

*Proefschrift Lisette van Rens*

## **Effectief scheikundeonderwijs voor 'leren onderzoeken' in de tweede fase van het vwo. Een chemie van willen, weten en kunnen**

*Bespreking door:*

Martin Goedhart

Instituut voor Didactiek en Onderwijsontwikkeling

Rijksuniversiteit Groningen

Bij de invoering van de tweede fase is het 'leren onderzoeken' onderdeel van het programma bij de natuurwetenschappelijke vakken geworden. De toetsing van de geleerde onderzoeksvaardigheden vindt plaats middels het profielwerkstuk, dat vaak als zelfstandig onderzoek wordt uitgevoerd.

Bij de introductie van dit onderdeel ontstond de behoefte aan geschikte opdrachten voor toetsing en oefening, en kwamen vragen op met betrekking tot het te bereiken niveau, de wijze van toetsing en begeleiding en een leerlijn voor het leren van onderzoeksvaardigheden. Van Rens heeft voor scheikunde met een groep scheikundedocenten materiaal ontwikkeld om leerlingen het onderzoeken op vwo te leren. De hoofdvraag van het onderzoek was om essentiële kenmerken te identificeren van de het ontwikkelde materiaal, of in haar eigen woorden: "*Welke kenmerken maken een ontwerp van scheikundeonderwijs voor 'leren onderzoeken' in de Tweede Fase van het vwo effectief?*"

In een theoretische verkenning neemt Van Rens een wetenschapsfilosofisch, een didactisch en een kennistheoretisch standpunt in over onderzoeken en leren onderzoeken.

In een summiere verkenning van wetenschapsfilosofische literatuur komt zij tot de conclusie dat er geen vaste methodiek voor het doen van onderzoek beschreven is en dat wetenschappelijk onderzoeken vooral een ambacht is. Daarmee neemt zij een standpunt in dat afwijkt van het gebruikelijke in het scheikundeonderwijs, waar 'de natuurwetenschappelijke methode' veelal wordt genoemd als methodiek voor het doen van onderzoek.

Verder schaaft zij zich achter het falsificatieprincipe van Popper: het wordt dus haar doel om leerlingen hypothesen te laten weerleggen. Ook dit gezichtspunt is niet zonder problemen, zoals de onderzoekster zelf ook aangeeft. Immers, leerlingen zijn gewend dat de theorie, die in de scheikundelessen wordt onderwezen, klopt en ze worden niet geacht daar kritisch mee om te gaan.

Voor Van Rens is het PACKS-model van Millar *et al.* het didactisch startpunt geweest. Dit model komt voort uit een analyse van het onderzoeksproces en er worden kennis en vaardigheden geformuleerd die nodig zijn om een open onderzoek uit te voeren. Van Rens constateert dat in dit model uitsluitend het *weten* (kennis) en *kunnen* (vaardigheden) zijn opgenomen en dat geen aandacht wordt besteed aan het *willen* (attitude). Zij stelt zich ten doel om deze laatste, affectieve component toe te voegen aan het model en hierin het onderwijs expliciet aandacht aan te besteden.

Verder gebruikt zij het sociaal-constructivisme als uitgangspunt. In de praktijk betekent dit dat zij leerlingen wil leren onderzoeken vanuit een authentieke onderzoekscontext en in een sociaal proces waarbij leerlingen via onderlinge communicatie tot conclusies komen.

Het onderzoek wordt door de onderzoekster getypeerd als ontwikkelingsonderzoek. Het uiteindelijke ontwerp is in twee cycli tot stand gekomen. De revisie van het eerste ontwerp naar het tweede ontwerp is gebaseerd op een uitgebreide evaluatie van het eerste ontwerp.

Het ontwerpen van het materiaal is binnen een netwerk van vijf docenten van verschillende scholen uitgevoerd. Daarbij is ook onderzocht (middels interviews, vragenlijsten en klassenobservaties) wat de beginsituatie van de docenten was met betrekking tot het ontwerpen en begeleiden van onderzoeksopdrachten. Het bleek dat de docenten uit de proefgroep moeite hadden een onderwijsontwerp voor een onderzoeksopdracht te realiseren dat voldeed aan de standaarden van de onderzoekster. Zij hadden weinig aandacht voor de kwaliteit van de onderzoeksresultaten van de leerlingen, zoals dat is vastgelegd in PACKS-model, maar richtten zich meer op verheldering van de vakinhoudelijke concepten. Ook bij de begeleiding in de klas werd geconstateerd dat de docenten zich weinig richtten op het onderzoeksproces maar vooral allerlei praktische problemen oplosten en inhoudelijke toelichting gaven. Ook de uitvoering van de ontwikkelde opdrachten door de leerlingen was teleurstellend. Zij kwamen niet tot een adequaat plan en hadden geen aandacht voor de kwaliteit van hun resultaten en de validiteit van de getrokken conclusies.

Op basis van deze ervaringen is bij het maken van het tweede ontwerp voor een radicaal andere aanpak gekozen. Ditmaal wordt een artikel in een 'wetenschappelijk' tijdschrift gebruikt als uitgangspunt. Dit artikel gaat over de beweging van ionen in waterige oplossingen. Leerlingen bestuderen dit voorbeeldartikel en er worden in het materiaal vragen gesteld over de kwaliteit van dit onderzoek. Het artikel leent zich uitstekend voor becommentariëring door leerlingen, omdat het onderwerp niet al te specialistisch is en omdat op de gevolgde werkwijze van de onderzoekers en de getrokken conclusies veel valt aan te merken. Om leerlingen enige achtergrondkennis te geven over de factoren die de beweging van ionen beïnvloeden, wordt een demonstratie-experiment uitgevoerd die de beweging van moleculen in een gas illustreert. Deze situatie vertoont een zekere analogie met het experiment dat zij moeten becommentariëren. Vervolgens ontwerpen de leerlingen hun eigen onderzoek naar de ionenbeweging als verbeterde versie van het onderzoek uit het tijdschrift. Daarna schrijven zij over het onderzoek een rapport. Om een *community of practice* te realiseren worden de onderzoeksrapporten van de leerlingen via een *peer review* bediscussieerd via internet. Uiteindelijk wordt dit commentaar gebruikt om het aanvankelijke onderzoeksrapport om te werken tot een artikel.

Het blijkt dat deze tweede versie van de onderzoeksopdracht een heel ander beeld geeft dan de eerste versie experimenten: leerlingen zijn zeer gemotiveerd om de gestelde opdracht uit te voeren en slagen erin dit naar behoren te doen. Positief is dat leerlingen hier op een wetenschappelijke manier te werk gaan: ze weten om welke variabelen het gaat en hoe ze de invloed hiervan kunnen bepalen. Op een groot aantal punten wordt de door de onderzoekster gestelde norm gehaald, maar op een aantal punten blijkt dat niet te

lukken. Zo constateert de onderzoekster dat de kwaliteit van de onderzoeksvragen achterblijft bij de verwachtingen. Ook de internetdiscussie is minder goed uit de verf gekomen. Slechts de helft van de leerlingen deed hieraan mee en veel leerlingen hebben hun aanvankelijke onderzoeksrapport niet bijgesteld in hun afrondende artikel. Verder is geconstateerd dat leerlingen onvoldoende leerden over de kwaliteitsbegrippen 'betrouwbaarheid' en 'validiteit'.

In een afsluitende analyse beantwoordt de onderzoekster de hoofdvraag door een groot aantal kenmerken op te sommen van het tweede onderwijsontwerp die volgens haar hebben bijgedragen aan het succes ervan. Veel van deze kenmerken zijn niet zo verrassend (bijv. dat in het ontwerp een beroep moet worden gedaan op bij de leerlingen aanwezige vakinhoudelijke kennis) en bovendien is het de vraag of deze factoren inderdaad alle hebben bijgedragen. Het pleit in het voordeel van de onderzoekster dat op hetzelfde stramen als de in het proefschrift beschreven opdracht andere onderzoeksopdrachten zijn ontwikkeld en dat deze eveneens de gunstige effecten te zien gaven. Blijkbaar leveren de opgesomde criteria een heuristisch voor het ontwerpen van succesvolle onderzoekopdrachten.

#### *Commentaar*

Laat ik voorop stellen dat ik het werk de onderzoekster zeer waardeer, vanwege de praktische bruikbaarheid van haar onderzoek en vanwege het feit dat het niet eenvoudig is om met een groep docenten, die niet veel ervaring heeft met het ontwerpen en laten uitvoeren van leerlingenonderzoek, onderzoeksopdrachten te maken die aan de hoge eisen van de onderzoekster voldoen. Zij is daar op voorbeeldige wijze in geslaagd. Het onderzoek roept echter ook een aantal wezenlijke vragen op.

Allereerst is het teleurstellend dat een van de belangrijkste doelen van het onderwijsontwerp, namelijk de ontwikkeling van kwaliteitsbegrippen als betrouwbaarheid en validiteit, onvoldoende uit de verf is gekomen. De onderzoekster constateert dat in de leerlingenrapportages te weinig aandacht wordt besteed aan de kwaliteit van de resultaten. Uit het onderzoek komt niet naar voren waarom dat het geval is. De sociaal-constructivistische aanpak lijkt uitermate geschikt om deze begrippen te ontwikkelen, omdat deze begrippen gerelateerd zijn aan standaarden die door afspraken tot stand komen, maar toch bleek deze aanpak niet afdoende te functioneren. We krijgen uit het onderzoek ook weinig inzicht in de wijze waarop dit leerproces dan wel zou moeten verlopen.

Mijns inziens is dit probleem verbonden met de wijze waarop het onderzoek is opgezet. Het ontwikkelingsonderzoek is opgezet door steeds de onderwijsopbrengsten te optimaliseren en daarbij werd een breed scala aan criteria gehanteerd. Bij dit optimalisatieproces is niet de beantwoording van onderzoeksvragen maar het oplossen van onderwijsproblemen leidend geweest. Dat heeft geleid tot een product dat weliswaar in de praktijk goed functioneert maar het onderzoek heeft daardoor minder bijgedragen tot antwoorden op fundamentele vragen op het onderzoeksterrein (het 'leren onderzoeken').

Een andere vraag die bij het lezen van het proefschrift opkomt, betreft een curriculum voor het leren onderzoeken. De hoofdonderzoeksvraag, die hierboven is weergegeven, doet vermoeden dat het in het onderzoek zou gaan

om de ontwikkeling van een leerlijn of curriculum en niet om een eenmalige onderzoeksopdracht. Dit blijkt echter niet het geval. De onderzoekster heeft weliswaar op succesvolle wijze een onderzoeksopdracht door leerlingen laten uitvoeren maar de vraag hoe een leerlijn, waarin geleidelijk relevante vaardigheden en begrippen dienen te worden geleerd, er uit zal zien, wordt niet beantwoord. Daarmee is de gestelde hoofdvraag dus eigenlijk niet beantwoord.

Tenslotte resten er nog veel vragen over de rol van de docenten. De onderzoekster stelt zelf ook dat hier nog uitgebreider onderzoek nodig is. Het lijkt erop dat de docenten nauwelijks inbreng hebben gehad in het ontwikkelen van het tweede onderwijsontwerp. Ook is niet duidelijk geworden welke strategie de onderzoekster heeft gevolgd om de docenten voor te bereiden op het begeleiden van het leerlingenonderzoek. Het is voor de toekomst van het bèta-onderwijs cruciaal dat we meer inzicht krijgen in het leerproces van docenten en dat we de ontwerpvaardigheden van docenten op een hoger niveau kunnen brengen. Als we hierin niet slagen ziet het er somber uit voor de nu ingezette vernieuwing van de bètavakken.

Van Rens, E.M.M. (2005). *Effectief scheikundeonderwijs voor 'leren onderzoeken' in de tweede fase van het vwo*. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam. Beschikbaar via: <https://dare.uvu.vu.nl/handle/1871/9109>.