

Contexten in macro-meso-micro denken

In de scheikunde is het macro-micro denken een belangrijk onderdeel. Hoe kunnen we dit macro-micro denken een plaats geven in concept-context scheikundeonderwijs? In zijn promotieonderzoek ontwierp Marijn Meijer een voorbeeldmodule *Gluten*. In die module nemen mesoniveaus en structuur-eigenschap relaties een centrale plaats in chemische verklaringsmodellen. Ook evalueerde hij de effectiviteit van die module.

■ **Marijn Meijer / Stichting C3 , Astrid Bulte en Albert Pilot / Flsme, Universiteit Utrecht**

Dit artikel is het zevenentwintigste in een serie getiteld *Contexten in...* In deze artikelen willen de initiatiefnemers Joke van der Aalsvoort (Huygens College, Heerhugowaard), Lisette van Rens (VU, Amsterdam), Albert Pilot (Flsme, Utrecht), Martin Vos (De Nieuwste School, Tilburg) en Jan de Gruijter (Fontys Lerarenopleiding Tilburg) laten zien hoe docenten met scheikundemodules omgaan.

382

Macro-micro denken is een belangrijk onderdeel van de hedendaagse scheikunde. Leerlingen moeten daarbij leren om eigenschappen op het waarneembare macroniveau (zoals hardheid en stijfheid) te verbinden met structuren op microniveau (zoals stabiele ruimtelijke ordening van atomen en moleculen). Dat is een grote stap waarbij leerlingen zich weinig kunnen voorstellen want ze moeten nog leren om modelmatig te denken. In het huidige onderwijs is ook de relevantie voor leerlingen vaak onduidelijk, en is de toepasbaarheid in de dagelijkse leefwereld maar gering. Belangrijk maar moeilijk, dus een uitdaging om een nieuwe aanpak te vinden en die in een voorbeeldmodule in de klas uit te proberen!

Inhoud

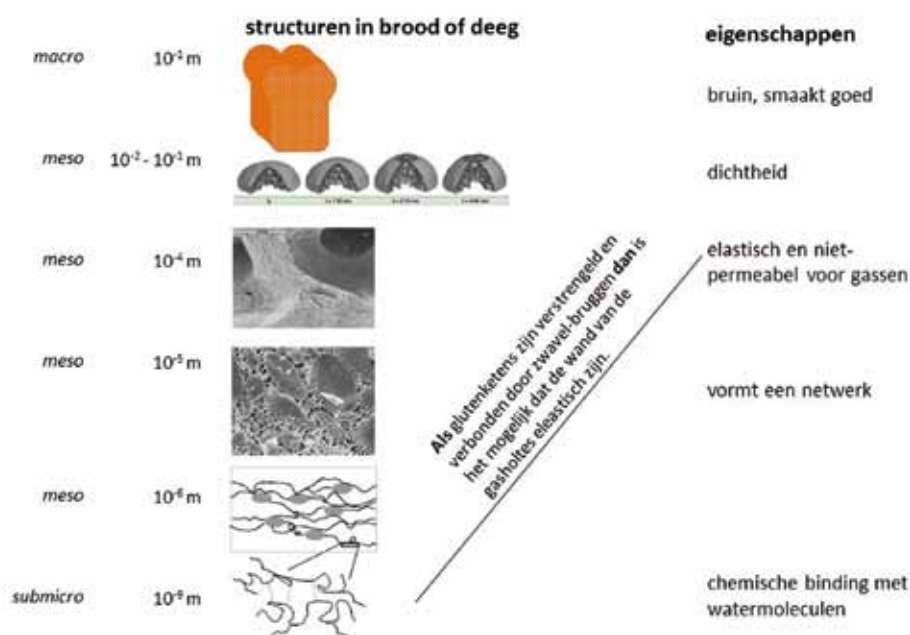
Chemici maken gebruik van *submicroscopische* modellen om eigenschappen en veranderingen op *macroscopisch niveau* te onderzoeken, te verklaren en te voorspellen. Denk daarbij aan direct waarneembare eigenschappen en verschijnselen zoals kleur, geur, en geleiding van warmte

en elektriciteit. Het submicroscopische niveau betreft modellen op moleculaire of atomaire schaal. Voor leerlingen is het lastig om zich macro-micro denken eigen te maken, vooral als het gaat om andere eigenschappen dan kookpuntsverhoging en oplosbaarheid van eenvoudige stoffen. Dit wordt vooral veroorzaakt door twee problemen, zoals eerder onderzoek van onder meer Rutger van de Sande (2007) heeft aangetoond:

1. De stap tussen macroscopische eigenschappen en submicroscopische structuren en modellen is heel groot;
2. Leerlingen vinden submicroscopische modellen niet relevant voor het verklaren van de wereld waarin ze leven met materialen, voedingsmiddelen en gezondheidsvragen.

In zijn promotieonderzoek heeft Marijn Meijer gezocht naar een oplossing voor deze problemen. De kernvraag in zijn onderzoek was: *Hoe kunnen leerlingen leren om macroscopische eigenschappen te verbinden aan microscopische structuren op een zodanige manier dat ze het onderwijs als relevant ervaren?* In zijn onderzoek heeft hij een nieuwe aanpak voor het verwerven van macro-micro denken ontwikkeld door een module te ontwerpen en de effectiviteit daarvan te evalueren. Daarbij ging hij eerst na welke manier van denken chemisch-

Figuur 1. Een schema van structuren in brood en deeg, gerelateerd aan afmetingen en eigenschappen. Eén structuur-eigenschap relatie is weergegeven als voorbeeld.





Figuur 2. Bepaling van de stevigheid van deeg.

technologen en voedingstechnologen gebruiken. Zij bleken de eigenschappen te beschrijven, verklaren en voorspellen door relaties te gebruiken tussen structuren en eigenschappen. Die relaties

voor hun metingen (bijvoorbeeld trek- trek proeven om de stevigheid van deeg te bepalen). De opgestelde verklaring voor de elasticiteit van gluten gebruiken ze daarna om een vervanger te onderzoeken voor gluten. Daarbij experimenteren ze om na te gaan of hun verwachtingen op

Bij macro-meso-micro denken zoom je steeds verder in

liggen vaak op *mesoniveaus*, dat zijn niveaus tussen macro- en submicroniveau (zie figuur 1). Dit macro-meso-micro denken met relaties tussen structuren en eigenschappen heeft hij daarom als het centrale idee genomen voor het chemieonderwijs in havo en vwo.

Wat doen de leerlingen?

In de module *Gluten* werken de leerlingen samen aan het ontwikkelen van maïsbrood zonder gluten voor mensen met glutenallergie. Na een eerste ontwikkelingspoging ervaren leerlingen dat zij eerst de vakinhoud moeten bestuderen, waarna ze experimenteren met deeg en brood.

Ze leren daarbij de relaties tussen structuren en eigenschappen van brood en deeg beter te begrijpen, bijvoorbeeld door in te zoomen op de deegstructuur op mesoniveau en het vasthouden van kooldioxide in netwerken van moleculaire ketens op een ander mesoniveau. Die kennis gebruiken ze in verklaringen

grond van de literatuur overeenkomen met de resultaten van hun experimenten. Centraal in deze module staan de relaties tussen structuren en eigenschappen. Bijvoorbeeld: als de glutenketens verstrengeld zijn en verbonden worden door zwavelbruggen, dan kan de wand van een gasholte elastisch zijn (zie de relatie tussen eigenschappen en structuur van deeg in figuur 1). Die relaties gebruiken ze voor het voorspellen en verklaren, dus bij het leren toepassen van het macro-meso-micro denken. Hun resultaten presenteren ze in de vorm van verklaringen over de werking van gluten, zodat de verkregen inzichten in toekomstige studies over glutenvrije producten gebruikt kunnen worden. In meer algemene zin presenteren ze op de poster het macro-meso-micro denken dat ze kunnen gebruiken bij een probleem met keramiek, zelfherstellend beton, materiaal voor ooglenzen enzovoorts. Ten slotte maken ze een toets, waarin ze een soortgelijk probleem moeten analyseren en

moeten plannen hoe de relaties tussen eigenschappen en structuren onderzocht kunnen worden door macro-meso-micro denken toe te passen.

Opzet module

De module *Gluten* is zo opgezet dat de leerlingen veel opdrachten zelf uitvoeren, uiteraard onder begeleiding van de docent. De activiteiten zijn geordend in fasen die overeenkomen met de gebruikelijke werkwijze van een ontwerp-opdracht. De benodigde informatie staat in een leerlingenboekje, de docentenhandleiding, en een boekje met bronnenmateriaal. De afsluitende toets heeft dezelfde opzet als de opdracht in de module, maar gaat over een ander probleem en betreft alleen het maken van een plan voor het aanpakken van de opdracht. Het gaat in deze module vooral om het leren van macro-meso-micro denken met structuur-eigenschappen relaties. Dus om de ontwikkeling van kennis en denkvaardigheden, niet om het leren bakken van brood. Soortgelijke modules zijn ook gemaakt over andere onderwerpen, zoals keramisch materiaal en waterabsorptie.

Wat doet de docent/toa

De docent leidt de opdracht in, maakt duidelijk wat de bedoeling van de module is en begeleidt groepjes leerlingen bij de opdrachten en experimenten. De docent is in deze module dus vooral een coach bij de activiteiten van de leerlingen. Het is belangrijk dat de leerlingen eigenaar zijn van het uitdagende probleem, en zelf gaan ontwerpen en onderzoeken. De docent stelt zich daarom terughoudend op bij specifieke vragen, maar zorgt dat leerlingen zelf de informatie zoeken, vinden en verwerken. Een enkele maal worden de verkregen resultaten van experimenten klassikaal besproken en wordt een volgende fase of opdracht ingeleid. Ook beoordeelt de docent de toets. Voor de meeste docenten is het onderwijzen van macro-meso-micro denken en structuur-eigenschappen relaties nieuw, dus lastig. Dat vraagt van hen inwerken in deze vakinhoud, manier van denken en vakdidactiek. Daarom is er een vervolgonderzoek gestart naar de manier waarop docenten zich deze vakinhoud en de betreffende didactiek het beste eigen kunnen maken.

De toa zorgt voor de voorbereiding van de experimenten en houdt overzicht bij



Figuur 3. De bereiding van deeg om het effect van een vervanger voor gluten te bepalen.

de uitvoering daarvan. De toa zorgt ook voor de materialen, waarbij het belangrijk is de juiste ingrediënten aan te schaffen, die op de lijst van benodigdheden in de docentenhandleiding staan vermeld.

384

Een voorbeeld van een experiment waarbij leerlingen de relatie onderzoeken tussen flexibiliteit van ketens en elasticiteit van deeg.

Leerling 1: "Dus als de ketens meer flexibel zijn oh ja, dan kunnen ze meer uitrekken en kan er meer lucht inkomen, you got it!"

Leerling 2: "Dus als we die dingen flexibel al die ketens wat mikken we erin en wat kan minder... kan de mesostructuur veranderd worden."

Leerling 3: "Ja volgens mij wel."

Wat leverde het onderzoek op?

In het onderzoek is een module *Gluten* uitgewerkt, die als voorbeeld kan dienen voor meer modules over macro-meso-micro denken met structuur-eigenschap relaties maar met andere vakinhoud. Het 'contextdeel' van de module is zo ontworpen dat leerlingen gedurende de gehele module aan een ontwikkelopdracht werken. De nadruk ligt op kennisontwikkeling (concepten), en daarbij is het bereiden van glutenvrij brood het middel (de context), niet het doel. De volgorde van de deelopdrachten en vragen is zo uitgewerkt dat leerlingen steeds de relevantie van de volgende stap inzien.

In het onderzoek is nagegaan of deze module de resultaten opleverden die verwacht werden op grond van de

en deze voorbeeldmodule een belangrijke rol spelen. Met dit onderzoek is een belangrijke stap gezet naar nieuw

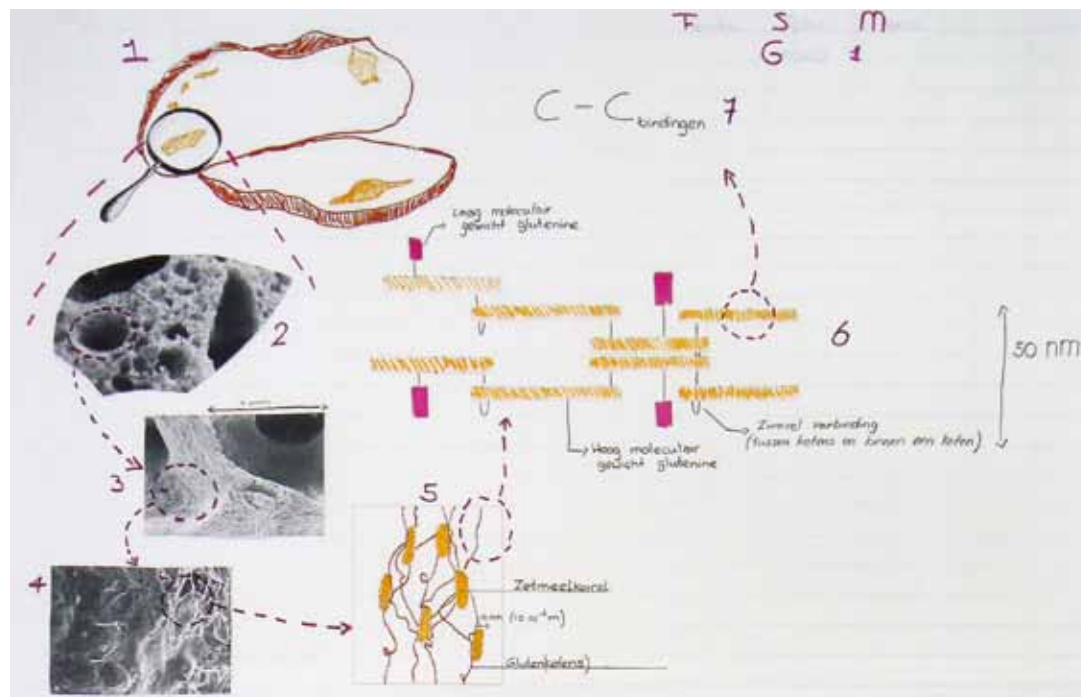
Deze context is relevant vanuit het perspectief van de leerlingen

ontwerpideeën. Het onderzoek heeft aangetoond dat vwo-leerlingen in behoorlijke mate kunnen leren denken in structuren, eigenschappen en de relaties daartussen op macro-, meso- en microniveaus. Het onderwijsproces en de leerresultaten waren grotendeels zoals bedoeld was. Het aanpakken van de eerder genoemde twee problemen is met dit onderzoek een flinke stap verder gekomen. Maar er bleven ook moeilijkheden over die om verdere uitwerking vragen, zoals het gebruik van de woorden voor structuren en eigenschappen op meso- en microniveau. Die woorden zijn vaak macrotermen, zoals 'ballonnetje' voor een hoeveelheid gas dat opgesloten zit in een netwerk van glutenketens. In het nieuwe examenprogramma voor havo- en vwo-scheikunde is macro-meso-micro denken een belangrijk onderdeel. Mede in het perspectief daarop is een verdere uitwerking van dit thema in de komende jaren nodig. Daarbij kunnen de verkregen inzichten uit dit onderzoek

onderwijs over macro-meso-micro denken. Voor details verwijzen we naar het proefschrift. Hierin zijn ook de evaluatieresultaten en de gebruikte methode van ontwerpgericht onderzoek uitgebreid toegelicht (Meijer, 2011).

Literatuur

Meijer, M.R. (2011). *Macro-meso-micro thinking with structure property relations for chemistry education, an explorative design-based study*. Utrecht: Freudenthal Instituut voor Didactiek van Wiskunde en Natuurwetenschappen (dissertatie). Een digitale versie is beschikbaar op <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2011-0627-200510/meijer.pdf>, de gedrukte is verkrijgbaar voor 17,50 euro via een e-mail naar: Marijn Meijer (marijn.meijer@gmail.com). Het onderwijsmateriaal is beschikbaar op: <http://www.fisme.science.uu.nl/toepassingen/00757/>. Sande, R.A.W. van de (2007). *Competentiegerichtheid en scheikunde leren*. Dissertatie. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.



Figuur 4. Een door leerlingen gemaakte poster van hun verklaring over de elasticiteit van gluten.