

Boekbespreking

Rekenen aan reacties; een vakdidactische studie van chemische berekeningen in begin bovenbouw havo/vwo

O.de Jong

Rijksuniversiteit Utrecht, 1990

Dissertatie, pp. 193

1. Het onderzoek

Begin 1990 promoveerde Onno de Jong op het proefschrift "Rekenen aan reacties; een didactische studie van chemische berekeningen in begin bovenbouw havo/vwo". Enerzijds gaat het in dit onderzoek om probleem aanpak van leerlingen bij 'chemische berekeningen', i.c. bij stoichiometrische opgaven, anderzijds om ontwikkeling van het begrip 'mol' bij leerlingen. Beide probleemstellingen zijn ingebed in een streven naar het verzamelen van gegevens via empirisch onderzoek in een realistische onderwijssituatie om het chemie-onderwijs meer uitgebreid te funderen dan tot dusver het geval is. Het doel van het onderzoek is een aanzet te geven tot ontwikkeling van een didactische structuur van 'chemische berekeningen'. Want, aldus De Jong, chemiedidactisch gezien is relevante theorievorming nog nauwelijks van de grond gekomen, terwijl bovendien criteria voor inrichting van onderwijs in dit onderwerp vrijwel niet voorhanden zijn. "Wat ontbreekt is een vakdidactische structuur van 'chemische berekeningen', gebaseerd op empirisch onderzoek en bijbehorende bezinning op de vakinhoud". (p.8) De Jong wil dan ook een steentje bijdragen aan het oplossen van dit kernprobleem.

Het proefschrift is opgebouwd uit de verslaggeving van drie deelstudies. In de eerste deelstudie, uitgevoerd eind jaren zeventig, wordt onderzocht welke werkwijzen leerlingen begin bovenbouw havo/vwo en hun docenten hanteren bij het oplossen van stoichiometrische opgaven in het kader van gangbaar onderwijs. Aan de hand van 'hardop-denken' protocollen en schriftelijke uitwerkingen van opgaven wordt een analyse gemaakt van zowel de strategische als de procedurele werkwijzen van de leerlingen en hun docenten. Daarnaast wordt nagegaan welke vakinhoudelijke fouten en tekortkomingen voorkomen in de oplossingen. Bij de verwerking wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën: de docenten, en bij de leerlingen goede en slechte probleemoplossers. Hierbij komen tal van interessante gegevens over de probleem aanpak van leerlingen naar voren.

Toch gaat voor het vervolg de aandacht verschuiven. De Jong komt namelijk

tot de uitspraak: "De meest markante onderzoeksresultaten hebben in mijn ogen niet zozeer betrekking op werkwijzen als wel op vakinhoudelijke fouten en gebreken. Het gaat daarbij vooral om moeilijkheden met het relateren van aangeboden empirische gegevens aan zelf af te leiden theoretische gegevens in een stoichiometrisch kader. De meeste leerlingen lijken weinig betekenis toe te kennen aan vakinhouden waarop de opgaven betrekking hebben." (p.47) En hij trekt hieruit de conclusie: "Gezien de verkregen resultaten is het naar mijn mening zinvol om in een volgende deelstudie de aandacht te verleggen van werkwijzen bij stoichiometrische opgaven naar de vakinhoud waarop dit type opgaven betrekking heeft. Het gaat mij vooral om een verheldering van kenmerken en functie van mol in het kader van chemie-onderwijs, mede in relatie tot chemische achtergronden van dit begrip." (p.47)

De tweede deelstudie bevat deze analyse van functie en betekenis van mol in chemie-onderwijs. In dit - in hoofdzaak filosofisch - onderzoek wordt uitvoerig nagegaan vanuit welke verschillende invalshoeken, zowel in de historie van het vak chemie als in verschillende leerboeken van het chemie-onderwijs, tot het begrip 'mol' wordt gekomen. Vanuit elke invalshoek krijgt het begrip zijn eigen (primaire) betekenis en functie. Hoewel er formeel eenstemmigheid bestaat over de betekenis van mol (SI-eenheid), zo is zijn bevinding, bestaat er in de praktijk een breed scala aan interpretaties. Het inzien van de relaties tussen deze interpretaties is een niet onbelangrijk probleem voor leerlingen. Tegen de achtergrond van wat het onderzoek hem oplevert, komt De Jong opnieuw tot een verschuiving van de aandacht. Voor het vervolg van zijn studie stelt hij: "Op grond van de uitgevoerde analyse van mol in chemie en chemie-onderwijs lijkt het me zinvol om bij nieuw te construeren onderwijs in 'chemische berekeningen' meer aandacht te besteden aan de volgende punten:

- Aan stoichiometrische proeven een meer prominente plaats toekennen bij onderwijs in mol en het oplossen van opgaven.
- Voordelen verhelderen van gebruik van mol bij het beschrijven en voorspellen van hoeveelheden van reactanten of produkten.
- De gangbare primaire betekenis van mol verleggen van getal naar die van microchemische of macrochemische stofportie.
- Leerlingen in de gelegenheid stellen zelf werkwijzen te ontwikkelen voor het omgaan met mol in een stoichiometrisch kader aan de hand van daartoe opgestelde taken." (p.78 en 79)

In de derde deelstudie - uitgevoerd in de periode 1983/1987 - wordt dit nieuwe onderwijs geconstrueerd en op een aantal scholen uitgeprobeerd. De Jong duidt dit aan als 'probleemgericht onderwijs'. Hierbij worden groepjes leerlingen taken voorgelegd die zijn op te vatten als problemen waarvan het oplossen niet zozeer een doel op zich is als wel een middel tot begripsvorming en vorming van werkwijzen voor probleemoplossen. Bij het onderzoek wordt gekeken

naar twee soorten activiteiten. Allereerst gaat het om de redeneerwijzen die de leerlingen ontwikkelen met betrekking tot mol in een context van stoffen, deeltjes en reacties. In de tweede plaats wordt gekeken naar de werkwijzen die zij ontwikkelen ten behoeve van het oplossen van stoichiometrische opgaven. Bovendien wordt aandacht geschonken aan de opvattingen van docenten en leerlingen aangaande zinvolheid, aantrekkelijkheid en moeilijkheid van het aangeboden onderwijs. Dit onderzoek - met de bij de tweede deelstudie geformuleerde uitgangspunten - gebeurt in twee rondes. Op basis van de bevindingen van de eerste ronde wordt het materiaal bijgesteld voor de tweede ronde.

Uit een analyse van de redeneerwijzen betreffende mol in een reactiecontext leidt De Jong een ondersteuning af van een onderwijsopzet waarbij mol eerst aan de orde komt in een stofcontext en daarna in een deeltjescontext, een volgorde die afwijkt van die in het gangbare onderwijs. Met betrekking tot de werkwijzen stelt hij het volgende. "Uit analyse van werkwijzen bij opgaven komt naar voren dat de meeste groepjes weinig aandacht besteden aan strategische werkwijzen, overigens ten gunste van procedurele werkwijzen. Dit wijst er op dat aanbieder van algemene regels weinig zin heeft zonder voorafgaand gelegenheid tot generalisering van specifieke werkwijzen. Daarnaast blijken groepjes leerlingen in het algemeen wisselende werkwijzen te hanteren, met name wat betreft keuze van type stoichiometrische evenredigheid. Daarmee wijken zij af van werkwijzen van experts (overwegend een vaste voorkeur voor een evenredigheid in mol). Dit onderstreept het belang van onderwijs waarbij leerlingen zelf werkwijzen kunnen ontwikkelen voor het oplossen van opgaven." (p.164) Tenslotte blijken in de meningen van de leerlingen en de docenten twee dilemma's naar voren te komen. "Allereerst de keuze tussen uitleggend en probleemgericht onderwijs. Daarnaast de keuze tussen oplossen van opgaven als doel en als middel. Met beide dilemma's dient rekening gehouden te worden bij implementatie van probleemgericht onderwijs in 'chemische berekeningen'." (p.165)

In een korte uitleiding formuleert De Jong enkele aanbevelingen voor een mogelijke didactische structuur van 'chemische berekeningen'.

2. Opmerkingen

Het lezen van het proefschrift is me niet meegevallen. Dat zat niet in het chemische onderwerp - het begrip 'mol' - dat voor een technisch-fysicus misschien moeilijk te volgen zou zijn. Die moeilijkheid viel na enig inlezen en oprispen van oude HBS-B kennis wel mee. Mijn zwarigheid zit in het feit dat de deelstudies mijns inziens te weinig aan elkaar worden gerelateerd. Zowel de eerste als de tweede deelstudie hadden afgesloten kunnen worden met het formuleren van te toetsen verwachtingen, te onderzoeken hypothesen. Dit gebeurt niet.

De drie deelstudies lijken weliswaar logisch aan elkaar verbonden door een gemeenschappelijk element: ze hebben allen te maken met rekenen aan stoichiometrische reacties. Ze leveren allen ook interessante gegevens. Bij elke deelstudie worden verschillende boeiende uitspraken gedaan, komen uitdagende uitgangspunten naar voren. De Jong heeft tal van facetten van het rekenen aan reacties overwogen en naast elkaar gezet. Verschillende ideeën die bij de eerste deelstudie bij hem naar boven komen, worden verwerkt in de derde deelstudie. Een didactische eruditie valt hem niet te ontzeggen. Maar welk probleem wordt nu in het proefschrift als geheel aangepakt, geanalyseerd en (in aanzet) beantwoord? Wat weinig uit de verf komt, is het theoretisch kader, de uitgangspunten en de gehanteerde criteria. Dit heeft tot gevolg dat er weliswaar interessante beschrijvingen worden gegeven, maar dat de vraag blijft wat je er mee aan moet.

Het eerste deelonderzoek is helder. De resultaten worden door De Jong overzichtelijk en uitgebreid geanalyseerd. Met recht een substantiële aanzet voor een promotieonderzoek. Op zichzelf is zijn conclusie om vervolgens de aandacht te verleggen naar de vakinhoud te rechtvaardigen¹. Problemen met de vakinhoud domineren volgens hem over problemen met het oplossen van vraagstukken als zodanig. De Jong wil zich in de vervolgstudies ook blijven richten op de relatie tussen vakinhoud en probleemaanpak. Toch verdwijnen de resultaten van zijn eerste deelstudie achter de horizon. Dat is jammer. De pagina's 44 tot en met 46 bevatten zeer boeiende bevindingen. Zwakke leerling-probleemoplossers richten zich in eerste instantie niet op een 'diepestructuur' van een opgave, maar beperken zich in dat geval tot een 'oppervlaktestructuur'. Er is een verschil in voorkeur voor het gebruik van een evenredigheid in een empirisch kader (leerlingen) dan wel in een theoretisch kader (docenten). Het zou voor de hand hebben gelegen in het derde deelonderzoek terug te koppelen naar deze en andere resultaten van het eerste onderzoek. Hebben bijvoorbeeld na het probleemgerichte onderwijs de leerlingen meer aandacht voor de 'diepestructuur' dan de leerlingen uit het eerste onderzoek?

Het tweede deelonderzoek is een filosofisch intermezzo. De conclusies die vervolgens worden getrokken hebben in eerste instantie iets willekeurigs. Ze lijken gebaseerd op niet nader uitgewerkte en verantwoorde opvattingen over een door De Jong gewenste didactische context. Slechts her en der (bijv. p. 6, 7) worden daarover uitlatingen gedaan. Zo valt uit een opmerking op p. 78 op te maken dat De Jong er veel waarde aan hecht, dat er bij de leerlingen een behoefte aan een 'handig' stoichiometrisch begrip wordt opgeroepen. Op zichzelf zou voor deze opvatting best een goede verantwoording zijn op te stellen, terwijl via onderzoek zou zijn na te gaan hoe deze behoefte is te ontwikkelen en vervolgens of het nuttig is geweest dat dit gebeurde. Ook de gedane aanbevelingen zouden nader zijn te onderbouwen, waarbij tevens de onder-

zoekscontext beter zou zijn uit te werken. Op zichzelf is ook de opmerking, dat redeneerwijzen en werkwijzen van leerlingen een belangrijk veld van onderzoek blijven terecht. Maar dan moet wel worden aangegeven vanuit welk perspectief of in welk kader dit onderzoek plaatsvindt. Vanuit welke vraagstelling krijgen de bevindingen hun relevantie? Dit blijft bij De Jong onduidelijk. Dit heeft tot gevolg dat het onderzoek min of meer blijft steken in het beschrijven, zonder dat evenwel duidelijk wordt welke criteria daarbij worden gehanteerd.

De derde deelstudie wordt aangeduid als een ontwikkelingsonderzoek. Daarom kan volgens De Jong vergelijkende toetsing achterwege blijven. Eerst dient volgens hem meer zicht op een didactische structuur van 'chemische berekeningen' te ontstaan.

Deze redenering gaat mij echter wat te snel. Zoals hierboven al naar voren kwam, geven de resultaten van de eerste deelstudie verschillende handvaten voor vergelijking. In de uitwerking van de derde deelstudie hadden deze benut kunnen worden. A.D. de Groot heeft ooit eens de opmerking gemaakt, als ik me goed herinner in zijn Methodologie, dat veel zogenaamd exploratief onderzoek met wat meer inspanning toetsend onderzoek had kunnen zijn; iets wat de opbrengst ten goede had kunnen komen. Ik denk dat deze uitspraak ook van toepassing is op ontwikkelingsonderzoek.

Bovendien moet ook bij ontwikkelingsonderzoek worden aangegeven vanuit welke uitgangspunten en met welke doelstellingen wordt gewerkt. Wat wordt met 'een didactische structuur van 'chemische berekeningen'' beoogd te bereiken, en wat is het waarom van deze doelstellingen? Met behulp van welke criteria wordt nagegaan of men in zijn opzet is geslaagd? In de door De Jong gevolgde opzet komen bijvoorbeeld de bijstellingen na de eerste ronde willekeurig over. Een chemiedocent kan er zich wel een redenering bij voorstellen, maar in een onderzoeksopzet dienen deze bijstellingen nader te worden verantwoord. De opmerkingen op bijvoorbeeld p.106 geven aan dat er belang wordt gehecht aan het leggen van verbanden tussen opgaven. Op dit punt zijn, redenerend vanuit de gedachten van De Jong - voor zover begrepen -, tal van vragen te stellen. Als bij een eerdere taak de vakinhoud goed is begrepen, hoeft bij een volgende opdracht toch niet meer een verband met de eerdere taak maar met de vakinhoud gelegd te worden? Juist de relatie tussen begripsontwikkeling en probleemaanpak blijft in de opzet van De Jong problematisch.

Volgens mij had een anders geconstrueerd vervolg op het eerste deelonderzoek meer kunnen opleveren, o.a. met betrekking tot de wijze waarop met de door De Jong geformuleerde dilemma's rekening gehouden dient te worden. Tenslotte heb ik de indruk dat het aandacht geven aan de opvattingen van leerlingen goed kan zijn, mits het waarom en het waartoe maar helder is. De Jong moet in staat worden geacht tot een verdere theoretische verantwoording te komen.

Noot:

1. Begin jaren tachtig kwam er in toenemende mate aandacht voor de relatie tussen probleemaanpak en type problemen en aard van de vakinhoud. Zowel uit de onderzoeken van Mettes en Pilot (1980) als die van Van den Berg (1983) is te concluderen dat er een geïntegreerde benadering nodig is (vgl. Van den Berg, 1987 en De Jong, 1986).

Literatuur

- Berg, J.S. van den (1983) *Natuurkunde-vraagstukken-oplossen; een vakdidactische studie van het leren oplossen van natuurkundevraagstukken in klas vier VWO*, Eindhoven: T.H.
- Berg, J.S. van den (1987) Strategiegebruik bij probleemoplossen. In: I. Mottier, & M.J. de Vries (Red.), *Vakdidactisch beraat: liber amicorum ter gelegenheid van het 40-jarig dienstjubileum van Jan H. Raat*. Zoetermeer.
- Jong, T. de (1986) *Kennis en het oplossen van vakinhoudelijke problemen*. Eindhoven: T.H.
- Mettes, C.T.C.W. & A. Pilot (1980) *Over het leren oplossen van natuurwetenschappelijke problemen; een methode voor ontwikkeling en evaluatie van onderwijs, toegepast op een cursus Thermodynamica*. Enschede: T.H.-Twente.

J.S. van den Berg
LVGS Wezep