

# DE GROENE AMSTERDAMMER

Special : [BÈTA-WETENSCHAPPERS](#)

## Zelfassemblerende materialen

Dr. Mirjam Leunissen

Wetenschappelijk groepsleider Supramoleculaire Interacties

FOM Instituut voor Atoom en Molecuulfysica

### 1. Wat is de belangrijkste wetenschappelijke ontwikkeling in uw vakgebied?

In mijn vakgebied probeert men nieuwe ‘zelf-assemblerende’ materialen te maken, die zich spontaan vormen uit kleine bouwstenen, net zoals bijvoorbeeld met je eigen lichaam gebeurt. De zelf-organiserende deeltjes zijn een nanometer tot een micrometer groot en in water (of andere vloeistoffen) bewegen ze kriskras door elkaar heen doordat er van alle kanten vloeistofmoleculen tegenaan botsen. De kunst is nu om dusdanige interacties tussen de deeltjes te creëren dat ze vanzelf samenkomen in grotere, geordende structuren met interessante materiaaleigenschappen. In de afgelopen tien jaar is er op dit punt grote vooruitgang geboekt, nadat onderzoekers zich realiseerden dat synthetisch DNA veel nieuwe, opwindende mogelijkheden biedt om de zelforganisatie van micro- en nano-deeltjes te sturen. DNA kan bijvoorbeeld als een ‘slimme’ lijm gebruikt worden om heel doelgericht de juiste deeltjes aan elkaar te plakken. Dit is mogelijk, omdat de bekende wenteltrap structuur van DNA uit twee strengen bestaat die elkaar herkennen doordat de A basen van de ene streng aan de T's van de andere streng binden, terwijl C aan G bindt. Als je enkelstrengs DNA-eindjes op het oppervlak van de deeltjes zet en verschillende lettercombinaties kiest, dan zal elk deeltje vanzelf zijn partner met het bijpassende DNA vinden.

Naast deze ongekend specifieke interacties geeft de DNA-lijm bovendien uitzonderlijk goede controle over de afstand tussen de deeltjes in het nieuwe materiaal, omdat je zelf de lengte van de DNA-eindjes kan kiezen. Dit maakt veel complexere zelf-assemblerende structuren mogelijk (zie bijv. Science 334, 2011, p.204). Een andere benadering maakt gebruik van het vouwvermogen van DNA. Korte, enkelstrengs DNA ‘nietjes’ verbinden specifieke stukken van een hele lange streng DNA met elkaar, zodat deze zich spontaan opvouwt tot een door de onderzoeker gekozen driedimensionale geometrische structuur – een soort zelf-vouwende origami dus! (zie bijv. Science, 321, 2008, p.1795) Deze DNA-bouwwerken zorgen daarna voor de juiste organisatie van de nanodeeltjes, die voor de interessante materiaaleigenschappen zorgen. Met dit soort DNA nanotechnologie is het

ons onlangs zelfs gelukt om (levenloze!) materialen te maken die zichzelf kunnen vermenigvuldigen, net zoals dat met levende cellen gebeurt (zie [hier](#)). Een van de kenmerken van het nieuwe zelfvermenigvuldigingsproces is dat het in een cyclus van stappen verloopt. Dit vormt een scherp contrast met de traditionele benadering van ‘passieve’ (evenwichts) zelforganisatie, waarbij men simpelweg afwacht wat er uit een grote mix van ingrediënten ontstaat. ‘Actieve’ (niet-evenwichts) processen kunnen veel meer controle bieden en vertegenwoordigen dus een belangrijke nieuwe ontwikkeling op het gebied van zelforganisatie. Een recent voorbeeld zijn de DNA-eindjes die we zo ontworpen hebben dat we ze naar believen open en dicht kunnen vouwen met een temperatuur trigger, zodat ze alleen plakken wanneer dat nodig is tijdens het zelforganisatie proces (zie [hier](#) [pdf]).

## **2. Op welke wetenschappelijke doorbraak hoopt u?**

Uiteindelijk willen we materialen kunnen maken die zichzelf organiseren, repareren, communiceren, reageren etc., net als biologische systemen. Het is niet één wetenschappelijke doorbraak die dit mogelijk zal maken, maar een reeks van inzichten die we moeten verkrijgen. Hoeveel is haalbaar met passieve zelforganisatie? Welke vormen van actieve zelforganisatie zijn belangrijk en hoe moeten we deze aan elkaar koppelen om het gewenste resultaat te behalen? Hoe moeten de interacties tussen de bouwstenen eruit zien? Wat is de meerwaarde van zwakke, dynamische bindingen over de sterke bindingen in traditionele door de mens gemaakte materialen? Of kort samengevat: hoe doet de levende natuur dit en waarom zijn alle pogingen van de mens in vergelijking zo onhandig? Het zou een doorbraak zijn als we tot echte ‘rational design’ kunnen komen: zeg me wat je nodig hebt en ik vertel je hoe je het moet maken.

## **3. Wat is de waarde van uw vakgebied voor de samenleving?**

Enerzijds is er de economische waarde: zelf-assemblage en zelf-vermenigvuldiging zijn hele efficiënte manieren om geavanceerde materialen te maken. Door de spontane zelforganisatie van kleine metaaldeeltjes met speciale optische of magnetische eigenschappen zou je bijvoorbeeld snel grote hoeveelheden materialen kunnen maken die nuttig zijn voor toepassingen zoals zonnecellen en computers. De ontwikkeling van nieuwe interacties (bijv. gebruikmakend van synthetisch DNA) en actieve zelforganisatie processen zal daarnaast leiden tot geheel nieuwe materialen die bijvoorbeeld kunnen reageren op prikkels van buitenaf, zogeheten ‘responsieve’ materialen. Deze kunnen nuttig zijn voor o.a. biomedische toepassingen. Anderzijds is er ook fundamentele waarde: dit soort onderzoek leidt tot een beter begrip van hoe de natuur werkt en wat onze plaats daarin is. Het is een intellectuele verrijking die onze visie op het dagelijkse leven kleurt en die mede ons handelen bepaalt, daarbij verder kijkend dan enkel de economische waarde.