

# Macro-meso-micro of macro-micro-nano?

Bij Nieuwe Scheikunde spreekt men van macro-meso-micro en bij Nieuwe Natuurkunde van macro-micro-nano. Daarmee dreigt naast het gebruik van andere termen voor hetzelfde begrip ook het gevaar dat 'micro' bij natuur- en scheikunde niet hetzelfde gaat inhouden. Dat lijkt mij voldoende reden om tot eensluitende afspraken hierover te komen in beide projecten.

■ Harrie Jorna / Almendecollege, locatie Isala / eindredacteur nlt

De lead van dit artikel had een voetnoot kunnen zijn bij het artikel *Micro-macro, concept-context, kwantitatief-kwalitatief* door Hans van Bommel in het decembernummer van *NVOX*. Maar de *NVOX*-redactie vond de constatering te belangrijk om hem weg te moffelen in een voetnoot. We vroegen Hans van Bommel en enkele anderen om hierop te reageren. Hieronder hun reacties. Uw bijdrage aan de discussie is welkom. Stuur hem naar [redactie@nvo.nl](mailto:redactie@nvo.nl) en zet bij 'onderwerp': discussie micro-nano.

## Reactie van Hans van Bommel

Beste Harrie,

De eerste hoofdstukken van mijn module gaan over macroscopische eigenschappen. Het vierde hoofdstuk heet *Macro-Micro-Nano*. Hierin staan de verklaringen voor die eigenschappen in termen van modellen met moleculen en atomen. De nadruk ligt niet op een onderscheid tussen macro, micro en nano, maar op het besef dat verschillende verschijnselen verklaringen hebben op verschillende niveaus van lengteschalen. Wel gebruik ik in de inleiding macroscopisch in de zin van 'zichtbaar met het blote oog' en microscopisch als 'zichtbaar met een microscoop'. (*Redactie: volgens Nieuwe Scheikunde is dit meso!*) Vanwege de beperking van de golflengte van licht (ongeveer een halve micrometer) komt microscopisch overeen met de orde van 1-100  $\mu\text{m}$ . Afmetingen daarboven zijn met het blote oog zichtbaar. Ruim onder de micrometer, zou ik 'nano' noemen. Dit komt overeen met de orde van grootte van

atomen en moleculen, tot honderden nanometers voor polymeermoleculen. (*Redactie: Bij Nieuwe Scheikunde heet dit micro!*). Dus  $10^0$  tot  $10^2$  nm noem ik nano,  $10^3$  tot  $10^5$  nm ( $10^0$  tot  $10^2$   $\mu\text{m}$ ) noem ik micro, daarboven is macro. MAAR ik vraag nooit "Is dit nano, micro of macro?" Wel: "Op welke schaal speelt deze verklaring?" Dan kan het antwoord bijvoorbeeld zijn: "Tienden van millimeters". De term nanoscopisch gebruik ik niet. Een STM zou je een nanoscoop kunnen noemen, maar dat doe ik niet.

De havo-syllabus heeft het bij *Materialen* alleen over 'atomaire en moleculaire modellen'. Bij vwo worden drie schalen genoemd: micro, macro en kosmisch. Micro lijkt bij scheikunde en bij vwo-natuurkunde uitgelegd te worden als 'op de kleinste schaal'. Het woordenboek laat twee interpretaties toe: micro is een miljoenste (van wat er achter staat), maar ook 'zeer klein'.

Google zegt van mesoscopische fysica 'tussen micro en macro'. Op de schaal van miljarden atomen zijn er interessante verschijnselen. Deze tak van natuurkunde gaat bijvoorbeeld over onzuiverheden in een kristalrooster. Die komen misschien om de honderd atomen voor. Dus deze lengteschaal is honderd keer zo groot als de inter-atomaire afstand. Meso betekent letterlijk 'tussen'. En micro wordt in de definitie van meso duidelijk gebruikt als 'op de kleinste schaal'.

Nu is het een verwarrend beeld. Nano en micro duiden in mijn onderscheid letterlijk op lengtes: 'een nanometer' en 'een micrometer'. Meso betekent alleen ertussenin, macroscopisch betekent groot, kosmisch betekent op de schaal van het heelal. Micro wordt duidelijk op verschillende manieren gebruikt (al doe ik er in opga-

ven niet moeilijk over, daar maakt het niet uit of een leerling leest 'op de schaal van micrometers' of 'heel klein'). Wat vind ik nu het beste?

- De term nano moet wel genoemd worden, omdat de kranten vol staan met nanoscience.
- Geen onderscheid maken tussen nano en micro, dat is verwarrend.
- Als er een onderscheid wordt gemaakt, micro en macro onderscheiden, waarbij micro 'op de schaal van moleculen' betekent en macro 'zichtbaar met het blote oog'.
- De term meso vermijden.

Het belangrijkste is dat leerlingen inzien dat er verklaringen op verschillende schalen zijn. Ik heb liever dat de leerlingen zeggen: "De orde van grootte is honderden nanometers" of "De verklaring is in termen van korrels ter grootte van millimeters" dan dat zij zeggen "Dit is een mesoscopische verklaring".

Dus laten nadenken over schalen, daarbij liever een lengte noemen dan een van de vijf termen nano-micro-meso-macro en kosmisch.

Benieuwd naar verdere reacties!

## Reactie van Chris van Weert op mail van Hans van Bommel

Beste Hans,

Fysici zijn hier knap slordig mee:

- Ooit was er macro-micro (zichtbaar via microscoop).
- Micro is echter steeds kleiner geworden. Nu is het micro- meso- nano- subatomair. Toch noemen we ze vaak samen microscopische verschijnselen. Niet erg duidelijk en te vermijden in NiNa.

Chris

Een NVOX-mederedacteur tipt promovendus Marijn Meijer.

## Reactie van Marijn Meijer

Ik ben bezig met een promotieonderzoek op het gebied van micro/macrodelen. Daar heb ik meso tussengestopt. Het betreft het relateren van materiaaleigenschappen aan wat er in het materiaal voorkomt. Dit vindt plaats door het leggen van verbanden tussen eigenschappen en structuren. Macro, meso en micro verwijzen naar dergelijke structuren. Met macro bedoel ik het tastbare, zichtbare materiaal, het fenomeen dat onderwerp van de activiteit is. In mijn onderzoek is dat bijvoorbeeld: het brood, de slagroom, het kogelvrije vest, de beker. Het gaat om een materiaal of een voorwerp, dicht bij de menselijke maat (0,1-1 meter). Met micro bedoel ik de voor het blote oog onzichtbare wereld van moleculen en atomen. Hier is de schaal niet eenduidig: er zit een factor 1-10 verschil tussen de afmetingen van moleculen en atomen. Met meso bedoel ik alles wat tussen macro en micro in zit. Het is een term die gangbaar is in de materiaalkunde. Ik zal je even op weg helpen. Het gaat over alle benodigde structuren (die gerelateerd kunnen worden aan een schaal tussen 0,1 m en 10<sup>-9</sup> m) die nodig zijn om een verklaring op te stellen voor een bepaalde eigenschap. Lekker algemeen, nu enkele voorbeelden:

- Brood (macro) is opgebouwd uit kleine gasholtes met wanden (mesostructuur). De wanden zijn opgebouwd uit een glutenmatrix waarin zetmeelkorrels en gistcellen verankerd zitten (mesostructuur), de glutenmatrix is weer opgebouwd uit in elkaar verstrengelde lange glutenketens (meso). (Redactie: dit zou ik al micro noemen.) Deze ketens zijn weer opgebouwd uit eiwitketens die hier en daar verbonden zijn (meso). Deze eiwitketens zijn gevouwen (meso) en opgebouwd uit aminozuren (micro) die weer opgebouwd zijn uit atomen (micro).
- Keramische bekertjes (macro) zijn gemaakt van keramiek met een coating (meso). De keramiek is opgebouwd uit aan elkaar gesinterde deeltjes (meso). Deze deeltjes bevatten kristallijne en amorfe gebieden (meso), welke op hun beurt weer opgebouwd zijn uit kleine roosters (meso) van ionen (micro).

Samengevat kun je materialen beschouwen als een systeem van subsystemen,

waarin het aantal subsystemen kan variëren. Het aantal mesostructuren verschilt per materiaal, en eigenlijk ook per probleem dat aangepakt dient te worden: bijvoorbeeld om de hardheid van keramiek te begrijpen, hoef je niets te weten van het laagste meso- en microniveau.

Ik weet niet precies wat er bij NiNa bedoeld wordt met micro en nano. Ik kan wel gissen: micro lijkt me verbonden met het deeltjesmodel (wat die afmetingen van de deeltjes dan ook mogen zijn) en nano lijkt me verbonden met nanotechnologie, dus op moleculair/atomair niveau en net een factor 10 erboven qua afmeting.

*Uit deze mails blijkt geen eensluidendheid. We vragen daarom Frans Arnold zijn licht hierop te laten schijnen, vooral op het door Hans verbannen meso. En: nano-NiNa lijkt micro te zijn bij Nieuwe Scheikunde.*

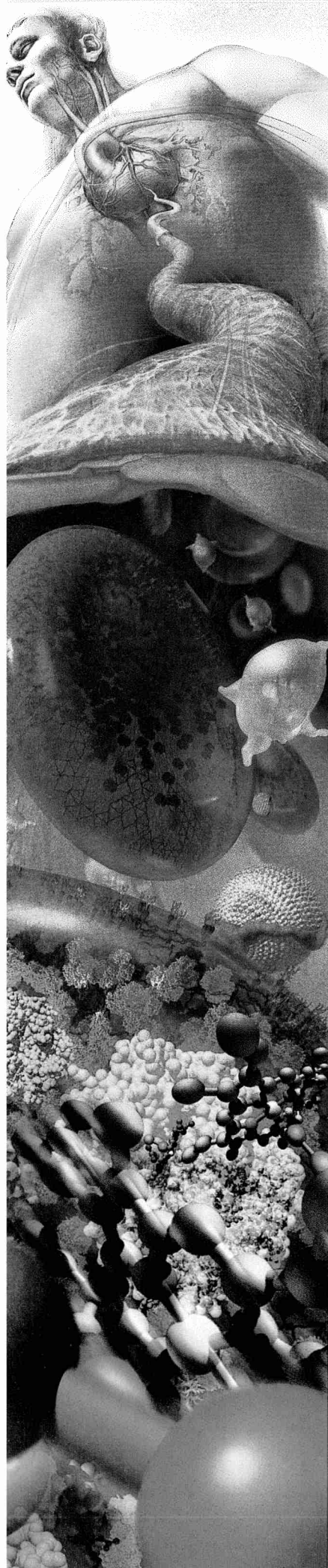
Dag Harrie,  
Dat heb je als voorheen geïsoleerde eilandbewoners gaan samenwerken!  
Ik stuit op een inconsequentie bij Hans van Bommel. Eerst schrijft hij dat micro bij microscopisch hoort, en dan is voor een stap kleiner een nieuw woord nodig: nano.

Maar verderop gebruikt hij nano niet meer. We worden tegenwoordig doodgemaakt met het woord nanotechnologie. Dat is niet erg, als je het beschouwt als een hoek van een technisch-wetenschappelijke discipline, die zich onder meer bezighoudt met micro(!)-elektronica. Maar in de biomedische wetenschapspraktijk heeft men het over micro-arrays, die goed zichtbaar zijn. Kortom, het is een illusie te denken dat we onze leerlingen de service kunnen verlenen van een eenduidige opvoeding die later ook zo zal werken. Nano is ook volgens Van Dale een miljardste deel van ... Dus een nanogram is 10<sup>-9</sup> gram. Hoe micro is dat in termen van atomen en moleculen? Een slordige 10<sup>13</sup> ervan! Nano heeft een exacte betekenis als maatvoering. Ik gebruik het liever niet als categorie. Natuurlijk, micro betekent een duizendste: waar hetzelfde bezwaar aankleeft. Maar het is als een oer-aanduiding ingeburgerd, en niet speciaal aan de microscoop gebonden.

Hoe dan nu samen verder?  
In de Nieuwe Scheikunde gebruiken we de term meso in de zin die Marijn aangeeft. In zijn slotwoord gebruikt Hans micro in de zin van atomair/moleculair, niet van microscopisch. Hij noemt het microscoopgebied niet meer. Hebben fysici niet zoveel behoefte aan dat gebied?

Tabel 1. Eensluidendheid?

	nano	micro	meso	macro
Van Bommel	1-100 nm atomen/moleculen	10 <sup>2</sup> -10 <sup>5</sup> nm = 1 - 100 µm; zichtbaar via microscoop		> 110 µm;
Van Bommel in tweede deel van zijn betoog	op schaal van moleculen		ertussenin; liever vermijden	groot; schaal blote oog
Van Weert	microscopische verschijnselen onderverdeeld in: micro-meso- nano- subatomair; in NiNa te vermijden onduidelijkheid			
Meijer		onzichtbaar; atomen en moleculen; primaire structuur eiwitten; ionen	ertussenin; secundaire t/m quaternaire structuur eiwitten; ionroosters	tastbaar, zichtbaar, 0,1 tot 1 m
Arnold	liever niet als categorie	oerbegrip: zeer klein; niet gekoppeld aan microscoop	Zie Meijer	
	synoniem			
redactie	kleinste fenomenologische schaal; technologie	atomen/moleculen; conceptueel; modelmatig	zichtbaar via microscoop	blote oog



Van

Zou kunnen. Chemici, vooral technologen, wel.

Ik stel voor dat we, welke termen we ook gebruiken, toelichting geven: in de 17de eeuw stond micro voor het kleinste. Dan is het logisch dat het woord micro met de nieuwe verworvenheden meeschuift. Nano is dan een synoniem. En het micro van Van Leeuwenhoek is nu bereikbaar met een apparaatje van een postorderbedrijf, typisch iets er tussenin dus. Mogen we dan toch meso blijven gebruiken?

macro

Als antwoord op de titel: bij NiNa is nano blijkbaar hetzelfde als micro. Dan kan meso blijven bij Nieuwe Scheikunde, en micro in de Nieuwe Scheikunde mag daar zo ook blijven heten.

via

Ik blijf graag op de hoogte.

### Aanvulling

De proeven die beschreven zijn in *Toveren, goochelen of verbazingwekkende natuurkunde* van Sanne Pring in 't Veld in het februarinummer van *NVOX* zijn alle gezien tijdens een bezoek aan de 2009 ASE conferentie in Reading (UK). Vooral de voortreffelijk presentatie van K. Gibbs was een belangrijke inspiratiebron! Wilt u meer van zijn moois zien? Kijk op [www.schoolphysics.co.uk](http://www.schoolphysics.co.uk)

Volgens een mededeling van de heer E. Wijnhoven, uitgever Malmberg, kunnen docenten via sponsorgelden van de EU 'gratis' deelnemen aan de ASE. alle kosten zouden dan worden vergoed.

meso

naar

NS-micro.

Of naar

NiNa-nano?



Heeft u zich al aangemeld voor het NVON-congres?  
**Bèta op het grensvlak van onderzoek en onderwijs**  
**16 en 17 april 2009**  
**Rijksuniversiteit Groningen**

Zie [www.nvon.nl/congres](http://www.nvon.nl/congres)