

Proefschrift Marijn Meijer

Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry Education

Bespreking door:

Fer Coenders

ELAN, Universiteit Twente

'In our study, it proved to be a challenge to find a fine-tuned balance between a real authentic practice as a context and an adapted practice as a context for learning within the school setting.' (pagina 86).

Dit citaat illustreert de complexiteit van het ontwerponderzoek beschreven in dit proefschrift. Leerlingen ervaren in het huidige scheikunde onderwijs moeilijkheden met macro-micro denken, en zien de relevantie hiervan niet. Meijer belicht deze problematiek in deze exploratieve studie waarin het ontwerpen van leermaterialen, het gebruik ervan in de klas en het evalueren van de leerresultaten, centraal staan. De centrale onderzoeksvraag in dit proefschrift is: 'Hoe kan macro-micro denken met structuur-eigenschap relaties en tussenliggende meso-niveaus ingepast worden in het chemieonderwijs (bovenbouw vwo) op een manier die door leerlingen als relevant wordt ervaren?'. Behalve inzicht in de effectiviteit van de ontworpen leermaterialen geeft de auteur ook ontwerprichtlijnen, die gebruikt kunnen worden voor het ontwerpen van toekomstige materialen.

Er zit veel ruimte tussen de macro- (fenomenologisch) en microwereld (moleculen) en Meijer vult die ruimte; hij noemt dit het meso-niveau, aan de hand van drie voorbeelden. Glutenvrij brood, een kogelvrij vest, en onbreekbare bekertjes blijken elk meerdere meso-structuren (met bijbehorende afmetingen) te bevatten, die specifieke eigenschappen van de materialen bepalen.

De auteur gebruikt het context principe, het sequentie principe en het inhoud principe als uitgangspunten voor zijn ontwerp. Een aangepaste authentieke praktijk dient als relevante context. De gebruikte strategieën hierbinnen zijn: kies een taak, gebruik vervolgens intuïtieve leerling- opvattingen voor de volgende stappen, en zorg voor productieve interactie tussen leerlingen en docent. De sequentie in het ontwerp moet ervoor zorg dragen dat leerlingen steeds weten wat ze moeten doen, waarom ze dit doen en hoe ze dit moeten doen. Om dit te bereiken wordt een authentieke procedure in combinatie met reflectie op een afgeronde activiteit gebruikt. Dit laatste dient als oriëntering op een volgende activiteit. In de inhoud is aandacht voor het denken in structuur-eigenschap relaties en voor intuïtieve leerlingdenkbeelden over materiaaleigenschappen.

De context van het ontworpen leermateriaal is glutenintolerantie die kan leiden tot de ziekte coeliakie of inheemse spruw. Een glutenvrij dieet kan uitkomst bieden. In het leer-

materiaal is dit ingeperkt tot glutenvrij brood. In twee ontwerpcycli bestaande uit ontwerp, klasgebruik en evaluatie, onderzoekt de auteur of de drie principes, context, sequentie en inhoud, de toets van de empirie doorstaan. Resultaten van de eerste cyclus leiden tot aanpassingen in het ontwerp voor gebruik in de tweede cyclus.

Voor het context principe worden leerlingen deelgenoot gemaakt van een werkge-meenschap die zich bezig houdt met de ontwikkeling van attractieve glutenvrije producten. Gebruik in de klas laat zien dat de authentieke taak voldoende focus moet hebben, dus ingeperkt moet zijn en richting moet geven. Hierdoor begrijpen leerlingen de taak beter en kunnen er een leermotief aan ontlenuen. Het geeft hen een duidelijker beeld van wat ze uitgaande van hun intuïtieve ideeën moeten doen, en het zorgt voor een productieve interactie tussen de deelnemers aan het onderwijsleerproces. Opvallend is dat het niet nodig blijkt om leerlingen een rol te geven in een fictief bedrijf.

Voor de sequentie van onderwijsleeractiviteiten is gebruik gemaakt van twee strategieën: een aangepaste authentieke procedure en het op verwachte motieven van leerlingen ordenen van onderwijsleeractiviteiten. Het gebruik van een procedure uit de voedingsmiddelenindustrie heeft volgens de auteur de verwachte effecten opgeleverd. Het ordenen van onderwijsleeractiviteiten op basis van veronderstelde leermotieven van leerlingen, waardoor reflectie op een activiteit een nieuwe activiteit oproept, bleek ook redelijk succesvol. Opvallend was dat de docent de regie bij de leerlingen kan weghalen en zo een cruciale niet gewenste rol kan vervullen.

Bij het ontwerpen van de inhoud van de onderwijsleermaterialen is uitgegaan van het gebruik van systeemdenken met structuur- eigenschap relaties, en van de intuïtieve denkbeelden van leerlingen ten aanzien van verklaringen van eigenschappen van materialen. De eerste cyclus liet zien dat leerlingen moeite hadden met de begrippen 'structuur' en 'eigenschap' en daarom zijn hiervoor in het tweede ontwerp leeractiviteiten opgenomen. De leerresultaten waren bemoedigend: leerlingen konden fenomenen en eigenschappen relateren aan meso-niveaus. Ze bleken in staat in te zoomen op verschillende niveaus en het lukte hen een conceptueel schema te construeren en daarin de koppeling tussen structuur en eigenschap aan te geven. Verklaan van de eigenschappen aan de hand van modellen lukte dus aardig, maar het omgekeerde proces, vanuit de micro- of meso-modellen eigenschappen voorspellen, bleek een brug te ver. Twee onvoorziene problemen doken nog op. Ten eerste hadden leerlingen moeite met het aangeven op welke schaal een bepaalde meso- structuur zit. Daarnaast bemoeilijkten de gebruikte metaforen het begrijpen van conceptuele structuren.

Meijer laat zien dat het mogelijk is uitgaande van drie ontwerpprincipes leermaterialen te ontwerpen, die binnen de door hem gebruikte setting aardig voldoen. Met generalisatie van de heuristieken is voorzichtigheid geboden.

Beoordeling

In dit proefschrift beschrijft Meijer een aantal interessante studies die hij heeft uitgevoerd. Waarschijnlijk mede door de grote hoeveelheid variabelen en gebruikte termen is het niet altijd gemakkelijk te volgen. Prijzenswaardig is het feit dat hij veel termen heeft gedefinieerd, maar hij slaagt er niet altijd in om definities consequent te gebruiken. In hoofdstuk 1 wordt context beschreven in termen van activiteiten en dat leidt meteen tot verwarring.

In het traditionele scheikundeonderwijs maken we gebruik van drie niveaus: fenomenologisch, deeltjes (moleculen) en symbolisch. Om materiaaleigenschappen te kunnen verklaren is het noodzakelijk om tussenliggende niveaus te gebruiken: meso-niveaus. Aan de hand van een viertal voorbeelden ontrafelt de auteur voor elk van deze voorbeelden deze meso-structuren. Daarmee komt hij met een indeling en definiëring in: macro- (fenomenologisch), meso-, en submicro-niveau (atomen en moleculen).

De manier waarop het onderzoek is ontworpen verdient ook lof. Het gebruik van tabellen en tekeningen maakt veel ingewikkelde zaken inzichtelijk. Mooi zijn de tabellen waarin leerfasen (door andere auteurs ook wel onderwijsfuncties genoemd) zijn uitgezet tegen de gebruikte ontwerpprincipes context, sequentie en inhoud, samen met de strategiecomponenten die bij elk principe horen. Hierin is voor elke component eveneens aangegeven wat de verwachtingen zijn ten aanzien van de leeropbrengsten. In de praktijk is vervolgens onderzocht of deze leeropbrengsten ook worden gerealiseerd.

Het lukt de leerlingen om stapsgewijze in te zoomen op tussenliggende meso-niveaus en op deze wijze zicht te krijgen op extrinsieke eigenschappen. Eigenlijk is dat meer het domein van de materiaalkunde dan van de chemie. In het scheikundeonderwijs gaat het nu vooral om intrinsieke eigenschappen, dus eigenschappen die bepaald worden door de chemische samenstelling. De relatie tussen chemie en materiaalkunde blijft buiten beeld, maar voor de inrichting van het scheikundeonderwijs in het voortgezet onderwijs is dit zeker relevant.

Hoewel begrijpelijk uit onderzoekstechnisch oogpunt is het jammer, dat de keuze is gemaakt om het onderwijs in blokken aan te bieden. In de eerste cyclus hebben de leerlingen op acht middagen van elk twee tot drie uur les gehad, en in de tweede cyclus is gekozen voor een aaneengesloten periode van 24 uur gedurende een week. Daarmee is het vergelijken van de leeropbrengsten van de eerste en de tweede cyclus niet helemaal eerlijk, en het wordt lastiger om de opzet te transfereren naar het reguliere onderwijs. In het traditionele onderwijs is het wel mogelijk om de eerste opzet te gebruiken, bv in de vorm van lesblokken, maar een week voor een vak lijkt me lastig. Het versnipperen van lessen heeft gevolgen voor het onderwijsleerproces. Leerlingen moeten weer eerst in het onderwerp komen en er is steeds tijd nodig om kennis op te frissen. Bij het gebruik van contexten zou dat extra lastig kunnen zijn, omdat leerlingen zich ook moeten inleven in de context.

Het gebruik van intuïtieve denkbeelden die leerlingen hebben blijkt te werken: leerlingen weten wat ze in een volgende stap moeten doen en ook waarom ze dat moeten doen.

Niet duidelijk is wat de leerlingen aan chemische concepten leren. Door de keuze van de leerlingen lijkt het er zelfs op dat ze de meeste concepten al onder de knie hebben, maar dat de manier waarop ze die moeten gebruiken om de context te begrijpen nieuw is. De nadruk ligt dus op de manier van denken. Hoe zou het onderwijsontwerp er uitzien als leerlingen de concepten ook nog moeten leren?

Er is ook een principiële aspect dat aandacht vraagt. De gekozen authentieke praktijk is gericht op het ontwikkelen van een product. Onderwijs daarentegen is gericht op het verwerven van kennis en vaardigheden. Is het mogelijk om authentieke taken zodanig te formuleren dat ze niet alleen leiden tot een product, maar ook tot het verwerven van onderliggende kennis en vaardigheden?

In motivatietheorieën wordt de invloed van de docent veelvuldig besproken. Wat de rol van de docent in dit onderzoek is blijft onbelicht, behalve dat geconstateerd wordt dat een docent nieuwe expertise moet opbouwen. Ik kan scheikundedocenten aanraden om zeker de passages te lezen met beschrijvingen van de meso-structuren. Ze passen ook uitstekend in het traditionele scheikundeonderwijs.

Ik ben begonnen met een citaat om de complexiteit te illustreren en daar wil ik ook mee eindigen. Op pagina 206 staat:

'In this research design, many variables may influence the outcome of the enactment of the teaching-learning process, e.g., the students, the teacher, the situation at school, the time period within a year, the complexity of the chemistry content, and the use of context as an adapted version of an authentic practice.'

De kans is groot dat Meijer ook nu nog met minstens enkele van deze variabelen aan het stoeien is.