

'Onderzoek doen' in de natuurwetenschappelijke vakken

Wobbe de Vos en Rupert Genseberger
Universiteit Utrecht
CD- β

Summary

Secondary school students are expected to learn, in their science and mathematics lessons, how to carry out a scientific investigation. The authors argue that in addition to learning the necessary investigation skills, students should also learn to develop a scientific attitude towards the problem under investigation. Without such an attitude, students run the risk of learning the skills as separate rather than integrated activities. The attitude issue is analyzed from three different perspectives: the student, science, and society. The authors claim that (a) students are better motivated if they can start from a problem which they experience as real and authentic, (b) in professional scientific research, each of the various skills derives its meaning from the problem as a whole, and (c) society is not served by researchers who, skillful as they may be, fail to apply standards of integrity and objectivity.

1. Inleiding

De nieuwe examenprogramma's vermelden zowel voor havo als voor vwo dat de leerlingen in de natuurwetenschappelijke vakken een aantal onderzoeksen ontwerpvaardigheden moeten beheersen. Het profielwerkstuk kan in de beide bètaprofielen naar keuze het karakter hebben van een natuurwetenschappelijk onderzoek of een technisch ontwerp. Geen wonder dat onderzoeken en ontwerpen volop in de belangstelling staan. Dat gebeurt ook in het BPS-project¹. Dit artikel bespreekt enkele aspecten van het leren onderzoeken die in dit project aan de orde zijn gesteld. Het vraagt aandacht voor de ontwikkeling van een onderzoeksattitude, naast het aanleren van de nodige onderzoeksvaardigheden.

De genoemde examenprogramma's introduceren voor de natuurwetenschappelijke vakken het leren onderzoeken zonder expliciet duidelijk te maken op welke motieven dit gebaseerd is². Waarschijnlijk is het leren onderzoeken in het onderwijsveld zo algemeen geaccepteerd dat een zware argumentatie overbodig wordt gevonden. Desondanks is de vraag gerechtvaardigd welke motieven men kan aanvoeren om het leren onderzoeken bij de natuurwetenschappelijke vakken in het voortgezet onderwijs op het programma te zetten. We denken aan:

- 'Onderzoek' is de kernactiviteit van de natuurwetenschappelijke disciplines. Als zodanig hoort het in het algemeen vormend onderwijs thuis. Niet als beroepsvoorbereiding (daar is het hoger onderwijs voor) maar als deel van een algemene cultuuroverdracht en als oriëntatie op mogelijke vervolgopleidingen.
- In de samenleving speelt natuurwetenschappelijk onderzoek een steeds belangrijker rol. Velen krijgen of hebben er mee te maken. Zeker leerlingen die later bij de hoger opgeleiden en leidinggevenden zullen horen, in welke functie dan ook, moeten er een beeld van hebben.

- Zelf onderzoek doen kan leerlingen motiveren voor de natuurwetenschappelijke vakken.

Het beeld van onderzoek in het voortgezet onderwijs

De manier waarop 'onderzoek doen' in scholen wordt onderwezen, hangt af van het beeld dat men in het onderwijs heeft van onderzoek als een onderwijsbare en leerbare activiteit. Dat beeld bepaalt o.a. hoe officiële documenten worden geïnterpreteerd.

Dat dergelijke teksten (zie kaders 1 en 2) op verschillende manieren worden geïnterpreteerd blijkt o.a. uit schoolboeken en uit artikelen in onderwijsbladen. Wij brengen de mogelijke interpretaties in een spectrum onder, ergens tussen twee uitersten die we aanduiden met de termen 'vaardigheden' en 'attitude', naar het aspect waarop de nadruk wordt gelegd. Het spectrum is weergegeven in kader 3. (We zijn ons ervan bewust dat we daarmee andere mogelijke indelingen buiten beschouwing laten en dat we impliciet stellen dat aandacht voor het ene aspect onvermijdelijk ten koste gaat van aandacht voor het andere aspect.)

Het ene uiterste houdt in dat onderzoek doen een vaardigheid is bestaande uit een aantal deelvaardigheden die elk afzonderlijk door oefening kunnen worden geleerd. Wie alle deelvaardigheden voldoende beheerst, kan onderzoek doen. De deelvaardigheden zijn meestal de bekende stappen uit wat wel de natuurwetenschappelijke methode wordt genoemd:

- het formuleren van een onderzoeksvraag;
- het opstellen van een hypothese;
- het ontwerpen en uitvoeren van een experiment ter toetsing van een hypothese;
- het verrichten van waarnemingen;
- het trekken van conclusies uit waarnemingen;
- het maken van een verslag over een onderzoek.

Kader 1

Uit de examenprogramma's vwo en havo voor natuurkunde, scheikunde en biologie

Domein A: Vaardigheden Subdomein: Onderzoeksvaardigheden

De kandidaat kan:

- 35 een natuurwetenschappelijk probleem herkennen en specificeren.
- 36 verbanden leggen tussen probleemstellingen, hypothesen, gegevens en aanwezige natuurwetenschappelijke voorkennis.
- 37 een natuurwetenschappelijk probleem herleiden tot een onderzoeksvraag.
- 38 hypothesen opstellen en verwachtingen formuleren.
- 39 prioriteiten, mogelijkheden en randvoorwaarden vaststellen om een natuurwetenschappelijk onderzoek uit te voeren.
- 40 een werkplan opstellen voor het uitvoeren van een natuurwetenschappelijk onderzoek ter beantwoording van een onderzoeksvraag.
- 41 relevante waarnemingen verrichten en (meet)gegevens verzamelen.
- 42 conclusies trekken op grond van verzamelde gegevens van uitgevoerd onderzoek.
- 43 oplossing, onderzoeksgegevens, resultaat en conclusies evalueren.

Voor het onderwijs lijkt een dergelijke interpretatie aantrekkelijk, o.a. omdat, door het ontbreken van samenhang, elke deelvaardigheid afzonderlijk kan worden onderwezen en getoetst. Een leerling heeft bijvoorbeeld goed hypothesen geformuleerd (eindterm 38) maar is er, in een andere testsituatie, niet goed in geslaagd de beoogde waarnemingen te verrichten (eindterm 41). Een eindcijfer voor het doen van onderzoek kan worden samengesteld uit een aantal gewogen componenten die elk een score op een deelvaardigheid ver-tegenwoordigen.

Kader 2

Uit de Handleiding Profielwerkstuk Tweede fase havo/vwo (PMVO/Cito):

"Het profielwerkstuk is in de meeste gevallen een open onderzoeksoopdracht, waarbij leerlingen individueel of in een groepje een scala van vaardigheden geïntegreerd moeten toepassen om een probleem op te lossen." (blz. 9)

"Het is de bedoeling dat een profielwerkstuk bij voorkeur meer omvat dan een verslag van een literatuuronderzoek. Het gaat erom dat leerlingen een onderzoek opzetten, uitvoeren, evalueren en presenteren. De leerlingen moeten hierbij (zo) zelfstandig (mogelijk) de onderzoeksvragen formuleren, de te ondernemen activiteiten plannen, de benodigde informatie en hulpmiddelen opsporen en de gevonden resultaten verwerken en rapporteren." (blz. 10)

Toch is dit een karikatuur van onderzoek leren doen. In de Handleiding Profielwerkstuk wordt terecht opgemerkt dat de leerling een scala van vaardigheden "*geïntegreerd* moet toepassen" (kader 2; cursivering door ons). Na (of naast) de deelvaardigheden zal dus ook het onderzoek doen als een samenhangende activiteit aandacht moeten krijgen. Onderzoek doen is immers meer dan de 'som der deelvaardigheden'. Daarmee verlaten we het ene extreme uiteinde van het spectrum en schuiven we meer naar het midden.

In het andere uiteinde van het spectrum plaatsen we namelijk de opvatting dat onderzoek doen een onverdeelbare eenheid vormt. Ook dit uiterste beschrijft een karikatuur van wetenschappelijk onderzoek. Onderzoek doe je, volgens deze opvatting, omdat je iets wilt weten, en uit dat willen weten vloeit dan als vanzelf voort hoe je je onderzoek aanpakt en welke eisen je stelt aan de uitkomst en dus ook aan de manier waarop je die uitkomst bereikt. Een leerling die weet waarop hij of zij moet letten (of beter nog: *wil* letten), heeft bijvoorbeeld geen waarnemingsoefeningen nodig. Ook het formuleren van een onderzoeksvraag hoeft in deze opvatting geen moeite te kosten; het is immers gewoon de vraag naar wat je wilt weten. Het enige dat nodig is, is dat men iets 'echt' wil weten. Een authentieke behoefte brengt onvermijdelijk een kritische houding mee, immers alleen het beste antwoord is goed genoeg. Het onderwijs moet leerlingen dus inspireren om dingen 'echt' te willen weten, d.w.z. verborgen eigen vragen van de leerling wakker roepen. De rest is, in dit uiteinde van het spectrum, bijzaak.

Noemen we het ene uiteinde van het spectrum de vaardigheidsopvatting, dan kunnen we de andere de attitude-opvatting noemen, omdat de onderzoekshouding hier centraal wordt gesteld. De beide extremen helpen ons om bestaande opvattingen over leren onderzoeken met elkaar te vergelijken door

Kader 3			
Vaardigheden		Attitude	
XX			
vaardigheden leren	vaardigheden geïntegreerd leren	willen leren onderzoeken	willen weten

ze een (relatieve) positie in het spectrum toe te kennen. Twee van die opvattingen zijn weergegeven als "vaardigheden geïntegreerd leren" en "willen leren onderzoeken".

Ervan uitgaande dat zowel onderzoeksvaardigheden als een onderzoekersattitude vereist zijn om wetenschappelijk onderzoek te kunnen doen, en dat dus ook beide aan bod moeten komen in onderwijs dat ten doel heeft de leerlingen te leren onderzoeken, menen wij dat in de huidige onderwijspraktijk een neiging bestaat de rechterzijde van het spectrum onder te waarderen. Daardoor dreigt bij het leren van onderzoeksvaardigheden de samenhang soms uit het oog te worden verloren. De attitude is immers nodig om de verschillende onderzoeksvaardigheden zinvol met elkaar te integreren.

Dat er meer aandacht wordt besteed aan vaardigheden dan aan attitude blijkt o.a. uit recente artikelen over het leren onderzoeken in NVOX (De Gruijter, 1998; De Gruijter en Bonsen, 1998; De Hullu, Sloep en Van der Wulp, 1999; Pohlmann et al., 1999): de meeste van deze artikelen hebben vooral betrekking op het aanleren van onderzoeksvaardigheden. Slechts in enkele artikelen (bijv. Dekkers en Van Rens, 1999) komt de attitudekant expliciet aan bod. Ook in schoolboeken vinden we veel aandacht voor vaardigheden en veel minder voor attitude.

We willen onze mening dat de ontwikkeling van een onderzoekersattitude meer aandacht verdient, onderbouwen door in de volgende drie paragrafen vanuit drie invalshoeken naar het leren onderzoeken te kijken: vanuit de leerlingen, vanuit de wetenschap en vanuit de samenleving. In alle drie gevallen stellen we de vraag naar het belang van aandacht voor de ontwikkeling van een onderzoekersattitude.

2. De leerlingen

De volgende citaten (Meeus, 1998) zijn afkomstig van een leerlinge die een exact vakkenpakket heeft gevolgd en daarna Nederlands is gaan studeren. Zij is één van de velen die niet een vervolgstudie in een exacte richting kiest, en één van de weinigen die het waarom van die keuze aangeeft.

"Toen ik in de vierde besloot exacte vakken te kiezen deed ik dat niet alleen, zoals zo vaak gezegd wordt, om later een zo groot mogelijk keuzebereik voor vervolgstudies te krijgen. Ik koos er ook voor omdat in mij een zeker vuurtje was aangewakkerd. (...) Wij waren voor één moment die vroegste wetenschappers, die zichzelf vragen stelden en wilden weten hoe en wat en vooral waarom. (...) De werkelijkheid bleek antwoorden te hebben, voldeed zelfs aan wetmatigheden en kon worden voorspeld! Wetenschap was leven; hoe kon je leven in een wereld die je niet begrijpt? Ik moest gewoon kiezen voor de

exacte vakken, zo simpel was het. Waarom laat ik dat nu allemaal in de steek? (...) Er is één ding dat een grote rol heeft gespeeld in mijn keuze: ik ben vergeten hoe het is om vragen te stellen, mijn passie voor onderzoek is verdwenen. Hoe komt dit? (...) De volgorde veranderde in: formules, verklaringen (onderzoek sloegen we over) en uiteindelijk vragen. Als ik vroeg: Waarom? kreeg ik als antwoord: Kijk maar, als je dit invult in de formule, dan komt er dat uit. Daarom.”

Dit lijkt een pleidooi voor onderwijs waarin onderzoek door leerlingen een grotere plaats inneemt. Maar pas op:

“We moesten een eigen onderzoek doen voor natuurkunde, als deel van het examenprogramma. Leuk. Maar de eis was: Kwantitatieve resultaten, dit is tenslotte VWO dus het moet een beetje niveau hebben. Als gevolg van die eis ging iedereen half blind allerlei metingen doen, voerde een paar kunstjes uit op de rekenmachine en daar verschenen de getalletjes ... Zelfs het goede initiatief van een eigen onderzoek begon bij getallen en liep uit op onbeantwoorde vragen. Nu is mijn liefde voor de wetenschap afgestompt. De verschijnselen die we probeerden te verklaren liggen niet alleen ver van onze leefwereld (...) wat op zich geen probleem hoeft te zijn, maar worden ook nog eens op zo'n manier voorgeschoteld dat je het gevoel krijgt: Waar ben ik mee bezig? Is het dan zo gek dat weinig mensen kiezen voor exacte vervolgstudies?”

Het verlies aan betrokkenheid wanneer de eigen vragen buiten beeld raken kan haast niet scherper onder woorden gebracht worden. Diverse onderzoeken bevestigen de discrepantie tussen wat leerlingen waarderen en wat er in het onderwijs vaak gebeurt. Hoffmann en Lehrke (1986) signaleren dat leerlingen relatief weinig interesse hebben voor activiteiten als "bedenken hoe men een bepaald vermoeden door een proef kan testen" en "iets berekenen, de uitkomst van een proef nauwkeurig voorspellen". Hodson (1993) wijst in een overzichtsartikel op de geringe motivatie van veel leerlingen voor practicum:

“It is on entry to secondary school that students first experience the formal teacher-driven, laboratory-based science lesson, with its reverence for specialised apparatus, its use of strange and unfamiliar language, and its highly conventionalised ways of proceeding. For many, the laboratory remains thereafter an alien environment of forbidding rituals, with little relevance to everyday life.” (p. 92)

Wil practicum interesse voor het vak oproepen, dan is het volgens Hodson nodig dat leerlingen interesse hebben in de proef, vertrouwd zijn met de apparatuur en betrokken raken bij het onderwerp. Daar mankeert het vaak aan: de practicumopdrachten onderzoeken het probleem dat de leraar stelt, op de manier die de leraar voorschrijft. Hodson adviseert om met de volgende punten rekening te houden wanneer men het practicum motiverend wil maken:

- Leerlingen willen wel een intellectuele uitdaging krijgen, maar het werk moet niet zo moeilijk zijn dat het niet begrepen kan worden of nauwelijks uitgevoerd;

- Een proef moet een duidelijk doel hebben, leerlingen willen er een voldoende mate van controle over hebben en ze willen een zekere onafhankelijkheid ervaren. (Hodson, p. 93)

Tegen deze achtergrond wordt het begrijpelijk dat leerlingen als de hierboven geciteerde moeite hebben met het oefenen van afzonderlijke deelvaardigheden bij het leren onderzoeken. Zulke leerlingen schrijven netjes hun verslag volgens de door de leraar voorgeschreven indeling, maar hebben geen idee waarom nou juist die indeling gewenst wordt. Alleen wanneer er met succes een beroep wordt gedaan op het 'willen weten', d.w.z. wanneer de deelactiviteiten een functie hebben in het werkelijk beantwoorden van een vraag, komen deze leerlingen in actie.

3. De wetenschap

Wat valt er vanuit het wetenschappelijk onderzoek zelf te zeggen over onderzoek doen? De twee Nederlandse winnaars van de Nobelprijs 1999 voor natuurkunde, prof. dr. G. 't Hooft en prof. dr. M. J. G. Veltman, zeggen beiden in interviews dat ze hun onderzoek vooral heel leuk hebben gevonden. Zij zijn niet de enigen. Kenmerkend voor dergelijke succesvolle onderzoekers is dat ze zeer betrokken zijn bij hun werk, dat ze werkelijk 'willen weten'.

Biedt de school een redelijk representatief beeld van de wijze waarop wetenschappelijk onderzoek verloopt, of is ook hier sprake van een discrepantie? Om die vraag te beantwoorden moeten we eerst nagaan welke functie we in dit verband moeten toekennen aan 'de (natuur)wetenschappelijke methode'. Die methode is niet, zoals in het onderwijs blijkbaar wel eens wordt gedacht, een recept voor het stapsgewijs uitvoeren van een onderzoek, of zelfs maar een chronologische beschrijving van het werkelijke verloop van een onderzoek. Het is een reconstructie achteraf, gemaakt ten behoeve van het verslag waarin het onderzoek in een afgeslankte en gerationaliseerde vorm wordt weergegeven.

De bedoeling van die reconstructie is de resultaten van het onderzoek voor anderen op een efficiënte wijze toegankelijk en beoordeelbaar te maken. Zijsporen die tot niets geleid hebben worden daarom weggelaten ook al hebben ze misschien veel tijd en geld gekost. De rol die frustratie, spanning, verveling en andere emoties speelden bij de uitvoering van het onderzoek wordt niet vermeld ook al waren emoties voor de onderzoekers misschien heel wezenlijk. Hoe de discussies in het onderzoeksteam verliepen, wie zijn zin doordreef en wiens ideeën in de prullenmand belandden wordt niet besproken, hoe belangrijk dergelijke gebeurtenissen ook voor het verloop van het onderzoek zijn geweest. Zulke zaken worden voor de lezers - voor wie het artikel bestemd is - niet van belang geacht maar ze zijn wel van belang voor leerlingen die zelf onderzoek willen leren doen. De zogenaamde 'natuurwetenschappelijke methode' is dus, vanuit de praktijk van het wetenschappelijk onderzoek gezien, geen geschikte basis voor het leren onderzoeken. Onderzoek is een veel rijker en zelfs in veel opzichten wezenlijk ander proces dan de 'methode' suggereert.

Dat wil natuurlijk niet zeggen dat er in natuurwetenschappelijk onderzoek geen hypothesen geformuleerd, experimenten uitgevoerd en conclusies getrokken worden. Alleen gebeurt dat in een veel complexere samenhang. Afwijkingen van de volgorde zijn niet zeldzaam: een onderzoeksvraag kan vaak pas aan het eind van het onderzoek definitief worden geformuleerd (en wel

zodanig dat het onderzoek er een antwoord op geeft), de conclusies liggen, zij het in een voorlopige vorm, al klaar voordat het experiment is uitgevoerd (omdat ze uit een theorie zijn afgeleid), en het verslag kan al voor een groot deel worden geschreven voordat de laatste metingen zijn gedaan. De onderzoeks-aanpak is wellicht sterk medebepaald door de financiële en personele middelen, de keuze van het experiment kan zijn geïnitieerd door de beschikbaarheid van een nieuw meetapparaat en de formulering van de conclusies is misschien beïnvloed door de behoefte een concurrerende onderzoeksgroep voor te zijn.

Letten we op de mogelijke splitsbaarheid van onderzoek in deelactiviteiten, dan moeten we vaststellen dat in natuurwetenschappelijk onderzoek elke deelactiviteit wel kan worden onderscheiden, maar niet kan worden gescheiden van het onderzoek als geheel. Er zijn geen instituten die zich specialiseren in het formuleren van onderzoeksvragen of in het trekken van conclusies. Ook de natuurwetenschappelijke onderzoekersopleiding aan de universiteit werkt niet met afzonderlijk aan te leren deelvaardigheden.

Op een hoger niveau speelt samenhang eveneens een belangrijke rol. Een wezenlijk kenmerk van een natuurwetenschappelijk onderzoek is immers dat het bijna altijd deel uitmaakt van een groter, overkoepelend en meerjarig onderzoeksprogramma. Niet alleen wordt er vrijwel altijd in teams gewerkt, maar bovendien kent zo'n programma een internationaal forum van medeonderzoekers die oordelen over onderzoeksresultaten, methoden en plannen. Het programma werkt aan een grote, verreikende onderzoeksvraag, bijvoorbeeld de genezing van kanker, de beheersing van ons klimaat of de het verklaren van de oorsprong van het leven op aarde. De ervan afgeleide deelvragen ontlenuen hun zin, hun inspirerende karakter aan dat grotere geheel.

Wanneer in een schoolklas elke leerling zijn of haar eigen onderzoeksvraag formuleert en bewerkt, wordt aan dit aspect geen recht gedaan. Niet zozeer omdat leerlingen vaak moeite hebben om een 'eigen' onderzoeksvraag te vinden, maar vooral omdat een zelf bedacht en individueel uitgevoerd onderzoekje een scheef beeld geeft van de werkelijkheid van wetenschappelijk onderzoek. Dat blijkt o.a. bij het schrijven van het verslag. Leerlingen beleven het schrijven van een verslag van zo'n individueel uitgevoerd onderzoekje vaak als een kunstmatige bezigheid: de enige lezer is hun docent en die weet vaak al precies wat er in moet staan. Een onderzoeker daarentegen schrijft een verslag voor medeonderzoekers, of voor opdrachtgevers, en de vormgeving vindt plaats met het oog op die doelgroep die uit echte belanghebbenden bestaat.

Samengevat: 'leren onderzoeken' in school krijgt een hoger realiteitsgehalte wanneer

- de betrokkenheid van leerlingen bij het onderzoek een belangrijke plaats krijgt;
- de functie van de 'wetenschappelijke methode' wordt gerelativeerd;
- het 'eigen' onderzoek van leerlingen wordt ingebed in een meeromvattend geheel.

4. De samenleving

Hoewel in de genoemde examenprogramma's rekening is gehouden met wensen uit de vervolgoopleidingen, biedt de school niet alvast het begin van de opleiding tot professioneel natuurwetenschappelijk onderzoeker. Deze oplei-

ding, die in ons onderwijssysteem nu eenmaal thuis hoort aan de universiteit, zal immers uiteindelijk maar door een klein deel van de leerlingenpopulatie worden gevolgd. (In feite geldt pas het promotie-onderzoek, na afloop van de universitaire studie, als de opleiding tot professioneel onderzoeker.)

Een meer realistische stelling is daarom dat iedere ontwikkelde Nederlander wel op de een of andere manier met natuurwetenschappelijk onderzoek in aanraking komt en dus enigszins de aard, de resultaten, de mogelijkheden en de beperkingen ervan moet kunnen beoordelen. Is het niet door zelf zulk onderzoek te doen, dan wel door bijvoorbeeld zelf onderzocht te worden, of door belang te hebben bij de resultaten van een onderzoek, door mee te moeten beslissen over financiering van een onderzoek of gewoon door geïnteresseerd te zijn in de uitkomsten van een onderzoek. Zelf leren onderzoeken is in die visie niet strikt noodzakelijk maar het is wel verdedigbaar als een manier waarop de leerling, als het ware 'van binnen uit', kennis kan maken met de wereld van het onderzoek. (Vergelijk het tweede motief dat in de inleiding werd genoemd.)

Daarvoor is het echter, vanuit een maatschappelijk gezichtspunt, niet voldoende dat de leerling onderzoeksvaardigheden leert, er is ook ruime aandacht nodig voor de ontwikkeling van een onderzoeksattitude. Mocht de leerling zelf onderzoeker worden, dan is het maatschappelijk in ieder geval ongewenst als er niet bij de eerste kennismaking met onderzoek doen nadruk ligt op zaken als integriteit en alertheid ten aanzien van meespelende belangen. In oktober 1999 meldden de media dat sommige milieu-'onderzoeks'bureaus bereid zijn alleen bodemonsters uit een door de opdrachtgever aangewezen schoon gedeelte van een perceel te analyseren, om vervolgens te rapporteren dat het hele perceel schoon is. Köbben en Tromp (1999) geven vele voorbeelden van maatschappelijk belangrijk onderzoek waarin onderzoekers bereid bleken hun onderzoeksresultaten aan te passen aan de wensen van de opdrachtgever. Een onderzoeker die de onderzoeksvaardigheden tot in de puntjes beheerst maar het met de integriteit niet zo nauw neemt, is een gevaar voor de samenleving.

Maar ook leerlingen die niet zelf onderzoeker worden, krijgen in onze samenleving te maken met onderzoek en onderzoeksresultaten. Dan is het goed als zij een kritische houding hebben ontwikkeld, d.w.z. hebben geleerd zich af te vragen: "Is dat wel zo?", "Hoe weten ze dat?" En als ze ook het vermogen hebben om hun eigen standpunten ter discussie te stellen en om eigen vooroordelen als zodanig te onderkennen.

Een wat realistischer kennismaking met onderzoek door een bredere bevolkingsgroep dan alleen onderzoekers is bovendien gewenst om een irrationeel antiscientisme te voorkomen. Gebrek aan inzicht in wetenschappelijk onderzoek kan er immers gemakkelijk toe leiden dat leerlingen diverse vormen van bijgeloof en pseudo-wetenschap kritiekloos accepteren. Een wat betere bekendheid met het wetenschappelijk bedrijf kan mensen er misschien voor behoeden te geloven dat wetenschap beoefenen automatisch samengaat met de pretentie alles te kunnen weten. (Dat de wetenschap door sommige van haar beoefenaars wel die arrogante rol toegedicht krijgt, is niet aan die wetenschap zelf te wijten.)

Samengevat kunnen we zeggen dat de maatschappij er belang bij heeft dat leerlingen kennis maken met onderzoek, bijvoorbeeld door zelf te leren

onderzoeken, mits er ruime aandacht wordt besteed aan de ontwikkeling van een verantwoorde onderzoeksattitude.

5. Afsluiting

Wij menen, op grond van het bovenstaande, dat vanuit alle drie gezichtspunten - leerlingen, wetenschap en samenleving - kan worden gepleit voor een behoorlijk accent op de attitudekant van het leren onderzoeken.

Het is zeker zinnig als leerlingen in het voortgezet onderwijs kennis maken met het fenomeen wetenschappelijk onderzoek. Dat kan voor hen zelf motiveerend zijn als het hun weetgierigheid stimuleert en als het tegemoet komt aan de behoeften van veel jongeren om met grote vragen bezig te zijn. Daarbij kan het boeiend voor hen zijn om te zien hoe wetenschap ontwikkeld is door mensen die zichzelf en elkaar vragen gesteld hebben, vragen die soms parallel lopen aan vragen die leerlingen stellen. Dit kan het zelfvertrouwen van leerlingen vergroten.

Kernpunt is dat de leerlingen het 'onderzoek leren doen' ervaren als een zinvolle en boeiende activiteit die voortvloeit uit een authentieke, liefst met anderen gedeelde verwondering. Elke deelactiviteit ontleent dan zijn zin aan de functie ervan in het geheel. Er ontstaat behoefte aan een taakverdeling (waardoor onderlinge communicatie een functionele rol gaat spelen) en de docent kan het onderzoek zo nodig stimuleren, o.a. door op gezette tijden te vragen: Is dat wel zo? Hoe weten jullie dat? Het verslag is zo mogelijk bestemd voor andere leerlingen die tegelijkertijd, of misschien later, met een verwant stukje onderzoek bezig zijn en daarvoor de gevonden resultaten nodig hebben - en er daarom reële kwaliteitseisen aan stellen.

In het BPS-project wordt er bij het leren onderzoeken naar gestreefd de leerlingen een probleem voor te leggen - of te laten kiezen - dat bij hen een authentieke verwondering kan oproepen. De verschillende onderzoeksactiviteiten worden dan steeds zo veel mogelijk in verband gebracht met die verwondering.

Wat leerlingen in zo'n situatie doen wordt waarschijnlijk zinnvoller gevonden, heeft meer met echte wetenschap te maken, en is van groter maatschappelijk belang, dan wat er gebeurt in onderzoeksprojecten waarin (te) eenzijdig op het aanleren van deelvaardigheden wordt gemikt.

Noten

1. BPS staat voor Bètaprofielen in het Studiehuis. In dit project werkt het Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen van de Universiteit Utrecht samen met de bèta-secties van enkele scholen in de regio bij de invoering van het studiehuis in de bètavakken (Van der Valk, 2000).
2. De drie voorlichtingsbrochures bij deze vakken (SLO, 1996a,b,c) geven wel enkele aanwijzingen. In de brochure over Biologie staat op pagina 9 onder het hoofdje 'Natuurwetenschappelijk onderzoek': "De leerlingen zullen natuurwetenschappelijk onderzoek moeten doen, ook gezien de aard van sommige biologische probleemstellingen in het 'veld'." In de brochure over Natuurkunde op pagina 10 en die over Scheikunde, eveneens op pagina 10, staat onder het hoofdje 'Vaardigheden': "Bij de keuze van vaardigheden is mede gelet op wensen uit het hoger onderwijs. (...)"

Literatuur

- Dekkers, P., en L. van Rens (1999) *NVOX*, 24, 4, 171-175
 Gruijter, J. de, en T. Bonsen (1998) *NVOX*, 23, 3, 129-132

- Gruijter, J. de (1998) *NVOX*, 23, 7, 363-366
- Hullu, E. de, P. Sloep, en D. van der Wulp (1999) *NVOX*, 24, 4, 188-193
- Köbben, A.J.F. en H. Tromp (1999) *De onwelkome boodschap* Amsterdam: Mets
- Hoffmann, L. en M. Lehrke (1986) Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 189-204
- 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
- Meeus, H. (1998) *NVOX*, 23, 6, 343
- Pohlmann, J., P. Dietvorst, A. de Knecht, en M. Lievense (1999) *NVOX*, 24, 6, 306-311
- SLO, in samenwerking met LPC, Cito en PMVO (1996a) *Voorlichtingsbrochure havo/vwo actuele stand van zaken invoering tweede fase - Biologie* Enschede: SLO
- SLO, in samenwerking met LPC, Cito en PMVO (1996b) *Voorlichtingsbrochure havo/vwo actuele stand van zaken invoering tweede fase - Natuurkunde* Enschede: SLO
- SLO, in samenwerking met LPC, Cito en PMVO (1996c) *Voorlichtingsbrochure havo/vwo actuele stand van zaken invoering tweede fase - Scheikunde* Enschede: SLO
- Valk, A.E. van der (red.) (2000) *Een bundel artikelen uit het project bèta profielen in het studiehuis (BPS)* Utrecht: Centrum voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen