

39
NN02963
71230

MAG

1997-07-17 96633

CA

SSU^p

zacht, groen, nat en mooi

(kolloïdkunde in Wagenings perspectief)

door prof. M.A. Cohen Stuart

landbouwniversiteit

ZACHT, GROEN, NAT & MOOI:
kolloïdkunde in Wagenings perspectief

door prof.dr. M.A. Cohen Stuart



Inaugurele rede uitgesproken op 29 mei 1997 bij de
aanvaarding van het ambt van Hoogleraar in de Fysische
Chemie met bijzondere aandacht voor de Kolloïdchemie
aan de Landbouwwuniversiteit Wageningen.

ZACHT, GROEN, NAT & MOOI: kolloïdkunde in Wagenings perspectief.

*Mijnheer de rector,
Dames en heren,*

Vorig jaar verscheen bij Addison & Wesley een boek van een zekere John Horgan met de opmerkelijke titel: "The End of Science" . In dat boek doet Horgan verslag van een groot aantal ontmoetingen en vraaggesprekken met kopstukken uit de wiskunde, filosofie, natuurkunde, scheikunde en biologie, waarin hij de kwestie aan de orde stelt of er nog wel toekomst is voor de rationele zoektocht naar natuurwetten die we wetenschap noemen. Er heerst een zeker fin-de-siecle gevoel; de euforie over de prestaties van de wetenschap en het ermee gediende nationaal prestige dat de naoorlogse decennia kenmerkte lijkt tanende. Zal de wetenschap ooit haar missie voltooid hebben? Weten we nog niet genoeg?

Ik zal vandaag niet proberen op deze vragen een algemeen antwoord te geven. Wel kan ik pogen U uit te leggen wat naar mijn mening in het vakgebied van de kolloïdkunde, waarop mijn leeropdracht betrekking heeft, de centrale concepten en vragen zijn, en wat het toekomstperspectief.

Allereerst: wat zijn kolloïden?

Die is tussen servet en tafellaken! zegt men wel eens. Dat gaat dan over iemand, die net te groot is om nog kind genoemd te worden, maar die nog te klein is om echt bij de groten te horen. Zo iemand hoort dus nergens bij, en is dus niet de moeite waard om je mee bezig te houden. Welnu, kolloïden zijn ook iets tussen servet en tafellaken, en om U dat uit te leggen wil ik graag even Uw gids zijn door de natuurkunde.

De fysica heeft vooral naam gemaakt bij het publiek met

de studie van verschijnselen aan de rand van ons waarnemingsgebied, dat wil zeggen bij heel grote en bij heel kleine afstanden. Ik behoef U maar te herinneren aan Sir Isaac Newton, die in navolging van Galilei hoofdwetten van de mechanica formuleerde - U kent ze ongetwijfeld - met behulp waarvan hij in staat was de banen en snelheden van de planeten uit te rekenen. Dat sprak enorm tot de verbeelding. De astronomie geniet nog immer een grote populariteit, en voor onderzoeken die reiken tot de grenzen van ons heelal getroost de mensheid zich aanzienlijke inspanningen. Het bouwen, lanceren en in conditie houden van de Hubble Ruimte Telescoop is daar een duidelijk voorbeeld van.

Aan het andere eind van de schaal vinden we de pogingen door te dringen tot wereld van extreem kleine dimensies. Ook daar wenkt het mysterie. Van tijd tot tijd berichten de kranten over weer nieuwe, nog elementairdere deeltjes: neutrino's, quarks, supersnaren,... Regeringen tasten diep in de buidel teneinde de bouw mogelijk te maken van steeds grotere en sterkere deeltjesversnellers waarin deeltjes kunnen worden gekraakt om ze te dwingen hun inwendige prijs te geven. In zekere zin is deze zoektocht naar de kleinste bouwstenen van het heelal de uiterste consequentie van het door Demokritos begonnen programma om ogenschijnlijk homogene, structuurloze materie in steeds kleinere stukjes te delen totdat men tenslotte stuit op een niet verder te reduceren structuur van de kleinste korrels waaruit de gehele wereld is opgebouwd.

Deze zoektocht heeft de chemie inmiddels geen wind-eieren gelegd. Het bestaan van atomen en moleculen,

nog tot begin deze eeuw aan debat onderhevig, verschaft een krachtig paradigma waarmee het veranderen van de ene stof in de andere kon worden verklaard. De natuur bleek een grote Legodoos met zo'n 90 verschillende stukjes waaruit volgens betrekkelijk simpele regels miljoenen en miljoenen bouwwerkjes, moleculen genaamd, konden worden gemaakt. De kunst van het construeren van moleculen - de chemische synthese - heeft een enorme vlucht genomen en is de motor achter de chemische industrie.

De natuurkunde bleef intussen bezig met het hoe en waarom van verschijnselen die zich in de wereld van atomen en moleculen af spelen, en poogde verbanden te leggen tussen die microkosmos en wat we waarnemen in onze macrowereld, bijvoorbeeld met het ongewapend oog. Daarbij kwam een belangrijk verschil tussen de micro- en de macrowereld aan het licht.

De microdeeltjes - zeg maar moleculen - zijn voortdurend in beweging. In vloeistoffen en gassen bijvoorbeeld vliegen ze met grote snelheden (gemiddeld al gauw honderden km/uur) door de ruimte en botsen vaak met elkaar, waarbij richting en grootte van de snelheid steeds veranderen. Kortom, het is er een grote janboel. Ook voor deze kleinschalige bewegingen gelden vrijwel dezelfde wetten als die welke Newton voor de planeten hanteerde. De grote wis- en natuurkundige Laplace schijnt in een optimistische bui te hebben geroepen dat wanneer men de mechanische wetten maar zou toepassen op het totaal van deeltjes waaruit de wereld is opgebouwd, de toekomst voorspelbaar zou zijn. In de praktijk leidt dit plan helaas al schipbreuk bij berekeningen waar maar

een paar botsende deeltjes in betrokken worden. De reden is dat voor iets verder in de toekomst gelegen tijdstippen het resultaat van de berekening extreem gevoelig wordt voor de gekozen beginposities en -snelheden van de deeltjes.

Het is Ludwig Boltzmann geweest die erop gewezen heeft dat men voor deze situatie de wiskundige statistiek te hulp kan roepen, en dat gemiddelde grootheden kunnen worden afgeleid voor veel-deeltjes systemen. Op grond van dit inzicht, en dankzij de beschikbaarheid van krachtig rekentuig past men tegenwoordig Newton's bewegingsvergelijkingen, ooit ontworpen voor de hemellichamen, toe op een flink aantal atomen of moleculen teneinde het macroscopisch gedrag van ingewikkelde systemen te voorspellen; deze tak van sport wordt de moleculaire dynamica simulatie genoemd.

Met name het begrip temperatuur heeft dankzij Boltzmann een éénduidige mechanische interpretatie gekregen in termen van gemiddelde bewegingsenergie van de deeltjes. Zo kan men uitrekenen dat bij kamertemperatuur elk deeltje gemiddeld een thermische bewegingsenergie heeft van een miljardste van een miljardste van een miljardste deel van een KWh. Dat lijkt weinig, maar als je als deeltje ook slechts een miljardste van een miljardste van een miljardste kilogram weegt, is het toch nog heel wat. Op grond van de betrekking: kinetische energie = massa x kwadraat van de snelheid, berekent men er een aardige snelheid bij.

U zult echter niet verbaasd zijn dat deze kleine thermische bewegingsenergie niet in staat is het solide meubilair in

deze aula zichtbaar in beweging te brengen, of te concurreren met, bijvoorbeeld, de zwaartekracht die op elk van U werkt. Dat is nu precies dat belangrijke verschil tussen de macro- en de microkosmos waarop ik zo-even doelde. In de macrokosmos doet de thermische beweging er niet toe in vergelijking tot andere invloeden en krachten op lichamen. In de microkosmos is de thermische beweging een belangrijke, en vaak overheersende, medespeler temidden van andere krachten.

Is er ook een tussengebied? Een mesokosmos, een tussen-servet-en-tafellaken, waar de thermische beweging zich nog doet gelden, maar waar ook eigenschappen van de macroscopische wereld nog niet verdwenen zijn? Zo'n gebied is er inderdaad. Het komt in zicht als we moleculen geleidelijk groter en groter maken, dan wel samenbrengen in klontjes materiaal (korreltjes, druppeltjes), en als we er tegelijkertijd voor zorgen dat de krachten tussen de moleculen of klontjes voldoende zwak zijn, zodat de thermische beweging nog een kans heeft. We hebben het dan over het gebied van de koloiden, dat zo'n 140 jaar geleden door Grahame werd omschreven in termen van deeltjesgrootte (zeg tussen één duizendste en één miljoenste millimeter) en dat tegenwoordig weer furore maakt in de natuurkunde, maar dan onder de aanduiding 'mesoscopische fysica' of, vanwege de zwakke krachten tussen de deeltjes, 'zachte materie'. Ik merk overigens op dat het woord 'kolloïden', in weerwil van het jongste spellingsbesluit, met een k dient te worden gespeld vanwege zijn Griekse herkomst.

In deze afbeelding laat ik U het prototype van een kol-

loidaal systeem zien. Ik kies daarvoor een olie-in-water emulsie die bestaat uit kleine druppeltjes olie, gedispergeerd, (dat is: verdeeld) in water. Water heeft hier dus de rol van dispersiemiddel, de olie noemt men gedispergeerde fase. Denk ik mij al die druppeltjes bijeengevoegd tot een grote druppel en vergelijk ik die met de gedispergeerde druppels die ik had, dan valt onmiddellijk op dat hoewel er in beide gevallen een even groot volume aan olie is, er een groot verschil is in olie-water contactoppervlak. De kleine druppeltjes hebben tesamen een enorm oppervlak - correcter: grensvlak. Breng ik twee druppeltjes heel dicht bij elkaar, dan zijn het vooral de moleculen in de beide grensvlakken die elkaar beginnen te voelen; men spreekt in dit verband van 'oppervlaktekrachten' ('surface forces'). Het zal duidelijk zijn dat de samenstelling en eigenschappen van het grensvlak van cruciaal belang zijn voor het gedrag van de kolloiden. Daarom is de studie van kolloiden ten nauwste verweven met de studie van grensvlakken.

Olie en water mengen niet; de moleculen mijden wederzijds contact. Derhalve maken ze het contactoppervlak tussen de beide vloeistoffen zo klein mogelijk. Vrij zwevende druppels, waarop verder geen andere krachten werken nemen daarom de vorm aan met het kleinst mogelijk oppervlak bij gegeven volume, dat is een bol, net als een opgeblazen ballon. Vervormen van de ballon door duwen of trekken brengt altijd een vergroting van het oppervlak met zich mee, en daarvoor moet dan ook een hoeveelheid arbeid verricht worden die evenredig is met de oppervlaktevergroting. De evenredigheidscoëfficiënt heet grensvlak- of oppervlaktespanning. De grensvlakspanning houdt het inwendige van de druppels onder

verhoogde druk, net als het vel van een opgeblazen ballon dat doet, en speelt een belangrijke rol in het gedrag van gasbellen, druppels en vloeistoffilms. Het is de grensvlakspanning die het schuim op Uw pilsje overeind houdt, die stevigheid aan mayonaisse geeft, en die het water uit uw tuinsproeier zo mooi uiteen doet spatten in druppels.

Het grensvlak is een nagenoeg twee-dimensionale wereld, een soort 'platland' met heel speciale eigenschappen. Door de inperking van de derde dimensie zijn vooral grote moleculen er vaak gedwongen standen en vormen aan te nemen die zij in de driedimensionale wereld zouden vermijden. Bijzondere structuren kunnen daarvan het gevolg zijn. In de jaren twintig van deze eeuw bestudeerden Irving Langmuir en Catherine Blodgett monomoleculaire laagjes die zij aanbrachten op de grens tussen water en lucht. Doordat deze moleculen niet weg konden uit platland was het mogelijk ze zijdelings op elkaar te drukken, en ze zo te dwingen fraaie geordende structuren te vormen. Deze methode is nu weer als een vorm van moleculaire manipulatie in zwang gekomen.

Ik besprak zojuist dat olie en water en water contact met elkaar mijden. Vrijwel elk praktisch systeem herbergt echter veel meer verschillende stoffen, en tussen al die componenten bestaan afstotende dan wel aantrekkende wisselwerkingen van verschillende sterkte. Het spel van aantrekking en afstoting leidt ertoe dat sommige moleculen het grensvlak bij uitstek mijden, terwijl andere het juist opzoeken. De neiging om het grensvlak op te zoeken wordt doorgaans aangeduid met adsorptie. Net als grens-

vlakmijndend gedrag een grensvlakspanning oproept, zo leidt adsorptie tot een verlaging van de grensvlakspanning. Door adsorptie verandert dus zowel de vervormbaarheid van de kolloïden als hun patroon van onderlinge aantrekking en afstoting.

Een heel interessante klasse van kolloïdale deeltjes bestaat vrijwel uitsluitend uit grensvlak. Ik bedoel daarmee dat alle moleculen die bij elkaar kruipen tot een kolloïdaal deeltje tegelijk contact met het omringende medium trachten te houden. Zoiets doet zich bijvoorbeeld (maar niet uitsluitend) voor bij zeepmoleculen in water. Die keren hun waterminnende deel naar het water en hun watermijndend deel naar elkaar, en zo ontstaat een associaat. Al naar de vorm van de moleculen en de omstandigheden (temperatuur, concentratie) kan dat associaat o.a. een bol-, staaf-, worm-, of velvorm aannemen. Een 'artist impression' van een bolvormig micel, waarvan enkele moleculen zichtbaar zijn gemaakt geeft de volgende afbeelding. De waterminnende delen zijn hier rood aangegeven. Anders dan bij druppels is voor associatiekolloïden de bolvorm niet de favoriet bij uitstek, omdat per deelnemend molecuul zowel volume als oppervlak een optimale waarde moeten hebben.

Zeer grote moleculen (macromoleculen) mag men ook tot de kolloïden rekenen, al zijn ze niet te beschouwen als moleculaire associaten. Het is vooral Staudinger geweest, die tegen de autoriteit van kolloïdchemicus Ostwald in, het standpunt innam dat het mogelijk was zeer grote moleculen te maken door veel (poly) kleine eenheden (meren) chemisch met elkaar te verbinden tot lange ketens. De synthese van deze polymeren werd een

geheel nieuwe en zeer succesvolle tak van de chemie. Moeder natuur had het concept echter allang door: tal van voor het leven essentiële stoffen (eiwitten, nucleïezuren, zetmeel, cellulose,...) zijn macromoleculair. Eiwitten hebben iets gemeen met associatiekolloïden omdat ze ook waterminnende en watermijdende delen hebben. De keten van aminozuren waaruit ze bestaan moet daarom zo gevouwen en samengetrokken worden dat de watermijdende gedeelten binnenin zitten, en de waterminnende aan de buitenkant. Als daarentegen alle delen van een keten waterminnend zijn, bestaat deze neiging tot samentrekken niet en neemt het macromolecuul een gezwollen vorm aan; de warmtebeweging schudt de keten door elkaar tot een wanordelijke kluwen, die min of meer bolvormig is.

Alle tot dusver genoemde kolloïdale deeltjes hadden met elkaar gemeen dat ze door betrekkelijk zwakke krachten vervormd kunnen worden, als meer of minder slappe ballonnen. Je zou ze dan ook 'zachte kolloïden' kunnen noemen. Er zijn natuurlijk ook kolloïdale deeltjes bestaande uit kristallijne of glasachtige materialen, die vrijwel niet vervormd kunnen worden; die zou je 'harde' kolloïden kunnen noemen.

In de afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan aan zulke 'harde' kolloïden. Op allerlei manieren zijn de wisselwerkingen berekend en gemeten tussen de deeltjes. Ingewikkelder, maar ook interessantere systemen ontstaan wanneer verschillende soorten kolloïden bij elkaar worden gevoegd tot meervoudige kolloïden. Een ragfijn spel van aantrekking, afstoting, vervorming en thermische beweging levert dan allerlei complexe geval-

len op. Een voorbeeld daarvan is de combinatie van een hard kolloid met een zeer zacht: polymeren die wanordelijke kluwens vormen in vrije toestand worden bij aantrekking door een oppervlak al gauw geheel plat getrokken. Ze willen kennelijk graag in platland wonen maar daarvoor moeten ze zelf ook plat worden. Als het echter voller wordt in platland, zodat er niet voldoende oppervlak beschikbaar meer is dan keren ze gedeeltelijk terug naar de derde dimensie door lussen en staarten te vormen. Aan het thema 'ketens aan een oppervlak' werd en wordt in onze groep baanbrekend theoretisch en experimenteel werk gedaan.

Een ander thema waaraan naar ik hoop meer aandacht besteed kan worden is "macromoleculen en associatie-kolloïden". Ik geef U daarvan ook een voorbeeld. Men kan tegenwoordig polymeren maken met een oplosbaar en een onoplosbaar stuk, z.g. blok-copolymeren. Breng ik die in een oplosmiddel, dan zullen de onoplosbare stukken zich uit de oplossing willen afscheiden, net als olie uit water. De oplosbare stukken verhinderen dit, en daarom ontstaat ook hier een associaat of micel. Voegen we aan een oplossing die zulke micellen bevat nog weer een oplosbaar polymeer toe, dan scheidt het gehele systeem zich in twee fasen, één met veel micellen, en één met weinig micellen. Het verschijnsel fasenscheiding herhaalt zich hier dus op een hoger, mesoscopisch niveau. Onder geschikte omstandigheden is er veel overeenkomst met de afscheiding van vloeistof uit verzadigde damp, dat U als 'condensvorming' wel kent. Of de 'mesoscopische vloeistof' op een oppervlak ook 'beslaat' zoals Uw adem op een koude ruit weten we niet goed; ik zou dat graag eens nader bestuderen. Met

behulp van een geschikt te kiezen macromolecuul moet het zelfs mogelijk zijn druppeltjes van de kolloidale vloeistof tegen samenvloeien te beschermen, waardoor op een nieuwe lengteschaal weer een nieuw mesoscopisch systeem ontstaat.

Voor het vergaren van kennis over kolloiden zijn we aangewezen op waarnemingen. Het waarnemen van kolloidale deeltjes en het bepalen van de krachten die ze op elkaar uitoefenen is echter geen sinecure. Met een gewone microscoop kun je wel een eindje komen: je kunt er deeltjes van één micrometer, dat is een duizendste millimeter, nog juist in zien, al kun je van hun vorm niet veel zeggen. Het is ook mogelijk de thermische beweging van zulke deeltjes te zien, iets dat in 1827 al door de botanicus Robert Brown was ontdekt! Brown concludeerde na uitvoerige proeven dat de beweging geen exclusieve eigenschap was van levende substantie, al werd in zijn tijd wel van 'vis vivendi' gesproken. Te zijner ere spreken we nog altijd van Brownse beweging. In de jaren twintig van onze eeuw maakte Perrin gebruik van een gewone microscoop om via de Brownse beweging als eerste de kinetische energie van vloeistofmoleculen te meten en zo hun massa te bepalen.

Ook voor het bestuderen van oppervlakken is zichtbaar licht prima geschikt, tenminste als je handig gebruikt maakt van wat er gebeurt bij de weerkaatsing. Licht is een transversale golf, d.w.z. dat er sprake is van trillingen in alle richtingen die loodrecht op de voortplantingsrichting staan. Licht waarvan de trillingsrichting is vastgelegd heet gepolariseerd. Bij weerkaatsing van licht maakt het uit in welke richting het opvallende licht is

gepolariseerd. Er is een speciale hoek van inval, de Brewster hoek, waar uitsluitend evenwijdig aan het spiegelend oppervlak gepolariseerd licht wordt weerkaatst. Een schoon wateroppervlak werkt onder die condities dus als een polaroid bril die al het licht met de verkeerde polarisatie tegenhoudt. In een Brewsterhoek microscoop wordt daarvan gebruik gemaakt door de invallende polarisatie 'verkeerd' te kiezen; het schone wateroppervlak verschijnt dan als donkere achtergrond in het beeld. In het oppervlak gebrachte moleculaire films lichten echter op met een helderheid die groter wordt als er meer moleculen zitten. Op die manier zijn recentelijk tal van monomoleculaire films bestudeerd en het blijkt dat die verrassende structuren vertonen. Ik laat U hier een voorbeeld zien opgenomen met een recentelijk door ons gebouwde microscoop. De ronde schijfjes zijn een paar honderdste millimeter in doorsnee maar slechts een miljoenste millimeter dik. Het verschijnen en verdwijnen van dit soort structuren kan prachtig gefilmd worden.

Veel kolloidale deeltjes zijn aanzienlijk kleiner dan 1 micrometer. Je kunt dan verder komen met een electronen-microscoop; deeltjes van ca een honderdste micrometer zijn dan nog te zien. Het grote nadeel is dat de electronen-straal waarmee de microscoop 'kijkt' een heel diep vacuum vereist. Het is dus onmogelijk om naar deeltjes te kijken die zich in een vluchtige vloeistof bevinden. Vorm en grootte van allerlei stabiele deeltjes kun je er echter prachtig mee zien; ik toon U als voorbeeld naaldjes die bestaan uit aluminiumoxide. Ze werden vervaardigd in de groep van professor Philipse in Utrecht en zijn zo'n halve micrometer lang en slechts een honderdste

micrometer dik.

Een grote en recente stap vooruit is de komst van wat in het engels 'scanning probe microscopy' wordt genoemd en dat ik hier vertaal met 'aftastmicroscopie'. Hierbij beweegt zich een buitengewoon fijn puntje heen en weer over een te bestuderen oppervlak. De beweging wordt opgewekt door speciale materialen die onder invloed van een elektrische spanning een heel klein beetje uitzetten of inkrimpen, zg. piezo-electrische materialen. Het is daarmee mogelijk verplaatsingen kleiner dan een atoomdiameter (een miljardste deel van een centimeter) te realiseren. Het fijne puntje registreert een lokale eigenschap van het substraat, bijvoorbeeld de hoogte, met eveneens atomaire precisie, en zo ontstaat een 'kaart' van het afgetaste oppervlak waarop minieme details zichtbaar zijn. Ik laat U hier als voorbeeld een 'plaatje' zien dat in ons eigen laboratorium werd opgenomen en dat de spontane vorming van heel ondiepe kuilen in een dunne film van een speciaal polymeer laat zien. De hoogteverschillen tussen 'kuilen' en 'maaiveld' worden hier sterk vergroot weergegeven; ze zijn niet dieper dan een miljoenste millimeter en daarmee honderden malen kleiner dan de breedte van de kuilen. Niet alleen is de 'vergrotingsfactor' van deze methode ongeëvenaard, ook kun je er prachtig mee naar oppervlakken kijken, en dat is nu juist wat nodig is voor de kolloïdkunde.

Het zojuist getoonde resultaat werd verkregen met de 'atomic force microscope', dat is een aftastmicroscop die krachten meet aan de hand van de doorbuiging van een miniatuur veer. Met diezelfde veer kunnen dus ook krachten tussen kolloïdale deeltjes rechtstreeks gemeten

worden, als je erin slaagt de deeltjes aan de veer te bevestigen. Als je een handige promovendus hebt is dat te doen, en je krijgt dan iets wat er uitziet als op deze foto. Zoals U zult begrijpen openen zich nu tal van perspectieven om -zeg maar - mesoscopische, ja zelfs moleculaire krachten rechtstreeks te meten, maar ook om kolloidale objecten (en zelfs atomen!) te manipuleren.

Hoe staat het vakgebied der kolloïdkunde er inmiddels voor? In zekere zin kun je zeggen dat het is herontdekt. Gedurende decennia was het laatste gezaghebbende leerboek dat erover verscheen dat van Kruyt en Overbeek uit 1952. Daarna was het een tijd stil geworden. Niet dat er niets meer gebeurde, natuurlijk, maar de aandacht ging toch meer uit naar de spectaculaire ontwikkelingen in bijvoorbeeld de spectroscopie, de polymeren, de moleculaire genetika en de micro-electronica. Nu zijn kolloïden terug van weggeweest. Diverse leerboeken verschenen de laatste paar jaar; aan een omvangrijk handboek wordt door mijn voorganger Lyklema ijverig gewerkt. Eén leerboek is heel toepasselijk getiteld: *The Colloidal Domain, where chemistry, physics, biology, and technology meet*".

Juist deze integrerende plaats wakkert de interesse van de industrie aan. Een groot Duits bedrijf bracht een prachtige brochure uit onder de titel "Vorstoss in die Nanowelt" aan het omslag waarvan ik dit plaatje ontleen. Het voorvoegsel 'nano' verwijst ook weer naar de geringe afmetingen van de beschouwde objecten. Eén onzer promovendi had - eveneens in Duitsland - daverend succes met zijn "Mini Partikel Show". De universiteiten van o.a. Groningen en Utrecht mikken op "nano-

technologie" en aan kranteberichten over "nanodeeltjes", "nanolithografie", "nanocomposieten" is geen gebrek. Chemici gebruiken kolloidale druppeltjes als 'micro-reactor' om meer controle te krijgen over hun product. De aandacht voor oppervlakken heeft door de komst van de aftastmicroscopie een flinke duw gekregen. Ja, het leven zelf is volgens de theorie van Günther Wächtershäuser (onlangs nog spreker te Wageningen) ontstaan op het oppervlak van het mineraal pyriet, en daarmee een oppervlakteverschijnsel. Een belangrijke gebeurtenis voor het vakgebied was de toekenning van de Nobelprijs in de natuurkunde aan Pierre Gilles de Gennes in 1991. Deze theoretisch fysicus heeft tal van vernieuwende en scherpzinnige bijdragen geleverd aan ons begrip van grensvlakken en kolloiden. Daarmee maakte hij het door fysici wat verwaarloosde vakgebied van de 'complex fluids' - wel eens aangeduid met 'dirty physics' - weer vertrouwd en respectabel.

Tegenwoordig is 'zachte materie' bij uitstek populair in de natuurkunde; het was zelfs gedurende enkele jaren een 'speerpuntactiviteit' van FOM, de natuurkunde-afdeling van NWO. Als uitvloeisel daarvan deed een nieuwe stijl van redeneren zijn intree die de natuurkunde eigen is. De fysicus L.M. Krauss geeft daar in "Het geheim van de Natuurkunde" een aardige kenschets van met de volgende anecdote. Een melkveebedrijf rendeerde de niet goed; de opbrengst bleef achter bij de verwachtingen. Drie deskundigen werden geraadpleegd: een econoom, een psycholoog en een fysicus. Eerst inspecteerden ze het bedrijf. De econoom stelde daarna voor meer koeien per stal te plaatsen en een grotere tankwagen voor het melkvervoer aan te schaffen. De kosten

zouden dan dalen. De psycholoog opperde om de stallen inwendig groen te schilderen; dat zou de koeien stimuleren meer melk te geven. De fysicus was het laatst aan de beurt. Hij tekende eerst een cirkel in het zand en begon: "laten we eens aannemen dat een koe een bol is...". Inderdaad kun je, ook als je niets van koeien weet, toch al het een en ander concluderen door het object één karakteristieke lengte (de straal van de bolkoe) toe te kennen. Betrekkingen op deze wijze verkregen noemt men wel schaalrelaties, en die vormen een nuttig hulpmiddel in de zoektocht door onbekende systemen. En zo brengt de bolkoe mij tevens bij het laatste deel van mijn betoog.

Wat betekent een en ander voor onze universiteit? Ook Wageningen is, zo heb ik in de afgelopen 20 jaar mogen ervaren, een plaats bij uitstek waar de disciplines elkaar ontmoeten: "where chemistry, physics, biology, and technology meet". Heel wat van ons zijn, zonder dat zo te benoemen, bezig met zachte materie. Laten wij bijvoorbeeld de levende cel bezien. Een cel is niet een structuurloze 'soep' waarin alle moleculen die bij de levensprocessen betrokken zijn rondzwemmen. Een cel is een georganiseerd geheel, met compartimenten waar processen plaats vinden. Zo wordt de cel van de buitenwereld afgesloten door een heel dun celmembraan. Dat is een vlies dat gevormd wordt door een dubbellaag van fosfolipid-moleculen, met daarin opgehangen tal van eiwitten met allerlei specifieke functies. Binnen in de cel vinden we nog meer membraansystemen, vaak met een geplooid structuur, waar zich processen als eiwitsynthese en energieconversie afspelen. U ziet hier bijvoorbeeld een z.g. mitochondrium van ongeveer een micrometer

groot; daarin vinden de oxidatieprocessen plaats die de cel aan zijn energiedragers helpen. Een ander voorbeeld is de celkern die in eukariotische cellen het erfelijk materiaal bevat. De hele machinerie van deze complexe chemische fabriek bestaat uit overwegend grote tot zeer grote moleculen dan wel moleculaire associaten die men onder de kolloidale deeltjes moet rekenen. In de cellen is het propvol, zodat de verschillende deeltjes elkaar in de weg zitten, en een subtiel samengaan van repulsie en attractie bepaalt hoe de cel-inhoud zich organiseert. Bij celdelingen bijvoorbeeld moet de celinhoud netjes over de dochtercellen verdeeld worden.

Vragen als: hoe blijven de moleculen van het celmembraan bij elkaar? Hoe passeren voedings-, afval- en signaalstoffen dit membraan? Hoe komt beweging in de cel tot stand? Wat bepaalt het gedrag van erfelijk materiaal? Welke rol speelt de temperatuur? Wat gebeurt er bij het verwarmen van enzymen? houden de fysicus en de chemicus evenzeer bezig als de bioloog.

Vrijwel al onze levensmiddelen zijn afgeleid van levende organismen, en bevatten componenten van biologische oorsprong. Levensmiddelen vormen daarom evenzeer een klasse van zachte materie waarvan in Wageningen veel specifieke kennis aanwezig is.

Tenslotte zijn er de anorganische kolloïden zoals kleideeltjes waar de bodemkunde zich mee bezig houdt, zwavelbolletjes, uitgescheiden door zwavelreducerende bacteriën, etc...

Door alle variatie heen is er één gemeenschappelijk

kenmerk: voor Wageningse zachte materie is water het unieke en universele dispersiemiddel. Met andere woorden, Wageningse zachte materie is natte zachte materie. En vanwege het duurzaamheidsbeginsel dat onze Universiteit onderschrijft kun je spreken van 'zachte, groene, natte materie'.

Natte zachte materie is dus het onderwerp bij uitstek dat ik als uitdaging voor de toekomst zie, zowel in onderzoek als in onderwijs. Daarbij zal meer aandacht uitgaan naar systemen uit evenwicht en naar de snelheid van processen in kolloidale systemen zoals adsorptie, aggregatie, coalescentie en nucleatie. Waar mogelijk zullen nieuwe meettechnieken worden ontwikkeld en benut. Ik zal pogen niet alleen verder te bouwen aan de fundamenteën van de kolloidkunde, maar ook de dialoog en de samenwerking met collega's in aangrenzende vakgebieden aangaan dan wel voortzetten om de weg van beginsel naar toepassing te helpen plaveien.

Het zal U duidelijk zijn dat ik de twijfels en zorgen van John Horgan althans voor de kolloidkunde niet deel. Daarbij komt dat ik het voorrecht heb te mogen bouwen op een aantal heel goede fundamenteën. Een daarvan is de toonaangevende positie van de Nederlandse fysische chemie, in het bijzonder de kolloidkunde, in de wereld. Een tweede is het voortreffelijke werk van mijn voorgangers Hans Lyklema en Bert Bijsterbosch. Het derde fundament is een getalenteerde en enthousiaste groep mensen die samen de leerstoelgroep fysische en kolloidchemie vormen. Samen met deze mensen aan het vakgebied te mogen werken is een lokkend perspectief. Eén collega en vriend moet ik missen: Jan Scheutjens.

De samenwerking met hem tijdens en na ons beider promotieonderzoek herinner ik mij als één van de meest inspirerende perioden uit mijn loopbaan. Was hij niet in 1992 omgekomen, dan is mijn overtuiging dat hij hier vandaag had moeten staan en niet ik.

‘Beauty is in the eye of the beholder’, ik geef het gaarne toe maar de kolloïdkunde vind ik een prachtig vakgebied. Er is een boekje van Leo Vroman waarin hij vertelt over zijn leven en beleven als biochemicus in en buiten het laboratorium, en over zijn onderzoek naar oppervlakteprocessen verband houdend met het stollen van bloed. Het is getiteld “ Warm, rood, nat & lief”. Met een variant hierop eindig ik met een motto dat uitdrukt wat kolloïdkunde in Wageningen kan zijn: “Zacht, groen, nat & mooi”.

Ik heb gezegd.