

Hoe ontstaan gels?

Gels komen overal in ons dagelijks leven voor, maar de precieze manier waarop ze ontstaan is niet heel goed begrepen. Door experimentele waarnemingen te combineren met numerieke modellen hebben natuurkundigen van de universiteiten van Amsterdam en Cambridge en van Unilever nu laten zien dat gelvorming sterke overeenkomsten vertoont met een ander bekend natuurkundig verschijnsel: percolatie.



Afbeelding 1. Eieren koken. Wat gebeurt er als we een ei koken? Onderzoekers hebben ontdekt dat het gelvormingsproces dat het eiwit ondergaat een voorbeeld is van de percolatie die ook plaatsvindt als je koffie maakt. Afbeelding: [Pikist](#).

Gelvorming is een veel voorkomend verschijnsel. We komen in het dagelijks leven allerlei gels tegen, bijvoorbeeld in voedsel en cosmetische producten. Als we een ei koken, of

yoghurt, pudding of kaas maken, spelen gelvormingsprocessen een rol: complexe vloeistoffen (eiwit, melk) worden stijf. Gelvorming is zelfs van belang voor het leven zelf: het stollen van bloed, waarbij zich een harde korst vormt die een wond afdekt, is een ander bekend voorbeeld. Al deze schijnbaar verschillende verschijnselen zijn gebaseerd op *coagulatie* (stollen) van de onderliggende deeltjes: eiwitten in ei, melk of bloed die samenkomen en ruimtevullende netwerken vormen, en daarmee stijfheid verlenen aan een materiaal op dezelfde manier als een spinneweb van zachte draden een stevig geheel weet te maken.

Fractale structuren

Gelvorming verschilt van de gebruikelijke vorming van vaste stoffen, gebaseerd op kristalvorming, die bijvoorbeeld plaatsvindt als water bevriest en ijs wordt. In zulke processen rangschikken de atomen en moleculen zich in een periodiek rooster met hoge dichtheid. Als daarentegen gelvorming plaatsvindt, ontstaan netwerken met een lage dichtheid en met een bijzondere structuur: ze vormen vaak *fractals* die een intrigerende zelfgelijkendheid vertonen: de structuren blijven er hetzelfde uitzien als we inzoomen op steeds kleinere details.

Hoewel gelvorming alomtegenwoordig is in de natuur, is het verschijnsel niet heel goed begrepen. Er is geen algemene natuurkundige theorie die alle verschillende gelvormingsprocessen beschrijft. Onderzoekers van het Institute of Physics van de Universiteit van Amsterdam, samen met collega's van de Universiteit van Cambridge en Unilever, hebben aan de hand van nieuwe inzichten in gelvormingsverschijnselen nu een belangrijke stap voorwaarts gezet. Ze gebruikten hiervoor zowel directe waarnemingen van het samenkomen van de onderliggende deeltjes, waarbij ze de onderlinge aantrekkingskracht konden beïnvloeden, als computersimulaties en theoretische modellen.

Percolatie

Het gecombineerde onderzoek geeft een direct inzicht in hoe de gelstructuren zich ontwikkelen. Terwijl de deeltjes samenkomen en het aantal verbonden 'buren' groeit, verliezen de deeltjes snelheid en wordt het systeem steeds stijver, tot aan het punt dat het grootste zo ontstane web de hele ruimte van het systeem vult (het 'percoleert') en zo aan het hele materiaal stijfheid verleent.

Percolatieverschijnselen kennen we ook uit ons dagelijks leven: het beroemdste voorbeeld is waarschijnlijk de manier waarop water zich verspreidt door gemalen koffiebonen en daarbij de oplosbare bestanddelen meeneemt die de koffie zijn kleur en smaak geven. Percolatie zorgt ervoor dat de vloeistof aan de andere kant van de gemalen koffie weer vrijkomt. De onderzoekers hebben nu ontdekt dat de volledig verbonden staat waarin een gel zich bevindt, op een soortgelijke manier ontstaat als allerlei andere percolatieverschijnselen in de natuur en scheikunde. Als je ontbijt maakt is de natuurkunde van het koken van een ei hetzelfde als die van het koffiezetten! Het enige verschil: het percolerende netwerk dat zich vormt uit de samenkomende eiwitten is een vaste stof, terwijl het in de koffie bestaat uit vloeibaar water.

De resultaten laten een nieuwe *thermodynamische fase-overgang* zien, naast bekendere fase-overgangen zoals bevriezen (kristalvorming) en verdampen. In de gelvormings-overgang wordt het systeem steeds meer gevangen in de toestand van een groeiend, alles verbindend netwerk—in tegenstelling tot kristalvorming, waar atomen en moleculen een geordend rooster vormen. De uitkomsten, die gebruikt kunnen worden voor allerlei producten in de voedsel- en cosmeticaïndustrie, maar ook in de biologie en nanowetenschappen, hebben vele toepassingen. Zo kunnen de resultaten nuttig zijn voor het ontwikkelen van nieuwe voedselproducten op basis van plantaardige eiwitten, en zo bijdragen aan meer duurzame voeding.

Publicatie

De resultaten van de onderzoekers zijn vorige week gepubliceerd in *Nature Communications*:

J. Rouwhorst, C. Ness, S. Stoyanov, A. Zaccone and P. Schall, [Nonequilibrium continuous phase transition in colloidal gelation with short-range attraction](https://doi.org/10.1038/s41467-020-17353-8), Nature Comm. DOI 10.1038/s41467-020-17353-8 (2020).