerken van onderzoeksresultaten. Curriculumdocumenten worden vastgesteld door commissies die meestal aan een tijdschema zijn gebonden dat geen onderzoek toelaat. Examenprogramma's worden in Nederland vastgesteld op het niveau van meningen en een enkele keer, nl. door de CMLS in de jaren zeventig, op het niveau van ervaringen (bijv. Moréris, 1985). De CMLS kon, na vijf experimenteeronden, in een advies aan de minister melden: "Het belangrijkste resultaat van de gevolgde werkwijze is dat thans *met een op ervaring steunende stelligheid* aanwijzingen kunnen worden opgenomen in de formulering van het leerplan scheikunde 3-vwo voor wat betreft de middelen (aanbevolen aantal uren practicum per onderwerp, plaats van het leerlingenpracticum) en de voorwaarden." (cursivering van mij, WdV)

Een grondige, expliciete analyse van het bestaande leerplan ontbrak in de CMLS-werkwijze en tijdens het experiment is niet systematisch geluisterd naar leerlingen. De evaluatie beruiste op ervaringen van docenten tijdens het lesgeven opgedaan. Er vond nog geen ontwikkelingsonderzoek plaats in de

zin zoals hierboven beschreven. Toch was in Nederland niet eerder een nieuw scheikundeleerplan zo intensief voorbereid en dat is ook nadien niet meer gebeurd.

De vakontwikkelgroep die voor scheikunde een nieuw examenprogramma voorstelt, had heel wat minder faciliteiten tot haar beschikking: binnen een jaar moest een voorstel worden geformuleerd voor eindexameneisen ter vervanging van de uit het CMLS-experiment voortgekomen eisen. Experimenteren met nieuwe ideeën was niet mogelijk. De groep merkt dan ook op (Vakontwikkelgroep Biologie/Natuurkunde/Scheikunde, 1995, blz. 43) :

"Bij de domeinindeling is in eerste instantie gekozen voor een indeling volgens de vakstructuur. Hoewel dat voor docenten zeer herkenbaar is, staat voor het schoolvak scheikunde die vakstructuur sterk ter discussie. Didactici bepleiten steeds sterker dat het chemie-onderwijs volgens een geheel andere structuur zou moeten worden opgezet, waarbij scheikunde toepassingen en productie van stoffen voorop komen te staan. De aan de vakontwikkelgroep toegemeten tijd was onvoldoende om deze noodzakelijke vernieuwingen door te voeren. Wel wordt bepleit dat in de nabije toekomst tijd, geld en middelen worden vrijgemaakt om deze wenselijke ontwikkelingen verder te stimuleren."

Ironisch genoeg laat onderzoek van Van Berkel (diss.; in voorbereiding) zien hoe in het verleden vernieuwingspogingen steeds zijn afgestuit op de hier genoemde vakstructuur van scheikunde die alleen toevoegingen aan de buitenkant van het curriculum lijkt toe te laten.

Literatuur

- Acampo, J.J.C. & O. de Jong (1995). Een nieuwe start met elektrochemische cellen. *NVOX - tijdschrift voor natuurwetenschappen op school*, 20, 7, 308-309.
- Berkel, B. van (in voorbereiding) Dissertatie, Universiteit Utrecht.
- Broens, J.B. (1995). Nieuwe vakspecifieke regels bij de beoordeling van de examens natuurkunde en scheikunde havo en vwo. *NVOX - tijdschrift voor natuurwetenschappen op school*, 20, 9, 451-452.
- Janssen, F. & P.A. Voogt (1995). Ontwerpend leren in immunologie-onderwijs. *NVOX -tijdschrift voor natuurwetenschappen op school*, 20, 9, 420-423.
- Joling, E., H.H. ten Voorde en A. H. Verdonk (1990). Verstudieboeking - de totstandkoming van feiten beschouwd vanuit een didactische optiek. *Tijdschrift voor Didactiek der β -wetenschappen*, 8, 3, 197-221.
- Kuiper, W.A.J.M. (1993). *Curriculumvernieuwing en lespraktijk*. Diss., Universiteit Twente.

- Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (1991). *Profiel van de tweede fase voortgezet onderwijs*. Leiden: Distributiecentrum DOP.
- Morélis, J. (1985). *Advies - Scheikunde voor mavo: doelen en inhoud*. Enschede: SLO.
- Pieren, L.O.F., H.G.M. Scholte, J.W. Smilde, E.H.M. Vroemen & W.Davids (1993). *Chemie [6vwo]*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Stuurgroep Chemiekaarten (1991). *Chemiekaarten (zevende druk)*. Alphen aan den Rijn: Samsom H.D. Tjeenk Willink.
- Treffers, A. (1984). Psychologie, vakdidactiek en ontwikkelingsonderzoek. *Tijdschrift voor Didactiek der Natuurwetenschappen*, 3, 2, 149-169.
- Vakontwikkelgroep Biologie/Natuurkunde/Scheikunde (1995). *Examenprogramma's Biologie/Natuurkunde/Scheikunde (concept)*. Enschede: SLO.
- Verdonk, A.H. (1986). *Basisvorming scheikunde. Pre-advies aan de W.R.R.* Den Haag: Ministerie van O&W.
- Verdonk, A.H. en W. de Vos (1992). Voorbereiding op vak van chemicus kan beter. *Chemisch Magazine*, maart 1992, 130-133.
- Verdonk, A.H. (1995). Chemiebeoefening een onderwijsleerproces? In: De Jong, O., P. van Roon & W. de Vos (Eds.), *Perspectives on Research in Chemical Education*, Utrecht: CD-β Press.
- Volman, M., A. Vermeulen & J. Terwel (1995). *Onderwijsvernieuwingen in wiskunde, natuurkunde, scheikunde en biologie*. Amsterdam: SCO/Kohnstamm Instituut (UvA).
- Vos, W. de & A.H. Verdonk (1990). Een vakstructuur van het schoolvak scheikunde. *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 8, 1, 19 - 35.
- Vos, W. de & A.H. Verdonk (1991). Vakstructuur: steunpilaar of sta-in-de-weg? *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 9, 2, 97-108.
- Vos, W. de, B. van Berkel & A.H. Verdonk (1993). Het isolement van een schoolvak. *Tijdschrift voor Didactiek der β-wetenschappen*, 11, 2, 98-109.
- Vos, W. de, B. van Berkel & A.H. Verdonk (1994). A Coherent Conceptual Structure of the Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 71, 9, 743-746.