

Leren onderzoeken – de rol van de docent

E.M.M. van Rens (IDO),
P.J.J.M. Dekkers (FEW/IDO),
Vrije Universiteit, Amsterdam

Summary

The new examination programmes for physics and chemistry in the upper levels of Dutch secondary school specify that pupils should acquire 'investigative skills'. A group of teachers cooperates since 1997 to adopt the development of pupils' investigative skills in their teaching practice.

We studied to what extent pupils' investigative skills received attention before the exam programmes changed. Next, practicals were designed to develop pupils' investigative skills that had received insufficient attention. This paper discusses the existing teaching practice and the classroom trials of these practicals. Conclusions are given as a tentative plan, specifying how fostering the development of investigative skills can be incorporated in physics and chemistry teaching. The plan is based on a compromise between the aims, beliefs and experiences of the teachers, and our (provisional) insights regarding an effective teaching strategy for 'learning about investigations'.

The next stage of this study involves working out this plan and determining its effectiveness.

1. Inleiding

Volgens de examenprogramma's voor de exacte vakken (Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs, 1996) moeten havo en vwo-leerlingen 'onderzoeksvaardigheden' leren, zodat ze een natuurwetenschappelijk onderzoek kunnen uitvoeren. Echter, hoe 'onderzoek doen' optimaal geleerd en onderwezen kan worden is nog niet duidelijk.

'Leren onderzoeken' betekent zowel leren hoe wetenschappelijke onderzoek wordt gedaan als leren zélf zulk onderzoek te doen. Dergelijke leerdoelen zijn niet nieuw (bijvoorbeeld Screen, 1986). In feite behoren ze, naast het motiveren van leerlingen en het verbeteren van begrippen, bij uitstek tot de doelen van practica (Kempa, 1988; Hodson, 1992; Tamir, 1989). Practica die zijn toegesneden op 'leren onderzoeken' noemen we *onderzoekspractica* of *process labs* (Van Tilburg, 1999; Van den Berg & Giddings, 1992). In de afgelopen anderhalve eeuw werd regelmatig juist op het gebied van 'leren onderzoeken' veel van practica verwacht (Lock, 1988); thans is er van dat optimisme over de leeropbrengsten weinig over (Hodson, 1993). Volgens auteurs zoals Hodson (ibid.) en Van den Berg & Giddings (1992) is in het verleden te ongericht en impliciet aan de leerdoelen bij 'leren onderzoeken' gewerkt. Zij verwachten dat de leeropbrengst van zorgvuldig ontworpen onderzoekspractica beter zullen zijn.

Voor de bij ons onderzoek betrokken natuur- en scheikundedocenten is 'leren onderzoeken' een nieuw doel. Het vergt daarop toegesneden manieren van onderwijzen en leren, waaraan zowel docent als leerling moeten wennen. Daarmee is ervaring opgedaan in een door het Proces Manage-

ment Voortgezet Onderwijs gesubsidieerd IDO/VU bètanetwerk, waarin docenten exacte vakken van vijf middelbare scholen met vakdidactici van de Vrije Universiteit samenwerken (Dekkers & Van Rens, 1999; Boelhouwer *et al.*, 1999; Van Rens, 1999).

In ons onderzoek verkennen wij bij deze docenten de invoering van onderzoekspractica in hun onderwijspraktijk. Het gaat hier om ontwikkelingsonderzoek (Boersma, 1998): wij ontwikkelden samen met de docenten lesmateriaal en gebruikten dat vervolgens als onderzoeksinstrument bij het bestuderen van het leerproces bij 'leren onderzoeken'.

2. Vraagstelling

Voordat getoetst wordt of leerlingen een onderzoekje kunnen uitvoeren dienen ze de kans te krijgen te leren hoe dat moet. Daarvoor is nodig dat het onderzoeken *zelf* het object van het onderwijs wordt, in een traject waarin leerlingen geleidelijk leren onderzoek te doen.

Een impliciete aanname in het examenprogramma is dat 'kunnen onderzoeken' zoveel is als het beheersen van een verzameling vaardigheden (in navolging van bijvoorbeeld Klopfer, 1990). Het examenprogramma voor natuur- en scheikunde (Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs, 1996) benoemt onderzoeksvaardigheden als: een probleem herleiden tot een onderzoeksvraag; een hypothese opstellen en verwachtingen formuleren; een werkplan maken; relevante waarnemingen verrichten; conclusies trekken; evalueren. Nu is niet duidelijk of zulke vaardigheden werkelijk identificeerbaar zijn, onderscheidbaar van elkaar en van andere kennis (b.v. 'common-sense' of vakkennis) of vaardigheden (b.v. de 'technisch-instrumentele vaardigheden'). Wij stellen deze aanname vooralsnog niet ter discussie; daarvoor zou deze aanname moeten worden geconfronteerd met wetenschapsfilosofische en epistemologische concepten over natuurwetenschappelijk onderzoek.

Onze vraagstelling is beperkter. Eerst willen wij een beeld krijgen van de praktijk van 'leren onderzoeken' bij de betrokken docenten voorafgaand aan de Tweede Fase en hun visies, plannen en verwachtingen in het kader van de Tweede Fase. Vervolgens willen we aan de hand van onderzoekspractica, ontworpen in samenwerking met de docenten, ervaringen opdoen met en inzicht verwerven in de mogelijkheden en beperkingen omtrent 'leren onderzoeken'. Dit inzicht kan handvatten opleveren voor de praktijk van 'leren onderzoeken'. Wij houden voorlopig de bovenstaande onderzoeksvaardigheden aan omdat we denken dat de daarbij horende termen 'vertrouwd' zijn voor de docenten, en we in die termen over 'leren onderzoeken' kunnen communiceren. We gebruiken echter een meer gedetailleerde en op de praktijk afgestemde indeling (zie tabel 2) dan de boven gegeven, door de Stuurgroep gekozen indeling.

Samengevat luiden onze onderzoeksvragen:

1. In hoeverre behoorde, voor het begin van de Tweede Fase, 'leren onderzoeken' al tot de leerdoelen en de onderwijspraktijk in bovenbouw havo en vwo bij de betrokken docenten?
2. Welke visies en plannen hebben deze docenten om 'leren onderzoeken' in het kader van de Tweede Fase te verwezenlijken?

3. Welke ervaringen doen deze docenten vervolgens met onderzoekspractica op?

Door de wensen, verwachtingen en ervaringen van de onderscheiden docenten te vergelijken willen wij de belangrijkste knelpunten identificeren. Aan de hand van deze knelpunten ontwikkelen wij criteria voor het ontwerpen van onderzoeksopdrachten en een bijpassend plan van aanpak. In de volgende fase van ons onderzoek willen wij de validiteit, uitvoerbaarheid en doeltreffendheid van deze criteria en dit plan toetsen. Op termijn hopen wij hiermee bij te dragen tot de ontwikkeling van een didactiek voor 'leren onderzoeken'.

3. Onderzoeksopzet

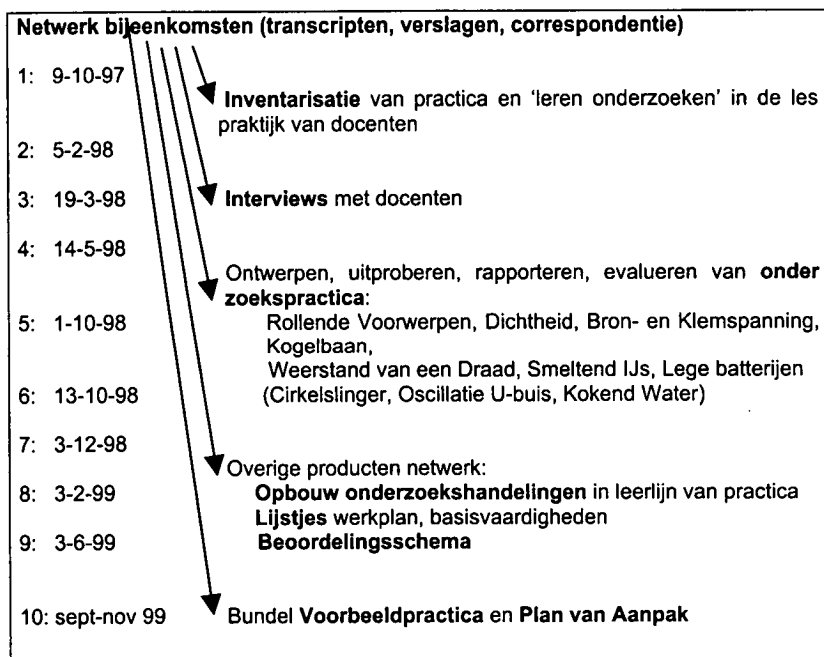
De onderzoeksvragen 1 en 2 hebben betrekking op de bestaande onderwijspraktijk en de plannen van docenten vóór de Tweede Fase. In paragraaf 3.1 beschrijven wij de opzet van het onderzoek ten aanzien van deze vragen. Daarna zetten we in paragraaf 3.2 uiteen hoe in het netwerk het ontwerpen, uitproberen en evalueren van de onderzoekspractica is aangepakt, ter beantwoording van onderzoeksvraag 3.

Tabel 1 geeft voor natuurkunde een overzicht van de netwerk- en onderzoeksactiviteiten. Het overzicht bij scheikunde wijkt hiervan niet essentieel af.

3.1. De aanvankelijke praktijk en plannen van netwerkdocenten

Aan het onderzoek namen vijf natuurkunde- en vijf scheikundedocenten deel. In deze kleine, ervaren en gemotiveerde groep was het mogelijk de onderwijspraktijken, en de ontwikkelingen daarin, in detail te bestuderen. Dat levert niet een voor het hele onderwijsveld representatief beeld op, het gaat hier dan ook om een verkennend onderzoek. Informatie over 'leren onderzoeken' in de aanvankelijke praktijk is op twee manieren vergaard: een inventarisatie van de eigen lespraktijk door de docenten zelf en een interview met de docenten door de onderzoekers (zie tabel 1).

Bij de inventarisatie gingen de docenten na wat hun bovenbouwleerlingen doen in welke practica (Tamir, 1989). Daartoe gebruikten ze een lijst van onderzoeksfasen (A t/m H) en handelingen in die fasen (zie tabel 2); voor beide vakken was dit dezelfde lijst. Aan het ontwerp van de lijst lag de volgende gedachtegang ten grondslag. Om onderzoek te kunnen doen moeten leerlingen relevante conceptuele en procedurele kennis bezitten en die op het juiste moment kunnen gebruiken. Dat is ook voor allerlei andere activiteiten nodig. Wat een activiteit tot een onderzoek maakt, is dat handelingen van een bepaald type worden uitgevoerd. Vaak worden die handelingen in samenhang uitgevoerd, zodat groepen van die handelingen 'fasen in het onderzoek' kunnen worden genoemd. Om ons ervan te verzekeren dat de lijst geschikt is voor het in kaart brengen van de bestaande praktijk hebben wij een concept aan een natuurkundedocent en een scheikundedocent (geen netwerkdocenten) voorgelegd en de lijst vervolgens met inachtneming van hun commentaar vastgesteld.



Tabel 1 Overzicht netwerkactiviteiten bij natuurkunde

Het examenprogramma maakt geen onderscheid tussen een handeling en een vaardigheid. Wij denken dat er wel een onderscheid is, namelijk: wie een handeling met succes kan verrichten beschikt over de daartoe vereiste vaardigheid. Hierin zal 'met succes' afhangen van onder meer de onderzoekscontext, het kennisdomein, de eigenschappen van de leerling en de kenmerken van de docent. Het oefenen van de handeling kan leiden tot verwerven van de vaardigheid. Sommige wijzen van oefening zullen echter naar verwachting effectiever zijn dan andere. Daarom is docenten gevraagd, per practicum in de bovenbouw havo/vwo voor iedere handeling aan te geven óf die voorkomt, en zo ja: en passant, volgens instructies of zelfstandig door de leerlingen.

Ter voorbereiding van de interviews beantwoordden de docenten enkele schriftelijke vragen. Deze vragen en de interviewvragen staan in bijlage 1. De interviews duurden 1,5 tot 2,5 uur. Volledige transcripten zijn gemaakt en geanalyseerd op: achtergrond van de docenten; de bruikbaarheid, relevantie en volledigheid van tabel 2; 'leren onderzoeken' in hun praktijk; wat de leerlingen aan het eind van hun schoolcarrière moeten kunnen; en de doelen en plannen met betrekking tot 'leren onderzoeken' in de Tweede Fase.

Onze beschrijving van de bestaande praktijk is vooral gericht op het identificeren en uitwerken van aanknopingspunten om met docenten samen te kunnen werken aan 'leren onderzoeken'. Het gaat dan om gemeenschappelijke wensen, plannen en zorgen, gedeelde meningen en ervaringen, ideeën en suggesties die binnen het netwerk herkend worden en 'aanslaan'. Er bestaan weliswaar ook grote verschillen tussen de netwerkdocenten en

hun praktijken maar, gezien de steekproefgrootte en het stadium van onderzoek achten we het niet relevant die verschillen te analyseren.

3.2. Het ontwerpen, uitproberen en evalueren van onderzoekspractica

De natuurkunde- en scheikundedocenten werken in het IDO/VU bètanetwerk per vak samen aan het ontwikkelen, uitproberen en evalueren van onderzoekspractica (zie tabel 1). Hoofddoel voor de deelnemende docenten is, hun lespraktijk zodanig vorm te geven dat hun bovenbouwleerlingen leren onderzoeken in overeenstemming met de eisen van de Tweede Fase. Het verwachte voordeel van de samenwerking is dat het ontwikkelen, uitproberen en evalueren van onderzoekspractica effectiever verloopt als docenten en vakdidactici van elkaars expertise en ervaringen gebruik kunnen maken. Uitgangspunten voor de werkwijze in het netwerk zijn:

1. Veranderingen in de lespraktijk zijn mogelijk als de docent ze ziet als wenselijk, haalbaar en mogelijk vruchtbaar in het licht van zijn bestaande praktijk.
2. Taal en theorie horend bij 'leren onderzoeken' ontstaan en groeien in het proces van: leerdoelen stellen - materiaal ontwerpen - uitproberen - rapporteren - evalueren - leerdoelen bijstellen.

Deze uitgangspunten zijn herkenbaar in de activiteiten van het netwerk. Aanvankelijk waren de bijeenkomsten met name gericht op het eerste punt, de bestaande onderwijspraktijk en hoe die te veranderen. Naarmate over doelen en werkwijze meer overeenstemming werd bereikt verschoven de activiteiten naar punt twee. Vanaf het begin bestond er in het netwerk consensus over, dat 'leerlingen leren onderzoeken' het beste kan door hen onderzoek te laten doen.

De verslagen van de bijeenkomsten en bijbehorende correspondentie geven algemene informatie over de ontwikkeling van doelen en aanpak. De verslagen zijn gebaseerd op transcripten van de bijeenkomsten (natuurkunde) of rapportages geschreven onmiddellijk na afloop van de bijeenkomsten (scheikunde). Van die verslagen is een (deels chronologische) samenvatting gemaakt, gericht op de volgende punten:

1. Aanpak van docenten bij het ontwikkelen van onderzoekspractica: inhoudelijke eisen; gekozen opbouw; leerling-eigenschappen waarmee rekening wordt gehouden; eigen rol van de docent.
2. Aanpak van docenten bij uitproberen van de onderzoekspractica in de klas: hun zorgen; eisen aan het werk van de leerlingen; invulling van de eigen rol.
3. Ervaringen bij uitproberen van de onderzoekspractica in de klas: ervaringen van leerlingen; ervaringen met betrekking tot de eigen rol; evaluatie van de opbrengst; suggesties tot bijstelling.

De activiteiten met de docenten zijn gericht op het ontwikkelen, uitproberen, evalueren en bijstellen van onderzoekspractica. De docent heeft belang bij wat er in zijn klas gebeurt: wat docenten vertellen over hun aanpak en ervaringen in de klas kan daardoor gekleurd zijn. Om over aanpak en ervaringen een 'second opinion' te verkrijgen hebben wij daarom zowel bij natuur- als scheikunde drie onderzoeksopdrachten in de klas gevolgd (zie tabel 3). Dit leverde additioneel materiaal op: werkplannen en verslagen van leerlingen,

commentaren daarop van docenten, transcripten van discussies tussen leerlingen. Omdat dit nog niet systematisch is gebeurd, gebruiken we dit materiaal hier alleen om rapportages door docenten te nuanceren of illustreren.

Onze rapportage is bedoeld om, enerzijds, mogelijk vruchtbare aanpakken en ideeën op te sporen, opdat ze nader kunnen worden uitgewerkt. Anderzijds is het doel, juist die terugkerende en gemeenschappelijke knelpunten uit de ervaringen te halen waarvoor het meest dringend een oplossing gewenst is. Als gevolg daarvan is de rapportage eerder anekdotisch dan systematisch.

4. Bevindingen

Paragraaf 4.1 beschrijft de onderwijspraktijk vóór het begin van de Tweede Fase (onderzoeksvragen 1-2), paragraaf 4.2 het ontwerpen van en de ervaringen met onderzoekspractica (onderzoeksvraag 3).

4.1. De aanvankelijke praktijk en plannen van netwerkdocenten

Achtergrond van de docenten

De netwerkdocenten gaven allen les in de bovenbouw. Vier docenten scheikunde en twee docenten natuurkunde gaven les op zowel het havo als het vwo. Bij scheikunde (havo en vwo) was de methode Chemie in gebruik, bij natuurkunde diverse methoden. Alle docenten hadden minstens 5 jaar ervaring - de meesten meer dan 15 jaar. In opvattingen over (doelen van) onderwijs, veranderingsgezindheid en aanpak van veranderingen bestonden duidelijke verschillen tussen docenten, secties en scholen.

Opvallend bij natuurkunde was het grote verschil in aantal practica dat de docenten de leerlingen lieten doen, b.v. 3 practica bij een docent tegen 26 practica bij een andere. Bij scheikunde waren de verschillen kleiner, zij lieten hun leerlingen in het algemeen de practica doen die in het leerboek worden voorgesteld.

'Leren onderzoeken' in de bestaande lespraktijk voorafgaand aan de Tweede Fase

Alle natuurkunde- en scheikundedocenten in het netwerk vonden de indeling van onderzoek in fasen en handelingen zoals beschreven in tabel 2 bruikbaar, herkenbaar en relevant bij het analyseren van hun practica. Voor alle vwo en havo bovenbouw practica hadden ze aan de hand van tabel 2 bepaalde welke onderzoekshandelingen leerlingen in die practica zelfstandig uitvoeren.

Voor het vwo zijn de resultaten hiervan schematisch in tabel 2 weergegeven.

De tabel laat voor zowel natuurkunde als scheikunde zien dat de activiteiten van leerlingen vooral lagen in het verzamelen en verwerken van onderzoeksgegevens. De leerlingen waren vooral bezig met: waarnemen, meten en opstellingen maken (D); ordenen van, rekenen aan en in grafiek/tabel brengen van waarnemingen (E); verklaren, interpreteren, vergelijken en evalueren van data (F) en het beantwoorden van de onderzoeks

FASE IN ONDERZOEK	HANDELINGEN	Sk	Na
A. (Zicht krijgen op) doel van onderzoek	1. Onderzoekbaar probleem formuleren 2. Doel van onderzoek en type antwoord bepalen 3. Probleem verkennen		
B. Plan maken voor het verwerken van data	1. Theorie uitwerken 2. Te verwachten verband / relatie afleiden 3. Te verwachten resultaat aangeven		+
C. Plan maken voor het verwerven van data	1. Onderzoekshandelingen plannen 2. Bruikbare opstelling ontwerpen 3. Werkplan maken		
D. Uitvoeren	1. Waarnemen en beschrijven (kwalitatief) 2. Meten en weergeven (kwantitatief) 3. Opstelling bouwen, aanpassen, metingen verrichten	++ ++ +	++ ++ ++
E. Verwerken	1. Ordenen van waarnemingen 2. Uitvoeren van berekeningen 3. Maken van grafieken, tabellen e.a. 4. Gebruik maken van grafieken	++ ++ ++ ++	++ ++ ++ ++
F. Interpreteren van resultaten	1. Verklaaren verschijnselen 2. Eigenschappen van diagrammen duiden 3. Vergelijken van resultaten met andere bronnen 4. Aangeven van de meetnauwkeurigheid enz.	++ ++ +	++ + ++
G. Conclusies trekken	1. Beantwoorden van de onderzoeksvraag 2. Discussie betrouwbaarheid en validiteit 3. Aangeven verbeteringen / alternatieven	++	+
H. Rapporteren	1. (Deel)verslag, andere rapportage	+	+

Tabel 2. Fasen in een onderzoek en handelingen tijdens die fasen. In kolom Sk (scheikunde) en Na (natuurkunde) betekent '+' dat, bij meer dan één docent, de handeling minstens één keer in bovenbouw wvo zelfstandig door leerlingen wordt uitgevoerd, vooraf aan praktisch schoolonderzoek / eigen experimenteel onderzoek. Bij '++' is dat het geval bij alle netwerkdocenten.

vraag (G1). Leerlingen schreven meestal verslagen of delen van een verslag (H) over de practica, en kregen daar een cijfer voor.

In beide vakken doen de leerlingen de handelingen in fasen A, B en C niet zelfstandig. In plaats daarvan volgen ze 'kookboek'-instructies waarin geen keuzen of afwegingen meer hoeven te worden gemaakt. In de interviews noemden de docenten hiervoor als redenen: 'ik volg gewoon het boek en dat zijn meestal kookboekpractica'; 'het huidige examenprogramma eist dit niet echt'; 'het ligt aan mijn manier van lesgeven, ik ben niet vertrouwd met onderzoek door leerlingen'. Verder noemden ze gebrek aan tijd, pas-

send lesmateriaal, personele ondersteuning en practicumruimte als belemmeringen.

In beide vakken, bij alle docenten, verschilde de aanpak in havo van die in vwo, en konden docenten dat verschil motiveren. De practica op het havo waren sterk gestructureerd voor zowel de uitvoering als de berekeningen ('dit houdt de leerlingen gemotiveerd'), en vakinhoudelijk gemakkelijker ('theoretisch kunnen havo-leerlingen minder aan'). In de verslagen van havo-leerlingen werden formuleringen en berekeningen sneller goed gerekend ('havo-leerlingen vinden formuleren en rekenen lastig').

Men was tenslotte zeer eenstemmig van mening, dat alle leerlingen een aantal basisvaardigheden (algemene vaardigheden en vaardigheden die te maken hebben met uitvoeren, verwerken en verslagschrijven) dienen te beheersen als ze in de 4^{de} klas met practica beginnen. Die vaardigheden dienen leerlingen in de basisvorming (bavo) te verwerven. Met name docenten die zelf geen onderwijs in de bavo geven, vonden dat dit voor veel leerlingen onvoldoende het geval is.

Doelen en plannen van docenten met het oog op 'leren onderzoeken' in de Tweede Fase

De netwerkdocenten vonden 'leren onderzoeken' een bij hun vak passend leerdoel - al hadden ze vragen omtrent wanneer, waar en hoe dat in de praktijk onderwezen moet gaan worden. Sommige docenten vroegen zich af of de leeropbrengsten op dit gebied in een juiste verhouding staan tot de geïnvesteerde tijd en moeite. Volgens alle docenten moeten onderzoekspractica leerlingen motiveren, tot succeservaringen leiden, gerelateerd zijn aan en ondersteunend zijn voor andere leeractiviteiten. Geen enkele docent merkte bij zichzelf met betrekking tot 'leren onderzoeken' aanvankelijk een gebrek aan didactische kennis of vaardigheden op, maar ze meldden wel: 'de eisen zijn duidelijk, maar niet hoe leerlingen leren onderzoeken'.

De geïnterviewde docenten interpreteerden die eisen als: vwo- en havo-leerlingen moeten bewust leren handelen bij het doen van onderzoek. Onder 'leren onderzoeken' verstonden ze verder dat hun leerlingen leren logisch na te denken, onderling te overleggen, te improviseren en experimenteren. Aan de fasen D, E, F en G (tabel 2) wilden de docenten in de toekomst niet meer tijd besteden dan ze nu al doen.

De docenten hoopten te bereiken dat hun 6-vwo-leerlingen met een aangeboden onderzoeksvraag zelfstandig een onderzoek kunnen doen. Ze wilden een geleidelijke en systematische aanpak in de ontwikkeling van onderzoeksvaardigheden volgen, waarbij de eisen aan zelfstandigheid tijdens de uitvoering en het wetenschappelijke gehalte van het onderzoek in de loop van de bovenbouw toenemen. De docenten vertrouwden erop dat vwo-leerlingen uiteindelijk alle fasen in tabel 2 zelfstandig aan kunnen. Voor havo-leerlingen wilden ze meer structuur bieden. Zij hoeven bijvoorbeeld niet zelfstandig fasen A en B (tabel 2) te doen, maar moeten fasen C tot H wel met succes kunnen uitvoeren.

De docenten bleken het eens over wat een zinnige eerste stap is om van de bestaande, sterk gestructureerde practica te komen tot een onderwijspraktijk waarin leerlingen 'leren onderzoeken'. Deze komt er op neer dat leerlingen meer verantwoordelijkheid krijgen voor, en oefenen met het plannen van het onderzoek (Fase C, met name handeling 3, in tabel 2). Volgens

de docenten moeten de te ontwikkelen onderzoekspractica aansluiten bij de belevingswereld van de leerling en hun 'intellectuele vermogen' ('dan blijven de leerlingen gemotiveerd').

4.2. Ervaringen bij ontwerpen en uitproberen van onderzoekspractica

De ontwerpfasen

In overleg werkten de docenten de globale plannen omtrent onderzoekspractica in de eerste netwerk-bijeenkomsten uit, en bepaalden ze de aan de practica te stellen eisen (tabel 1). Bij beide vakken was men het erover eens dat leerlingen meer vrijheid en verantwoordelijkheid moeten krijgen bij het plannen en uitvoeren van onderzoekspractica. De docenten wilden deze practica bij onderwerpen in het boek laten aansluiten zodat ze 'herkenbaar voor leerlingen' zijn en de tijd efficiënt gebruikt wordt.

De docenten begonnen voorzichtig met 'kleinschalige verandering': onderzoekspractica die 2 à 3 lessen duren, maar wel volledige onderzoekjes omvatten. De docenten verwachtten dat de practica 'anders niet motiverend' zijn. Sturing en kwaliteitsbewaking werden van groot belang geacht; controle van, en reacties op werkplannen en verslagen van leerlingen moeten dat mogelijk maken.

Het ontwikkelen, uitproberen en bijstellen van deze practica bleek al snel veel tijd te kosten. De scheikundedocenten besloten daarom, voorlopig alleen onderzoekspractica voor het vwo te maken. Bij natuurkunde kwam de nadruk op practica voor de 4^e klas te liggen.

Uiteindelijk zijn op basis van de gegeven uitgangspunten 8 onderzoekspractica voor scheikunde, en 10 voor natuurkunde ontworpen. Tabel 3 geeft aan, per onderzoekspracticum, het onderwerp, de klas waarvoor het bedoeld is, de centrale onderzoeksfase(n), en of het in de klas is uitgeprobeerd en geobserveerd door de onderzoekers. Instructiebladen bij de practica voor leerlingen en docenten zijn opgenomen in Boelhouwer *et al.* (1999) en Van Rens (1999). Practica in tabel 3 die niet in de klas zijn uitgevoerd zijn geschreven als 'vinger oefening', of worden pas in het lopend schooljaar uitgevoerd zodat bij de behandelde leerstof aangesloten kan worden.

Ervaringen in de klas

De natuurkunde- en scheikundedocenten in het bètanetwerk gaven 'leren onderzoeken' meer aandacht. Allen probeerden nieuwe, zelf ontworpen of aangepaste practica in de klas uit. Allen werkten actief aan een aanpassing van hun lespraktijk voor het 'leren onderzoeken', om aan de exameneisen van de Tweede Fase te voldoen. De ervaringen in de klas laten zich beschrijven aan de hand van de 'concerns' (zorgen/belangen) van de netwerkdocenten: bij het uitproberen, evalueren en bijstellen van onderzoekspractica voltrok zich globaal gezien een gemeenschappelijk stapsgewijs proces. Vooraf leefden er zorgen op het gebied van de haalbaarheid: 'zullen de leerlingen het [practicum] uitdagend genoeg vinden ... het wel leuk vinden'; 'de leerlingen moeten wel resultaten kunnen vinden ... ik laat de technisch onderwijsassistent het wel eerst uitzoeken'. Bij de eerste ervaringen in de klas werden deze zorgen weggenomen. De leerlingen waren enthousiast met het vak bezig. Ze gingen creatief om met vragen als; wat gaan we onderzoeken, hoe gaan we het onderzoek aanpakken en wat hebben we daar-

voor nodig. Dit was zichtbaar in de werkplannen die groepjes leerlingen bij de docenten inleverden.

Vak	Onderzoek	Klas	Fasen	U	O
Sk	Welke ionen kun je aantonen in mineraalwater?	4 V	C	✓	✓
	Het beste droogmiddel uit vier stoffen	4 V	A3; C	✓	✓
	Het schuimen van nieuwe en oude zeep	4 V	B; C		
	Zoek het goedkoopste middel dat maagzuur neutraliseert	4 V	B; C		
	Samenstelling zwart op wit dropje	5 V	B; C		
	Relatie tandbederf en fluoride-ionen	5 V	B; C	✓	
	Met welke snelheid bewegen ionen? (1 en 2)	5; 6 V	B; C		
	Achterhaal de samenstelling van wc eend	6 V	B; C	✓	✓
Na	Welk rond voorwerp rolt het snelst?	4 V	A;B;C	✓	✓
	Levert een bron altijd dezelfde spanning?	4 V	B; C	✓	✓
	Bepaal de dichtheid van één materiaal	4 H/V	Basis	✓	
	Hoe groot is g?	4 V	B; C	✓	
	Waarvan hangt de weerstand van een draad af?	4 V	B; C	✓	
	Hoe smelt ijs?	4 V	A;B;C	✓	
	Hoe snel draait een cirkelslinger?	4 V	B1; C		
	Oscillaties in een U-buis	5 V	B		
	Kokend water	4H/V	alle		
	Hoe gedraagt een lege batterij zich?	4 V	B; C	✓	✓

Tabel 3 Onderzoekspractica bij scheikunde (Sk) en natuurkunde (Na): 'Vak' geeft het schoolvak aan, 'Onderzoek' het onderwerp, 'Klas' de doelgroep. 'Fasen' geeft aan welke fasen van onderzoek centraal staan (tabel 2). In 'U' geeft ✓ aan dat het practicum in de klas is uitgevoerd, in 'O' dat een van de onderzoekers daarbij heeft geobserveerd.

Daarna kwam een nieuwe zorg op, omtrent de te volgen onderwijsstrategie: mag je sturen en zo ja, hoeveel? Onveilige plannen mogen leerlingen niet uitvoeren, maar wat te doen met kwalitatief minder goede plannen? De leerlingen zelf de problemen laten opmerken en oplossen of toch sturing geven? De docenten kozen ervoor, de werkplannen te controleren voor ze werden uitgevoerd, en te voorzien van adviezen. De leerlingen kregen tijd om die suggesties in hun groepje te bespreken en het plan aan te passen. Steeds weer bleek dan, dat de leerlingen weinig deden met de suggesties en vasthielden aan hun eerdere plannen. Ze waren niet in staat of niet bereid de opmerkingen te gebruiken. De leerling die trots meldde 'ons plan is

gewoon het beste van de klas' had, van hem uit gezien, daartoe helemaal geen reden.

Nu gekozen was voor sturing betrof de nieuwe zorg de inhoud van de onderwijsstrategie: hoe stuur je? De docenten in het netwerk reageerden in de eerste plaats door externe motivatie te stimuleren: wijzen op het belang van goed plannen, de gestelde eisen, het bijbehorende cijfer. Deze suggesties leverden geen kwalitatief betere werkplannen van de leerlingen op. Kennelijk wilden de leerlingen de onderzoeksvraag wel beantwoorden, maar hechtten ze er minder waarde aan om dat zo betrouwbaar en valide mogelijk te doen.

De natuurkundedocenten dachten voorsnog, dat de leerlingen meer tijd nodig hadden om de opmerkingen van de docent te verwerken. De scheikundedocenten kozen een andere optie, in een volgende poging om leerlingen over de kwaliteit van hun plan te laten nadenken: ze lieten de leerlingen eerst aan de hand van een aantal vragen de vakkennis ophalen die bij de gestelde onderzoeksvraag van belang is. Op dit moment is nog niet duidelijk wat deze aanpakken zullen opleveren.

Aan een half woord hadden de leerlingen meestal genoeg om hun waarnemingen goed te beschrijven en ordenen. Lastiger was voor hen, om hun werkplannen te 'concretiseren'. In de woorden van een docent: 'niet alleen zeggen dat je de massa van het ijsklontje gaat bepalen, maar dat je de massa van de thermosfles meet voor- en nadat de klont erin gaat'. Veel leerlingen merkten dat een experiment anders kan lopen dan in het plan voorzien (in het voorbeeld; als je het klontje op de balans legt blijft er water achter dat mee gewogen werd maar niet meer bij het klontje hoort; de massa van het klontje blijft onbekend). Dit leverde problemen tijdens de uitvoering op, waarvoor leerlingen de oplossing meestal zochten in technische details. Docenten waren dan vooral bezig onzekerheden bij leerlingen weg te nemen en praktische zaken op te lossen. Er bleef dan te weinig tijd over om met leerlingen fundamenteler in te gaan op *wat* je eigenlijk te weten wilt komen, *hoe* je dat aanpakt en *waarom* je die manier kiest en geen andere.

In de klas bleek veel belangrijker te zijn dat leerlingen het doel van een practicum begrijpen dan voorheen bij 'kookboekpractica'. Instructies uitvoeren was nu immers onvoldoende, leerlingen moesten zelf aan de werkwijze bijdragen. Bijvoorbeeld, in een natuurkunde-onderzoekspracticum voor 4 vwo was de onderzoeksvraag; hoe neemt de spanning van een bron af naarmate die bron een grotere stroomsterkte levert. Door een geschikt meetbereik en aantal meetpunten te kiezen kan hiervoor goed een kwantitatief verband worden bepaald. Echter, audio-opnames van twee bepaald niet zwakke leerlingen in deze klas maakten duidelijk dat zij slechts twee metingen deden, en de rest van het uur bespraken of dat aantal voldoende is of niet. De docent realiseerde zich dit probleem op dat moment niet en merkte de discussie niet op. De kans om de leerlingen te bevragen over het belang van een geschikt meetbereik en de benodigde meetpunten, naar ons idee een cruciaal leerdoel bij 'leren onderzoeken', bleef daarmee liggen.

De practica bij scheikunde werden door de leerlingen afgesloten met een individueel verslag. Uit die verslagen bleek dat sommige leerlingen probeerden te verklaren wat ze hadden waargenomen, maar dit niet in verband brachten met de gegeven onderzoeksvraag. Andere leerlingen dachten wel aan de onderzoeksvraag, maar pasten die aan zodat hun waarnemingen

dan bruikbaar werden voor de beantwoording van die aangepaste vraag. De docent merkte wel op dat leerlingen zo te werk gaan, maar ging er bij de bespreking van de verslagen niet met zijn leerlingen op in. De docent gaf aan nog niet te weten hoe hier mee om te gaan, het zou in het vervolg aandacht nodig hebben.

De ervaringen in de klas bij enkele practica zijn nader beschreven in Dekkers & Van Rens (1999).

Terugkerende, gemeenschappelijke knelpunten

In het bovenstaande richtten de netwerkdocenten zich eerst op haalbaarheid, dan op het type onderwijsstrategie, dan op de inhoud van die strategie. Lastig bleef, het 'leren onderzoek' zélf tot het object van onderwijs te maken. Hoe zorg je dat leerlingen bewust gaan nadenken over wat ze doen en op zoek gaan naar andere, betere manieren om dat te doen? Deze vraag kwam vele malen terug in de netwerkbijeenkomsten. Hoewel docenten het belang ervan onderkenden, bleven toch steeds - in plaats daarvan - de vakinhoud, technische details en organisatorische zaken centraal staan.

Een belangrijk obstakel hierbij was, dat noch wijzelf noch de docenten een toereikend beeld hebben van wat leerlingen al weten en kunnen als het gaat om onderzoek doen, en hoe dat geactiveerd kan worden. Een ander aspect van het probleem was dat de docenten steeds weer een evenwicht moesten zoeken tussen begeleiden en loslaten: van het zelf oplossen van problemen leren leerlingen het meest, maar welke problemen kunnen ze zelf oplossen in de beschikbare tijd? Om zulke vragen te beantwoorden hebben de docenten en wijzelf een beter begrip nodig van, en meer ervaring met activiteiten waarin 'leren onderzoeken' expliciet het leerdoel is.

5. Conclusies en discussie

Verwacht kan worden dat de ervaringen die docenten met onderzoekspractica opdoen, sterk afhangen van de specifieke onderzoekspractica die zij ontwikkelen. Echter, de competentie van docenten ligt in het *uitvoeren* van onderwijs. Het *ontwikkelen* van onderwijsleeractiviteiten behoort niet zonder meer tot de competentie van docenten. Dit verklaart voor een belangrijk deel waarom het voor de netwerkdocenten zeer lastig is, het leerdoel 'leren onderzoeken' in hun onderwijs te operationaliseren.

In het onderzoek bleek de samenwerking tussen onderzoekers en docenten in een netwerk vruchtbaar bij het ontwikkelen van onderwijsactiviteiten ten aanzien van 'leren onderzoeken'. Maar de zojuist vermelde knelpunten wijzen uit, dat voor het realiseren van vooruitgang verder onderzoek en verdere ondersteuning van docenten nodig is. Wij formuleren daartoe eerst onze voorlopige visie op 'leren onderzoeken'. Vervolgens formuleren we ontwerpcriteria, rekening houdend met de wensen en plannen van de docenten met betrekking tot 'leren onderzoeken' en onze visie op hoe de gesignaleerde knelpunten kunnen worden aangepakt. De ontwerpcriteria worden verwerkt in een plan van aanpak, waarvan we verwachten dat het kan bijdragen aan pogingen van docenten, de leeropbrengst bij 'leren onderzoeken' te vergroten.

Wat is 'leren onderzoeken'?

In paragraaf 3.1 is uiteengezet welke gedachte aan het ontwerp van de in het onderzoek gebruikte lijst van onderzoeksfasen en -handelingen (tabel 2) ten grondslag lag. In het onderzoek bleken de indeling van die lijst en de erin gebruikte termen bevorderlijk voor de communicatie tussen docenten over 'leren onderzoeken'. Voorts bleek de tabel bruikbaar en zinnig bij het maken en beoordelen van onderzoeksverslagen. Wij willen niet suggereren dat de structuur van de lijst ook het proces van natuurwetenschappelijk onderzoek weergeeft. Als in zulk onderzoek al fasen kunnen worden onderscheiden, kunnen die immers ook in een andere volgorde of meermalen worden doorlopen. Een analyse van wat natuurwetenschappelijk onderzoek is, was niet het object van dit onderzoek. We spreken dus weliswaar over 'leren onderzoeken', maar willen dit leerdoel nog niet afzetten tegen wat wetenschapsfilosofisch gezien de essentie van 'natuurwetenschappelijk onderzoek' is. Een dergelijke analyse en zo'n vergelijking zijn intussen wel degelijk waardevol; zie diverse bijdragen elders in dit themanummer van TD&

De introductie van 'kunnen onderzoeken' als nieuwe exameneis is een substantiële onderwijsvernieuwing. Voor de docenten is het lastig om zicht te krijgen op wat deze eis behelst en wegen te vinden om hun onderwijspraktijk daarop af te stemmen. Het vergt een didactische omschakeling waar de docenten niet aanstonds aan kunnen voldoen. Om de docenten niet te overvragen willen we daarom aansluiten bij hun praktijk en ervaringen, en zo een onderwijspraktijk van 'leren onderzoeken' op gang brengen, die docenten zelf zien als wenselijk, haalbaar en mogelijk vruchtbaar.

Wij verwachten op basis van enerzijds een evaluatie van de zich te ontwikkelen onderwijspraktijk, en anderzijds de eerder bedoelde wetenschapsfilosofische analyse, beter in staat te zijn het leerdoel didactisch te operationaliseren. Deze verwachting is ons inziens reëel. De in tabel 2 onderscheiden onderzoeksfasen en -handelingen bleken te beantwoorden aan de ervaringen en ideeën van de docenten. Het is voorshands plausibel dat een leerling die de in tabel 2 vermelde 'handelingen' op een passend niveau kan verrichten, over het geheel genomen een zekere bekwaamheid heeft tot het doen van onderzoek. Wat het 'passende niveau' is, wordt bepaald door de conceptuele en procedurele kennis waarvan verwacht mag worden dat een bovenbouwleerling die bezit en kan toepassen. Daartoe moet die kennis wel met de in de lijst vermelde handelingen in verband gebracht worden. De leerling kan dat doen door zich op gezette tijden de volgende vragen te stellen omtrent zijn handelen:

1. Wat doe ik? (Wat heb ik gedaan? Wat ga ik doen?)
2. Waarom doe ik dit zo? (Waarom heb ik dit zo gedaan? Waarom ga ik dit zo doen?)
3. Hoe zou ik dit anders, beter kunnen doen?

In deze vorm zullen de vragen alleen triviale antwoorden opleveren, geen antwoorden die het handelen van de leerlingen werkelijk sturen. Daartoe dienen de vragen aangepast te worden aan specifieke onderzoekshandelingen en een plaats te krijgen in het didactische materiaal voor de onderzoekspractica. Tabel 4 geeft een voorbeeld van hoe dat uitgewerkt kan worden; dat voorbeeld betreft de beoordeling van de bewijskracht van meetgegevens.

Fragment uit het onderzoekspracticum 'de trillende tengel'

Een lineaal zit vast op de rand van een tafel en steekt een eind uit. Geef het uiteinde een tik: het begint te trillen. De trillingstijd hangt af van de lengte van het uitstekende deel: metingen worden uitgevoerd en in grafiek gezet. Daar kun je een lijn door trekken; op basis daarvan formuleer je een conclusie omtrent het verband tussen lengte l en trillingstijd T . Maar hoe zeker ben je van die conclusie?

1. Hoe zeker ben je ervan dat de waarde van T bij zekere l de juiste is?

Dus: waarom herhaal je de metingen? Houd je rekening met reactietijd? Zijn de instrumenten goed genoeg? Waarom neem je het gemiddelde? Zou T anders zijn als je veel meer metingen deed? Etc.

2. Op welk gebied is je conclusie geldig?

Dus: wat is het belang van het meetbereik, in hoeverre mag je interpoleren, in hoeverre mag je extrapoleren? Moet je een zo groot mogelijk meetbereik kiezen? Hoe hangt dat van de onderzoeksvraag, de materialen en instrumenten af? Etc.

3. Onderbouwt je bewijsmateriaal je conclusie optimaal?

Dus: passen er ook ander conclusies bij je metingen? Wat was de winst geweest van meer meetpunten in het meetbereik? Waarom trek je een vloeiende curve langs de meetpunten en geen gebroken lijn? Etc.

Tabel 4. Fragment van een practicum waarin onderzoekshandelingen expliciet tot leerdoel zijn gemaakt

Door zich de aldus bewerkte vragen te stellen, ze zo goed mogelijk te beantwoorden en daarnaar te handelen, zullen de leerlingen naar onze verwachting leren de kwaliteit van hun onderzoek te bewaken en daarmee de validiteit en betrouwbaarheid van de onderzoeksresultaten (Smits, 1995; Millar, 1994) te optimaliseren.

Ontwerpcriteria en bijbehorend plan van aanpak

Tegen de achtergrond van onze visie op 'leren onderzoeken' zouden we nu kunnen overgaan tot een analyse van de in paragraaf 4.2 weergegeven ervaringen. Zo bemerkten we dat het handelen van de docenten zich sterk bleef richten op de vakinhoud en het onderzoeksresultaat. De wijze waarop dat resultaat werd bereikt (vragen 1 tot en met 3), kwam zelden aan de orde. De betrouwbaarheid en validiteit van de onderzoeksresultaten stonden niet ter discussie. Van 'leren onderzoeken' kwam dus weinig terecht. Leerlingen leren niet onderzoeken van het maken van een werkplan - zelfs niet als dat beoordeeld wordt - , tenzij ze al doende doorkrijgen waar dat plannen goed voor is en welke eigenschappen maken dat een plan goed is.

Naar ons oordeel zou een (uitvoeriger) analyse echter geen aanknopingspunten opleveren voor de didactiek van 'leren onderzoeken'. De ontwikkeling van deze didactiek is beter gediend met een aanpak van de in paragraaf 4.2 gesignaleerde knelpunten. Deze betreffen het vermogen van de leerlingen om de in tabel 2 onderscheiden onderzoekshandelingen zelfstandig te verrichten, daarop te reflecteren en ze in een zinvol verband te plaatsen. Om daarin een verbetering te bewerkstelligen stellen wij een leer

Practicum	Klas	Fase onderzoek	Activiteiten		
11	5b	alle	P.O. 2 (onderzoek)		
9,10		alle	P.O. 1a (practicum)	P.O. 1b (practicum)	
8	5a	A	Onderzoeksvraag		
7		F, G	Discussie / Evaluatie		
4,5,6	4	B,C	Variabelen	Theorie	Methode
			Werkplan / Voorbereiding		
3		H	Verslag		
2		D, E, G	Uitvoering / verwerken data / conclusie		
1			Basis		

Tabel 5 'Gefaseerde' ontwikkeling van onderzoekshandelingen in 11 practica in klas 4 en begin (5a) en eind (5b) klas 5, chronologisch geordend van beneden naar boven. In kolom 3 de code, in kolom 4 de omschrijving van de fase van onderzoek die centraal staat (zie tabel 2). Praktische opdrachten (P.O.) zijn deel van het schoolexamen.

traject voor (tabel 5). Dit begint bij de 'basisvaardigheden' die leerlingen in de bavo hebben geleerd. Vervolgens sluiten we in de planning van de onderzoeksactiviteiten zo veel mogelijk aan bij het kennen en kunnen dat de leerlingen zich in de bovenbouw eigen maken. Zo sluit elke stap nauw aan bij de bestaande lespraktijk. De onderzoekspractica doorlopen eerst de fasen D, E, G en H van tabel 2, die ook al vóór de Tweede Fase een plaats in de lespraktijk hadden. Daarna gaan de leerlingen de fase in die met de planning van een onderzoek te maken heeft.

Wie geheel zelfstandig een onderzoeksvraag wil formuleren waarop experimenteel onderzoek een antwoord kan geven, dient het gehele onderzoekstraject al in zekere mate te overzien. De onderzoeker dient dus alle relevante handelingen al in voldoende mate te beheersen. Het vermogen om *geheel zelfstandig* onderzoeksvragen te formuleren, komt dus in het traject pas laat aan bod.

Docenten bleken het moeilijk te vinden om gericht te werken aan een beperkt leerdoel op het gebied van 'leren onderzoeken'. Het simpelste onderzoek biedt vaak al zoveel mogelijkheden, dat het kiezen en operationaliseren van een leerdoel een hele kunst is. Daarnaast vonden de docenten het moeilijk zich te houden aan de eis dat leerlingen eerst de kans moeten krijgen iets te leren vóór ze beoordeeld worden. Met dit alles houden we als volgt rekening.

Ieder onderzoekspracticum bestaat uit drie delen (zie tabel 6): deel 1 met onderzoekshandelingen die later aan bod komen; deel 2 met de nieuw te leren onderzoekshandelingen; deel 3 met onderzoekshandelingen die eerder aan bod zijn geweest.

Structuur Onderzoekspracticum			
Deel	Handelingen	Sturing door	Bijzonderheden:
1	Voor later	Docent	Moet vlot gaan
2	Huidig leerdoel	Leerling + Docent	LI lossen zelf problemen op; docent laat II expliciteren wat ze geleerd hebben
3	Eerder aan bod geweest	Leerling	Beoordeling mogelijk

Tabel 6. Deels open, deels gesloten structuur van een onderzoekspracticum.

Deel 1 (voor later) wordt gestuurd door de docent. Bijvoorbeeld: samen met de klas bepaalt de docent welke grootheden het onderzoeken waard zijn, als het kiezen van de relevante grootheden pas in een later practicum het leerdoel zal zijn.

In deel 2 (betreft het leerdoel) worden de leerlingen vrij gelaten zelf de problemen in die fase van onderzoek te ondervinden en op te lossen. We denken dat leerlingen op die manier het best leren onderzoeken. Dit deel is in zoverre gestructureerd, dat de docent de leerlingen 'dwingt' hun problemen en oplossingen expliciet te maken. Een volgende keer kunnen leerlingen proberen dat zelfstandig aan te pakken. Dit deel is tijdrovend, maar de bedoeling is dat hier onderzoekshandelingen geleerd worden die in het vervolg in alle onderzoeken te gebruiken zijn. Ze leren bijvoorbeeld, welke vragen van belang zijn om de bewijskracht van kwantitatieve meetgegevens te beoordelen. Tabel 4 laat een fragment van een dergelijk practicum zien.

In deel 3 (al eerder aan bod geweest) worden leerlingen tamelijk vrij gelaten. Ze bepalen zelf de inhoud en aanpak van dat deel, waarbij ze gebruiken wat ze eerder geleerd hebben. Bijvoorbeeld: stel dat leerlingen eerder geleerd hebben aan welke voorwaarden een meetmethode moet voldoen om te passen bij de onderzoeksvraag. In het practicum kan het bedenken en beargumenteren van de meetmethode dan aan de leerlingen worden overgelaten en eventueel beoordeeld worden.

Het ontwerpen, uitproberen en evalueren van dergelijke onderzoekspractica, gebaseerd op de beschreven ontwerpcriteria en het daarbij horende plan van aanpak, is het volgende stadium van ons onderzoek. De centrale vraag is dan of deze criteria en dit plan practica opleveren waarin leerlingen op een voorspelbare en onderzoeksmatig traceerbare wijze leerdoelen bereiken op het gebied van 'leren onderzoeken'. De mate waarin dat het geval is bepaalt immers in hoeverre de criteria en het plan valide, toepasbaar en doeltreffend zijn. Die eigenschappen van de criteria en het plan bepalen, op hun beurt, wat de kwaliteit van de onderwijsvernieuwing is (Van den Akker, 1999).

Literatuur

- Akker, J. van den (1999). Principles and methods of development research. In: J. van den Akker, R.M. Gustafson, K. Branch, N. Nieveen & T. Plomp, (eds.), *Design approaches and tools in education and training* (pp. 1-14). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Berg, E. van den, & Giddings, G. (1992). *Teaching in the Laboratory: An alternative view*. Monograph. Perth: Science and Mathematics Education Centre, Curtin University of Technology.
- Boelhouwer, W., Buning, J., Dekkers, P., Mensonides, J., Riet, J. van, & Zwagerman, M. (1999). *Onderzoekspractica en Praktische Optrachten voor Natuurkunde in de Tweede Fase*. Amsterdam; IDO/VU. (www.ido.vu.nl)
- Boersma, K. Th. (1998). The Janus face of developmental research. Review of some designs of biology- didactical research. In O. de Jong, K. Kortland, A.J. Waarlo & J. Budding' (eds.) *Bridging the gap between theory and practice: what research says to the science teacher*. Proceedings of the 1998 International Summer Symposium. Utrecht University, The Netherlands, 3-5 June 1998. Hong Kong; ICASE.
- Dekkers, P. & Rens, L. van (1999). Drogen en rollen, hoe onderzoek je dat? *NVOX*, 24 (4), 171-175.
- Hodson, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in school science. *School Science Review*, 73, 65-78.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- Kempa, R.F. (1988). Functions of and approaches to practical work in science. In G.D. Thijs, H.H. Boer, I.G. Macfarlane & C.J. Stoll (eds.) *Learning Difficulties and Teaching Strategies in Secondary School Science and Mathematics. Proceedings Regional Conference Botswana 8-11 December 1987*. Amsterdam: Free University Press. pp. 147-163.
- Klopfer, L.E. (1990). Learning Scientific Enquiry in the Student Laboratory. In E. Hegarty-Hazel (ed.) *The Student Laboratory and the Science Curriculum*. London; Routledge. pp. 95-118.
- Lock, R. (1988). A history of practical work in school science and its assessment, 1860-1986. *School Science Review*, 70, 115-119.
- Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education*, 9 (2), 207-249.
- Rens, L. van (1999). *Praktische opdrachten scheikunde - m.m.v. de scheikundedocenten in het bètanetwerk*. Amsterdam; IDO/VU. (www.ido.vu.nl)
- Screen, P. (1986). The Warwick Process Science Project. *School Science Review*, 68, 12-16.
- Smits, T. (1995). Open onderzoek in actie. *NVOX*, 20 (8), 387-381.
- Stuurgroep Profiel Tweede Fase Voortgezet Onderwijs (1996) *Tweede Fase in vraag en antwoord*. Den Haag.
- Tamir, P. (1989) Training Teachers to Teach Effectively in the Laboratory. *Science Education*, 73 (10), 59-69.
- Tilburg, P. van (1999). *Leerlingen leren onderzoeken; natuurkunde, scheikunde, biologie - Docentenboek*. Universiteit Leiden; ICLON.

Bijlage 1. Het interview met de natuurkunde- en scheikundedocenten

Vragen beantwoord ter voorbereiding, toegelicht tijdens het interview:

1. Moeten eind-havo-5 leerlingen alle fasen zelfstandig met succes kunnen doorlopen? Idem voor eind-vwo-6. (Antwoord 'ja', 'nee' of 'ja, maar alleen met begeleiding'.)
2. Komen alle fasen op uw school al aan de orde in de bavo?
(Antwoord 'nee', 'ja maar heeft nog meer aandacht nodig in de bovenbouw' of 'ja, komt voldoende aan de orde in de bavo'.)
3. Komen de fasen in uw lespraktijk aan de orde in of na havo-4? Idem voor vwo-4.
(Antwoord 'nee', 'ja maar niet voldoende' of 'ja, voldoende'.)
4. Worden alle fasen beoordeeld? In welke klas(sen) havo en/of vwo?
5. Welke van uw eind-havo-5 leerlingen beheersen alle fasen naar uw idee? Idem voor eind-vwo-6.
(Antwoord 'alleen de sterksten', 'ook de gemiddelde leerling' of 'alle leerlingen'.)

Vragen gesteld tijdens het interview:

(Hoofdvragen zijn integraal weergegeven, toelichtingen en deelvragen zijn hier ingekort)

1. Was het lijstje van onderzoeksvaardigheden (ozv) goed bruikbaar bij de inventarisatie die je hebt uitgevoerd?
 - a. Zou je andere ozv willen toevoegen?
 - b. Was het moeilijk te beslissen of een ozv aan de orde was?
 - c. Zou je ozv willen verwijderen?
2. Was het moeilijk te beslissen welke ozv 5 havo of 6 vwo leerlingen (II) horen te beheersen?
 - a. Belang van ozv t.o.v. theoretische kennis? (+ voorbeelden)
 - b. Belangrijkste verschillen tussen havo en vwo?
3. Ozv kunnen impliciet of expliciet aan de orde komen, of helemaal niet. Hoe is dat in jouw bovenbouw-onder-wijs? Werk je expliciet aan ozv, of impliciet? Of doe je eigenlijk helemaal niks aan het ontwikkelen van ozv?
 - a. Is de voorbereiding op het praktische schoolonderzoek (exo of pso) voldoende? Welk type lessen?
 - b. Verschillen havo-vwo?
 - c. Speelt ICT een rol?
 - d. Is er aansluiting bij bavo?
 - e. Worden eisen aan zelfstandigheid geleidelijk hoger?
 - f. Worden eisen aan wetenschappelijke kwaliteit geleidelijk hoger?
4. Hoe wordt bij jullie de beheersing van ozv getoetst?
 - a. Hoe verloopt uitvoering van exo / pso?
 - b. Hoe beoordeel je exo / pso?
 - c. Verschillen havo-vwo?
 - d. Vernieuw je onderwerpen? Bron?
 - e. Tevreden met exo's / pso's?

5. (Naar aanleiding van inventarisatievragen 1-5:) Vind je dat er een verband hoort te zijn tussen het belang van ozv, de aandacht ervoor en de mate van beheersing van de ozv? Heb je je indeling in die zin vergeleken? Bestaan er verrassende relaties of waren de lijstjes zoals je had verwacht?
 - a. Tevreden over verband(en)? Knelpunten?
 - b. Verschillen havo-vwo?

6. Zijn er dingen die je nu anders doet dan 5 jaar geleden, met name als het gaat om ozv?
 - a. Waarom nu anders?
 - b. Welk verschil met toen?
 - c. Tevreden over aanpak?
 - d. Wat zou je over 5 jaar anders doen, ook zonder Tweede Fase?

7. Het belang van ozv wordt groter in de Tweede Fase. Welke veranderingen verwacht je, als gevolg hiervan, in je lespraktijk?
 - a. Zullen je II de ozv beter gaan beheersen dan nu? (Goede zaak? Ander lesmateriaal / aanpak nodig?)
 - b. Zullen ozv meer tijd kosten dan nu?
 - c. Worden de practica dan meer open en zelfstandig?
 - d. Komt samenwerking tussen secties al op gang?

8. Als je speciaal kijkt naar het ontwikkelen van ozv, welke veranderingen verwacht je dan voor je onderwijs?
 - a. Zal je plezier in lesgeven veranderen?
 - b. Wordt het een taakverzwaring? Waar?
 - c. Verandert je aanpak in de les? Hoe?
 - d. Verandert je aanpak buiten de les? Hoe?
 - e. Kun je II nog even goed hulp bieden?

9. Welke veranderingen verwacht je voor de leerlingen?
 - a. Komen er minder / meer / andere goede II?
 - b. Krijgen II meer plezier in het vak?
 - c. Worden II beter in zelfstandig werken?
 - d. Worden II beter op vervolgonderwijs voorbereid?