

EEN FYSICO-CHEMICUS AAN HET WERK

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN
HET AMBT VAN HOOGLEERAAR IN DE
FYSISCHE EN KOLLOIDCHEMIE AAN DE
LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN

OP 31 JANUARI 1963

DOOR

Dr. J. LYKLEMA



H. VEENMAN & ZONEN N.V. - WAGENINGEN

*Mijne Heren, leden van het Bestuur der
Landbouwhogeschool,
Dames en Heren Hoogleraren,
Dames en Heren Lectoren, Docenten en
Leden van de Wetenschappelijke Staf,
Dames en Heren Studenten,
en voorts gij allen die door Uw aanwezig-
heid van Uw belangstelling blijf geest,*

Zeer gewaardeerde toehoorders,

De geschiedenis der natuurwetenschappen is ruim bedeeld met anekdoten, waarin verhaald wordt hoe toevallige waarnemingen of gebeurtenissen geleid hebben tot frappante nieuwe ontwikkelingen. De historische betrouwbaarheid van vele dezer geschiedenissen mogen aanvechtbaar zijn, betekenis kunnen zij nochtans hebben omdat dikwijls licht geworpen wordt op de responsie van de menselijke geest op het natuurverschijnsel en de begripontwikkeling die daaruit kan groeien.

De fundamentele natuuronderzoeker is als een detective, op zoek naar de principes achter de door hem waargenomen feiten. De voorlopige interpretatie van deze feiten kan worden neergelegd in de vorm van een theorie. Anders gezegd: een theorie is een parafrase van het door de onderzoeker vermoede principe. De identiteit van zo'n theorie en het gezochte principe wordt waarschijnlijker naarmate meer feiten door deze theorie gedekt blijken te worden. „Feiten” zijn hier de aan het experiment ontleende gegevens; de natuur is bereid de gevraagde informatie naar behoefte te verstrekken mits zij door de detective op behoorlijke wijze ondervraagd wordt, m.a.w. mits het experiment op de juiste wijze wordt uitgevoerd. Indien de onderzoeker door dit vraag- en antwoordspel vorderingen maakt en zijn kennis en parafrase mogelijkheden verdiept, zou het kunnen gebeuren, dat hij, al dan niet door een toevallige gebeurtenis, een ingeving krijgt en plotseling verband gaat zien tussen tot dan toe ongecorrigeerde feiten. Deze ingeving kan dan het onderwerp worden van een anekdote — onder voorbijzien van de veel minder spectaculaire voorgeschiedenis en uitwerking. — Toch kan de gestage, gedegen tredgang van het stelselmatig overwinnen van problemen en moeilijkheden niet gemist worden in het proces dat begint bij het verkennen der natuur, en dat via herkennen en kennen leidt tot beheersing. Zonder een behoorlijke uitwerking,

zonder een eerlijke confrontatie met alle vaststaande feiten blijft elk nieuwe idee steken op het niveau van de onbewezen speculatie.

Een goed idee bergt dikwijls een element van vanzelfsprekendheid in zich, het is soms zó vanzelfsprekend, dat het onvoorstelbaar is dat de vondst niet veel eerder gedaan werd. In zulke gevallen betekent de vondst dikwijls tegelijkertijd het stellen van een vraag en het geven van het antwoord. Zo vinden wij het logisch, dat er zoiets bestaat als verwarming, een gloeilamp, een lucifer, een wiel, of de mens zelve. Toch heeft deze mens duizenden jaren nodig gehad om tot genoemde eenvoudige artikelen te komen; de natuur heeft een slordige miljoen jaar besteed aan de evolutie vanaf de meest verwante vertebraat tot de huidige homo sapiens.

Het eindproduct van een begripsontwikkelingsreeks kan derhalve gezien worden als de geconsolideerde uitkomst van een gestage evolutie, waarop hier en daar een spectaculaire impuls gesuperponeerd. De wijze waarop deze componenten ineengrijpen en hun relatieve gewicht kunnen illustratief zijn voor de werkmethoden in de natuurwetenschappelijke sector in het algemeen, doch ook voor de samenhang en contrasten tussen verschillende vakgebieden. (Men denke bijvoorbeeld aan de uiteenlopende strictheidseisen gesteld aan het experiment door de natuurkunde, de biologie of de medische wetenschap). Een analyse van de totstandkoming en realisering van ontdekkingen, ideeën en speculaties kan daarom nuttig blijken voor het verhelderen van het wederzijds begrip tussen uiteenlopende terreinen van natuurwetenschappelijk speurwerk. Het is mijn bedoeling hier enkele ogenblikken bij stil te staan, daarbij de positie der fysische en kolloïdchemie tussen andere vakgebieden — de landbouwwetenschap in het bijzonder — accentuerend. Aan de hand van een viertal voorbeelden zou ik het gedachtenspel van de fysico-chemicus willen analyseren, teneinde aldus de dimensies van het vak te peilen.

Zoekend naar voorbeelden die de spectaculaire ontwikkeling van een nieuwe theorie of gedachte anekdotisch zouden kunnen illustreren komen we als vanzelf op het schoolvoorbeeld: NEWTON zou op het idee van de gravitatie gekomen zijn door een appel, die uit een boom op zijn hoofd viel. Toeval? Stellig niet: tallozen zullen voordien even hardhandig met de zwaartekracht kennis gemaakt hebben; ondanks Jan van Schaffelaar werd de beroemde wet niet in Barneveld uitgevonden.

Hoewel deze anekdote direct aanspreekt en snel verteld is, moet de eigenlijke geschiedenis nog verhaald worden: immers volgt de mathematische formulering van het principe geenszins uit het feit *an sich* dat een appel valt; evenmin kwamen NEWTON's hydrodynamica en fluxietheorie zo maar uit de lucht vallen. Daar deze onderwerpen buiten het terrein der fysische chemie vallen, zou ik

willen volstaan met de conclusie dat de vonk van het genie in de ontwikkeling niet gemist kon worden.

Als tweede, actueler voorbeeld kan de anesthesie theorie van de Nobelprijswinnaar voor Natuurkunde, PAULING, dienst doen. Wat bracht deze bekende atoomgeleerde ertoe, zich op medisch terrein te begeven, en daar een belangrijke theorie te lanceren? Het antwoord luidt, dat PAULING geïntrigeerd werd door het onverwachte feit dat het edelgas xenon anesthesische eigenschappen bleek te bezitten en om die reden in ziekenhuizen toepassing vond. Nu is xenon bepaald geen reactief gas. Tot voor kort gold het zelfs als volkomen inert. Zeer onlangs werden echter enkele stabiele xenonverbindingen, zoals xenontetrafluoride, XeF_4 of xenonplatinafluoride, $XePtF_6$ gesynthetiseerd. Zulke verbindingen kunnen in het lichaam niet gevormd worden, zodat een chemische reactie nooit de fysiologische activiteit van het xenon kan verklaren. Wat is de verklaring dan?

Deze vraag werd stellig niet alleen door PAULING gesteld; men mag vermoeden, dat, hoevelen ook stilzwijgend aan deze onwaarschijnlijkheid voorbijgegaan zullen zijn, toch ook onderzoekers zich de hier geformuleerde problematiek wel degelijk realiseerden evenwel zonder een bevredigende verklaring te produceren. PAULING postuleerde nu, dat er een insluitverbinding zou ontstaan tussen het xenon en die eiwitmolekelen in de hersenen die het bewustzijnsmechanisme reguleren; deze insluitverbinding zou de bewuste eiwitmolekelen immobiliseren en daardoor tijdelijk ongeschikt maken voor hun fysiologische taak. De krachten die voor de vorming dezer insluitverbindingen verantwoordelijk zijn, zijn vanderwaalskrachten; het *chemisch* vrijwel inerte xenon kan dus *fysiologisch* actief zijn door een *fysisch* krachtenspel.

PAULING's theorie berust — behalve op het „zien” en „doorzien” van het probleem — op een actieve kennis van een aantal zeer uiteenlopende literatuurartikelen, handelend over gashydraten, röntgenanalytische structuurbepaling, anesthesie, vanderwaalskrachten en vloeistofstructuur, onderwerpen die elk voor zich al een aparte wetenschap geworden zijn. Het beheersen van dit zo omvangrijke literatuurgebied was een *conditio sine qua non* voor het beantwoorden van de gestelde vraag. Een ingeving kan meestal slechts kristalliseren tot een levensvatbare ontdekking als hij gevoed en gesteund wordt door ervaring, vóórdien opgedaan.

PAULING's theorie is van recente datum, en zeker nog niet algemeen geaccepteerd. Er zijn andere concurrerende anesthesie theorieën, zoals de oplosbaarheidstheorie, die stelt, dat het verdovende middel in de lipiden van de hersenen zou oplossen. Het is aan PAULING de levensvatbaarheid van zijn idee te bewijzen; o.a. zal hij het parallelisme tussen de *in vitro*-eigenschappen der gepostuleerde ver-

bindingen en de fysiologische effecten overtuigend moeten aantonen. Zulk een experimentele bewijsvoering zou nog tot onverwachte resultaten kunnen leiden. Zo zou men kunnen speculeren, dat, omdat gashydraten bij zekere temperatuur smelten, en gesteld de juistheid van PAULING's theorie ook de verdovende werking temperatuurafhankelijk zal blijken, zodat een goudvis in een koude kom een verlaagd bewustzijn zou moeten hebben of dat koortsige personen moeilijk verdoofd kunnen worden met xenon. Voorlopig zijn deze vragen en hun eventuele antwoorden van alle realiteit verstoken en mag men ze ad acta leggen met een „reductio ad absurdum”.

Het voorbeeld van PAULING's anesthesie theorie met de daarbij behorende experimenten verenigt talrijke basis elementen van een goed gevoerd natuurwetenschappelijk onderzoek onder één dak tezamen: vakkennis, theoretische en experimentele vaardigheid, fantasie, belangstelling, om er slechts enkele te noemen. Deze elementen werden door één briljante geleerde gecombineerd tot een nieuwe conceptie. Het is slechts aan weinigen gegeven een dergelijk uitgestrekt vakgebied duidelijk te overzien; niet iedereen is een NEWTON of een PAULING. In soortgelijke gevallen waar toch belangrijke kwesties op afdoening wachten, zou een goed gecoördineerd team van onderzoekers de remplaçant van de universele geleerde kunnen worden. Een fysicus, chemicus, bioloog en medicus zouden *samen* tot dezelfde anesthesie theorie kunnen komen, mits zij elkaars inzichten verstaan, met andere woorden: mits zij voldoende harmonisch samenwerken om op wetenschappelijk niveau met vrucht te kunnen communiceren. Het vakgebied dat elk dezer vier teamleden moet beheersen zou door deze vorm van coördinatie gereduceerd kunnen worden tot ca. $\frac{1}{3}$ deel van het door PAULING bestreken; overwegend, dat $\frac{1}{4}$ deel ontoereikend zou kunnen zijn: juist het overlappen in de grensgebieden is voor de samenwerking van doorslaggevende betekenis.

Gesteld dat het zojuist gecreëerde team met succes werkt en inderdaad het anesthesieprobleem volledig op kan lossen, dan is dus een medisch probleem opgehelderd, mede door toedoen van een chemicus. Uiteraard zal de medicus met deze oplossing zeer tevreden zijn en het verkregen inzicht trachten uit te buiten op nevenproblemen, zoals bijvoorbeeld de efficiëntie van een verdoving, zijn tijdsduur en eventuele fysiologische consequenties, allemaal kwesties van direct praktisch belang. De bevrediging van de chemicus is echter niet minder groot: hij heeft immers onvermoede verbanden en toepassingsmogelijkheden ontdekt en daardoor de perspectieven van zijn vakbeoefening aan relief doen winnen.

Dit aspect van de teamvorming tussen verschillend ingestelde onderzoekers leidt ons als vanzelf naar de orde van samenwerking die

tussen de landbouwkundige en de chemicus behoort te bestaan. Hoevele malen immers zal een landbouwkundige bij zijn speurwerk bewust of onbewust stoten op een chemisch probleem! De teamvorming is dan de beste weg naar de oplossing. Bij deze teamvorming trachten de leden hun gedachten te formuleren in wederzijds begrijpbare taal. Als regel zullen echter beide partijen hun individualiteit behouden: het is ondoenlijk voor de landbouwkundige zich in alle details van de scheikunde te verdiepen — en omgekeerd. — Dit zou duplicering van ervaring betekenen en inefficiënt zijn, en mag m.i. slechts verantwoord geacht worden in speciale gevallen, bijvoorbeeld wanneer de chemicus als vrucht van eigen onderzoekingen tot een landbouwkundige toepassing komt die qua karakter niet aansluit bij lopende onderzoekingen. Het meest gewenst is, dat de chemicus chemicus blijft, en zich op chemisch gebied verder bekwaamt, doch in contact blijft met de landbouwproblemen in de verwachting dat eventuele diensten die hij daar kan verlenen tevens een wederdienst impliceren, namelijk de honorering van zijn kennis en ervaring. Aldus kunnen de beide vakken in hun individualiteit coëxisteren en wordt de betekenis van fundamenteel onderzoek aan de Landbouwhogeschool onderstreept. Het zij in dit verband opgemerkt hoe vele malen TENDELOO hieraan gestalte gegeven heeft door verschillende onderzoekingen af te stemmen op de kolloïdchemische aspecten van het natuurgebeuren.

Na deze analyse van de behandelingsmethode en begripsvorming rond het anesthesieprobleem terugkerend naar de fysische en kolloïdchemie, zou ik als derde voorbeeld een onderwerp uit de grensvlakscheikunde willen kiezen, namelijk het bevochtigingsprobleem. Daar ik geen populariserende geschiedenis heb kunnen vinden, passend in de door mij geplande gedachtengang, ben ik zo vrij geweest er zelf een te verzinnen, daarbij uitdrukkelijk stellend, dat dit verhaal slechts bij wijze van introductie dienst doet: de chemie is niet gebaat bij een toenemende romantisering.

De hoofdpersoon van de anekdote, de Heer YOUNG, was research-leider op een regenjassenfabriek, en zijn voornaamste opgave was het waterdicht maken van weefsels. Het spreekt vanzelf, dat op het bedrijfslaboratorium talrijke impregneermiddelen werden beproefd, waarbij telkens de meest bevredigende toegepast werd. Door het aanbrengen van produktievariëaties en het beproeven van nieuwe stoffen kon de kwaliteit van dit produkt geregeld worden opgevoerd. Het pleitte voor de instelling van de Heer YOUNG, dat hij niet tevreden was met de empirische wijze waarop het onderzoek zich voltrok, doch zich telkens weer afvroeg hoe het kwam, dat sommige stoffen water gemakkelijk opnemen, terwijl andere water schijnen af te stoten.

Aldus in gedachten verdiept, liep de Heer YOUNG op een regenachtige herfstdag door het bos huiswaarts. Alles in het bos scheen belast en beladen met vocht. De stammen der bomen, de bladéren, het zand, alles. Mijmerend over het niet nodig zijn van regenjasen voor in het wild levende dieren viel het YOUNG plotseling op, dat het regenwater in spinnewebben als kleine druppels bleef zitten, en zich niet gelijkmatig over het ragfijne draad verspreidde. Een spinneweb is „vettig”, net als een eend, de vuile voorruit van een auto of pas geïmpregneerd tentdoek. De vraag waarom druppeltjes op zo'n vette ondergrond een afgeronde vorm hebben, is gemakkelijk te beantwoorden. In het oppervlak van het water heerst immers een oppervlaktespanning, die tracht dit oppervlak zo klein mogelijk te maken; de bolvorm heeft bij gegeven volume het kleinste oppervlak. Problematisch wordt dan, waarom water niet *altijd* als afgeronde druppeltjes op een ondergrond plaats neemt, doch in vele gevallen uitvloeit tot een dunne gespreide laag, ondanks de oppervlaktespanning dit dit spreidproces toch kennelijk tegenwerkt. Het lijkt wel alsof er ergens nog een andere kracht aan het werk is, die soms wél groot genoeg is om de oppervlaktespanning van water te compenseren, en soms niet. Maar wat voor kracht is dat dan?

Op de sombere herfstmiddag ging plotseling een helder licht op in het mijmerend gemoed van de Heer YOUNG. Hij realiseerde zich eensklaps dat het door hem bestudeerde systeem „druppel op ondergrond” in feite een driefasensysteem was, opgebouwd uit de drie fasen water, lucht en ondergrond. Deze drie fasen bezitten drie onderlinge grensvlakken, elk gekarakteriseerd door een grensvlakspanning die tracht juist dat grensvlak zo klein mogelijk te maken. Gegeven een zekere hoeveelheid stof, kunnen deze drie krachten nooit alle drie tegelijk hun zin krijgen: oppervlaktevermindering van een der fasegrenzen leidt automatisch tot vergroting van de andere. Het hangt dus van de onderlinge krachtsverhouding af welke van de grensvlakken groot is, en welke klein. Is bijvoorbeeld de oppervlaktespanning van het water relatief groot, dan zal déze oppervlaktespanning de druppel in een afgeronde vorm dwingen en neemt men waar dat de druppel niet door de ondergrond wordt bevochtigd, zoals dauwdruppels in een spinneweb. Een soortgelijke redenering kan verklaren hoe, bij een andere krachtsverdeling spreiding van de druppel over de ondergrond kan optreden.

YOUNG's oplossing van het bevochtigingsvraagstuk is bekoorlijk wegens zijn eenvoud (slechts drie krachten) en harmonie (alle drie krachten zijn van hetzelfde soort). De essentie van YOUNG's bijdrage is deze harmonie te onderkennen, te zien dat de bevochtiging van water op een ondergrond slechts een speciaal geval is van het algemenere probleem: de relatieve onderlinge bevochtiging in een driefasensysteem, waarin de aggregatietoestand der participerende fasen

irrelevant is: met kwik als ondergrond, en water en benzeen als bevochtigers ziet men meteen dat bevochtiging van het kwik door water afstoting van de benzeen impliceert, dat het dus om een concurrentieprincipe gaat.

Behalve eenvoudig qua model is YOUNG's voorstel ook mathematisch eenvoudig te formuleren: de mate van bevochtiging, uitgedrukt in de zogenaamde randhoek (de hoek waaronder de druppel de ondergrond ontmoet in het driefasencontact) hangt op eenvoudige wijze samen met de drie werkzame grensvlakspanningen. Dit verband dat we de „Vergelijking van YOUNG” noemen brengt ons weer op de realiteit terug want genoemde vergelijking staat inderdaad algemeen als zodanig in de literatuur bekend.

YOUNG's vergelijking herleidt het driedimensionale, praktische bevochtigingsprobleem tot drie tweedimensionale, welgedefinieerde sub-problemen. Door deze transformatie krijgt het probleem een meer fysisch karakter, een herleiding die overigens min of meer kenmerkend is voor de werkmethode der fysische chemie. Het belang van deze reductie kan moeilijk worden onderschat. Primair geldt natuurlijk, dat thans doelbewuste, gerichte research op bevochtigingsgebied mogelijk wordt. Voor de praktijk is vooral interessant de mogelijkheid de drie vigerende grensvlakspanningen te beïnvloeden door aan die grensvlakken stoffen te laten adsorberen. Hiertoe gebruikt men vooral oppervlakte-actieve stoffen, dat zijn stoffen die zich in sterke mate in het grensvlak ophopen en dienengevolge de grensvlakspanning aanzienlijk verlagen. Zeepwater bevochtigt zodoende veel beter dan gewoon leidingwater.

Van deze wetenschap maakt men op talrijke plaatsen in de praktijk een dankbaar gebruik. Een belangrijk voorbeeld is de stabilisatie van emulsies door vaste deeltjes. Emulsies zijn fijne verdelingen van een vloeistof in een andere, waarmee hij niet mengt. Talrijke dagelijkse verbruiksstoffen zoals: melk, mayonaise en cosmetische artikelen behoren tot deze groep. Een van de methoden om zulke systemen te stabiliseren is adsorptie van vaste deeltjes in het grensvlak tussen de beide vloeistoffasen. In deze adsorptie herkent men gemakkelijk het probleem van de concurrerende bevochtiging: een te sterke bevochtiging door een van beide fasen zou er immers toe leiden dat de vaste deeltjes in het volume van die fase zou oplossen, en niet in het grensvlak, wat ten koste van de stabiliteit zou gaan. De vergelijking van YOUNG kan nu als schakel fungeren tussen doelgerichte grensvlakresearch in het laboratorium en het stabiliteitsvraagstuk in de praktijk.

Een ander praktisch belangrijk bevochtigingsproces is de flotatie, waarbij deeltjes van verschillende materialen gescheiden worden op grond van verschillen in adsorbeerbaarheid in het water/lucht grensvlak, dus op grond van verschillen in bevochtiging. Het flotatieprocédé wordt veelvuldig toegepast om ruwe ertsen te ver-

rijken of om mineralen te scheiden. Het is een goedkoop proces: het economisch belang is evident.

Talrijke andere voorbeelden van praktische bevochtigingsverschijnselen zijn de moeite van het noemen waard. Een vettige speld blijft op water drijven omdat hij door water niet bevochtigd wordt. De opwaartse kracht die de speld ondervindt tengevolge van de tendens tot uitstoting uit het water compenseert zijn gewicht ruimschoots. Ook schrijvertjes die zich sierlijk over onze zomerse sloten en plassen bewegen danken hun caligraferend vermogen aan — welk een paradox! — hun watervrees. Hetzelfde geldt voor muggenlarven, die als het ware aan het wateroppervlak blijven hangen, en aldus met de atmosfeer in contact blijven zodat ze kunnen ademen. Ook zwaardere voorwerpen zoals eenden ontlenen een deel van hun drijvend vermogen aan de omstandigheid dat ze waterafstotend zijn. Het oud-Engelse gedicht uit LEAR's Nonsense Songs:

„They went to sea in a sieve they did
in a sieve they went to sea”

hoeft helemaal geen nonsens te zijn. In al de genoemde gevallen verdwijnt het drijvend vermogen door verlaging van de oppervlaktespanning van water: toevoeging van zeep aan het water zou een eend in de grootste moeilijkheden brengen; muggenlarven zouden naar beneden zinken en omkomen door gebrek aan zuurstof. Aldus blijkt de vergelijking van YOUNG nog onvermoede contactpunten te hebben met de malariabestrijding.

De bevochtigingsverschijnselen in hun geheel nogmaals overziend, mag men constateren, dat de behandelingsmethode en begripsvorming ervan min of meer representatief is voor de fysische chemie. Het onderzoek beweegt zich over een heel scala van onderwerpen, graderend van „fundamenteel” tot „toegepast”. Deze omstandigheid maakt de beoefening van het vak voor velen aantrekkelijk: het geeft de onderzoeker voldoening geconfronteerd te worden met praktijkproblemen, terwijl hij zich anderzijds gesteund weet door hechte grondslagen. Ik meen, dat om deze reden de positie van het vak aan de Landbouwhogeschool nog aan betekenis kan winnen wanneer de ontwikkeling in de landbouwwetenschap in de richting van het fundamentele blijft tenderen.

De zojuist gegeven analyse van de plaats van belangrijke vondsten in de werkmethode van de fysico-chemicus zou ik willen afsluiten met als vierde voorbeeld: enkele aspecten van de stabiliteit van kolloïden.

Het is niet gemakkelijk een scherpe definitie van „kolloïdchemie” te geven omdat de grenzen van het gebied betrekkelijk vaag

zijn, en ook omdat onderling grote verschillen bestaan tussen diverse groepen van kolloïden. Zeer in het algemeen kan men zeggen, dat kolloïdale systemen deeltjes bevatten, die belangrijk groter zijn dan gewone molekulen. Het zijn echter vooral de gemeenschappelijke fysische eigenschappen, die de zeer uiteenlopende groepen van kolloïdale deeltje tot een coherent geheel samenbinden.

Kolloïdale deeltjes kunnen in principe op twee manieren uit eenvoudige molekulen ontstaan: namelijk door een polymerisatie of polycondensatieproces, waarbij moleculaire bouwstenen aaneengeregen worden tot een groter geheel, een z.g. macromolekuul, of door het samenklonteren van kleine onoplosbare molekulen. Tot de eerste groep behoren o.a. de technisch belangrijke plastics en de groep biokolloïden, waarvan o.a. de eiwitten deel uitmaken — dus ook de eiwitmolekulen uit PAULING's anesthesie theorie. Talrijke onoplosbare metalen, oxyden en zouten kunnen in de kolloïdaal opgeloste toestand gebracht worden; zij vormen samen de tweede groep. Wegens hun onoplosbaarheid, dat is wegens hun tegenzin om molekulaïr in water op te lossen, noemt men ze „hydrofoob”. Praktijksystemen als verf, de zilverbromidesuspensie uit de fotografische plaat en kleisuspensies zijn qua gedrag aan de hydrofobe kolloïden verwant.

Van groot belang voor theorie en praktijk is nu de vraag in hoeverre kolloïdale oplossingen stabiel zijn, d.w.z. lange tijd in opgeloste vorm houdbaar. Deze vraag roept antwoorden op, die voor de beide groepen sterk uiteenlopen. De problematiek treedt het duidelijkst aan de dag bij de hydrofobe kolloïden: klontjes van onoplosbare molekulen kunnen onder bepaalde omstandigheden „oplosbaar” zijn; deze oplosbaarheid is kennelijk gebonden aan de kolloïdale toestand. Bij biokolloïden is het oplosbaarheidsvraagstuk genuanceerder. Men denke bijvoorbeeld aan de koolhydraten glycogeen en cellulose, die beide zijn opgebouwd uit het oplosbare glucose doch veel verschil in fysische eigenschappen vertonen: glycogeen is min of meer oplosbaar en wordt deswegen door de natuur als transporteerbaar reservevoedsel gebruikt, terwijl het onoplosbare cellulose als bouw materiaal aangewend wordt. Het al dan niet oplosbaar zijn hangt af van factoren als de molekuulgrootte, -vorm en flexibiliteit, het vermogen om water te binden enz.; daar al deze factoren van molekuul tot molekuul een ander relatief gewicht hebben, kan men moeilijk van een kenmerkend oplosbaarheidsgedrag spreken. Ook kunnen geringe hoeveelheden van inerte bijmengsels de fysische en fysiologische eigenschappen van eiwitten wezenlijk beïnvloeden, zoals bleek in het voorbeeld van PAULING's anesthesie-hypothese. De diversiteit in oplosbaarheid is slechts een van de vele opzichten waarin biokolloïden onderling verschillen. Met name is hun biologische functie als regel zeer specifiek. Een

actueel onderzoeksobject is bijvoorbeeld de volgorde der monomere bouwstenen in nucleïnezuren; in deze volgorde ligt de informatie voor erfelijke overdracht opgesloten. Het blijkt derhalve dat temidden van het complexe geheel van biologische, chemische en fysische eigenschappen van biokolloïden het oplosbaarheidsprobleem slechts een, en dan nog een niet zeer eenduidige factor is; bij hydrofobe kolloïden was het oplosbaarheids- d.i. stabiliteitsprobleem daarentegen een probleem van de eerste orde. Het ligt dus voor de hand het hydrofobe kolloïd te gebruiken als object voor de stabiliteitsstudie; met het hydrofobe kolloïd als model wordt dan één van de vele vigerende factoren uit het complexe totaalgedrag van het biokolloïd afgezonderd en separaat bestudeerd. Aldus vervult het hydrofobe kolloïd een rol, vergelijkbaar met die van de vergelijking van YOUNG in de grensvlak-scheikunde: scheiding van variabelen met uitzicht op fundamenteeler aanpak.

Het stabiliteitsprobleem kan na de voorgaande analyse als volgt geformuleerd worden: „Hoe komt het dat onder bepaalde omstandigheden klontjes van *onoplosbare* molekulen niet verder samenklonteren onder vorming van een neerslag?” De oplossing van deze kwestie is al enige tientallen jaren bekend. Het komt erop neer, dat de deeltjes elkaar afstoten indien ze gelijk geladen zijn. Deze lading kan het gevolg zijn van dissociatie van oppervlaktegroepen of van een sterke voorkeursadsorptie van een bepaald soort ionen. De zilverbromidedeeltjes uit de fotografische plaat bijvoorbeeld, hebben een sterke neiging tot adsorptie van bromide-ionen; deze ionen zijn negatief, zodat de deeltjes negatief worden in een bromidehoudende oplossing en elkaar dientengevolge afstoten. Kleideeltjes kunnen negatief geladen worden door dissociatie van silikaat- of aluminaatgroepen; eiwitten door dissociatie van carboxylgroepen.

Een kwantitatieve theorie hiervoor werd gedurende de laatste wereldoorlog onafhankelijk van elkaar ontwikkeld door DERYAGIN en LANDAU in Rusland en door VERWEY en OVERBEEK in Nederland. Zonder al te zeer op de details in te gaan kan gezegd worden, dat de totale interactie tussen twee elkaar naderende deeltjes opgebouwd gedacht wordt uit de zojuist genoemde elektrostatische afstoting en een aantrekking, namelijk als gevolg van vanderwaalskrachten, dezelfde krachten die verantwoordelijk waren voor het bestaan van de insluitverbindingen in PAULING's anesthesie theorie. De genoemde stabiliteitstheorie voorspelt onder welke omstandigheden de afstoting het van de aantrekking wint, d.w.z. onder welke omstandigheden zo'n kolloïdaal systeem stabiel kan zijn. Talloze experimenten hebben ondertussen uitgewezen, dat deze theorie tenminste *grosso modo* juist is, zodat men mag zeggen dat de elektrische wisselwerking tussen kolloïdale deeltjes bekend is. Terloops zij opgemerkt, dat verschillende gebieden van landbouwwetenschap

pelijk onderzoek rechtstreeks van deze theorie profiteren; ik noem de waterzuivering en verschillende aspecten van de bodemkunde.

Samenvattend kan men zeggen, dat, met het hydrofobe kolloid als model, een van de vele variabelen die het gecompliceerde gedrag van biokolloïden regeren in principe onder controle gebracht is. Hoewel de hydrofobe groep een homogener stabiliteitsgedrag vertoont dan de biokolloïdale groep, bestaan ook hier duidelijke onderlinge verschillen, zodat men zich gaat afvragen of de besproken herleidmethode niet een stap verder zou kunnen worden doorgevoerd door thans een modelstof voor het onderzoek van hydrofobe kolloïden te kiezen, d.w.z. een stof met goed bekende — en liefst ongecompliceerde — fysische en chemische eigenschappen en waarvan het kolloïdchemisch gedrag representatief is voor de hydrofobe groep. Verschillende modelstoffen werden reeds met succes aangewend. De Utrechtse school onder leiding van KRUYT en OVERBEEK heeft dikwijls het kolloïdale zilverjodide gebruikt, hetgeen inderdaad een zeer geschikte stof is met reproduceerbare eigenschappen. Onze kennis ervan is echter nog niet volledig; zo is de oppervlakte structuur nog onvoldoende bekend, hetgeen de betekenis van de met het zilverjodide verworven inzichten enigszins relativeert. SCHENKEL en KITCHENER gebruikten onlangs gesulfoneerde gecross-linkte polystyreen, waarvan de deeltjesvorm en -grootte goed bekend was, doch waar de precieze ladingsverdeling geen direkt bepaalbare grootte was. Andere modelstoffen werden met meer of minder succes aangewend.

Aan de keuze van nieuwe modellen is een zeker anekdotisch element niet vreemd. Het is namelijk gebleken dat niets meer of minder dan de evenwichtsdikte van zeepvliesjes ongekende perspectieven biedt voor de bestudering van de stabiliteit van kolloïden. Het komt erop neer, dat vanderwaalskrachten tussen de molekulen waaruit het vlies is opgebouwd trachten het vlies dunner te maken, hetgeen wordt tegengewerkt door de elektrostatische afstoting t.g.v. gedissocieerde zeepmolekulen in het oppervlak. In de evenwichtstoestand zijn deze twee factoren juist aan elkaar gelijk, zodat de evenwichtsdikte bepaald wordt door precies dezelfde factoren als de wisselwerking tussen twee kolloïdale deeltjes. Belangrijk voor het zeepvlies als modelstof is, dat de dikte langs optische weg nauwkeurig kan worden gemeten; daar het hier om een vlakke vloeistoflaag gaat is de geometrie van het geheel geen probleem en het aantal variabelen is minimaal. Behalve om deze reden is het zeepvlieswerk nog aantrekkelijk wegens de fraaie en wisselende kleurpartijen die men dikwijls kan waarnemen, en misschien ook wel wegens de verrassingen waarvoor het de onderzoeker steeds weer stelt.

Op verschillende plaatsen ter wereld werden en worden momenteel bepaalde facetten van het zeepvliesgedrag bestudeerd. Ik moge

noemen DERYAGIN en medewerkers in Moskou, SHELUDKO c.s. in Sofia, OVERBEEK c.s. in Utrecht, DE VRIES in Parijs en MYSELS in Los Angeles. Men mag van deze onderzoekingen nog veel nieuws voor de toekomst verwachten.

De gang van biokolloid via hydrofoob kolloid en zilverjodide naar het zeepvlies, gekenmerkt door een toenemende controle van het aantal variabelen kan gemakkelijk worden verlengd; slechts een enkele stap verder brengt ons reeds in het domein der pure fysica en dat der wiskunde. Het is een modern voorbeeld van coöperatie en kennisoverdracht tussen verschillend afgestemde vakgebieden.

Werd in het voorgaande de plaats van de fysische en kolloïdchemie tussen andere wetenschappen schetsmatig omljnd, tussen de regels door ervaart men tevens iets van de achtergronden van veel fysisch-chemisch speurwerk: de charme van het vraag- en antwoordspel met de natuur, de bekoring van het onverwachte en de boeiende intrige van theorie en praktijk.

Aan het einde van deze rede gekomen, betuig ik mijn eerbiedige dank aan Hare Majesteit de Koningin, die mijn benoeming in dit ambt heeft willen bekrachtigen.

Mijne Heren Leden van het Bestuur der Landbouwhogeschool,

Voor het vertrouwen dat U in mij gesteld hebt door mij voor dit ambt voor te dragen ben ik U zeer erkentelijk. Het spreekt vanzelf, dat ik naar vermogen zal trachten dit vertrouwen waard te zijn.

Dames en Heren Hoogleraren,

Van de samenwerking met U stel ik mij veel voor. De in deze rede met voorbeelden omspeelde coöperatie tussen verschillende vakgebieden moge illustratief zijn voor de samenwerking en kennisoverdracht tussen landbouwwetenschap en chemie, tussen U en mij. De contacten die ik reeds met enkelen van U mocht hebben doen het beste voor de toekomst verwachten.

Hooggeachte Overbeek,

De betekenis die U voor mij gehad hebt en nog steeds hebt als leermeester in de uitgebreidste zin des woords is moeilijk onder woorden te brengen daar ik zelf nog niet ten volle de omvang hiervan kan overzien. In vrijwel alle rangen vanaf kandidaat-assistent tot lector heb ik met U mogen samenwerken en dat U mijn belangstelling voor de veelzijdige aspecten der fysische en kolloïdchemie hebt wakker gemaakt moge ook uit de zojuist uitgesproken rede blijken. Vele van Uw gedachten zullen tussen de regels door klin-

ken als ik in deze nieuwe positie chemische ervaring en kennis aan anderen mag doorgeven.

It is a pleasure to acknowledge the invaluable benefit of a year of stimulating cooperation with Prof. K. J. Mysels at the University of Southern California, Los Angeles, U.S.A., I admire the way in which he succeeded in making experimental chemistry especially that of soap films to an art.

Hooggeachte Tendeloo,

Het spijt mij zeer dat U vandaag niet aanwezig kunt zijn. Ik beschouw het als een eer U te mogen opvolgen in een modern laboratorium dat het werk van Uw handen is, en waarin de echo van het werk van Uw geest nog weerklinkt. Indien ik tracht naar beste weten mijn taak te vervullen is dat niet alleen mijn plicht tegenover het Bestuur, het is evenzeer een morele plicht tegenover U.

Dames en Heren medewerkers van het Laboratorium voor Fysische en Kolloïdchemie,

Een positieve instelling ten aanzien van wetenschap en onderwijs kan slechts groeien in een harmonieuze en toegewijde werkgemeenschap. De enkele maanden, die ik reeds met U mocht samenwerken doen mij de verwachting uitspreken, dat het ook in de toekomst in het laboratorium goed werken is.

Het verheugt mij zeer dat mijn Ouders vandaag aanwezig zijn. In mijn rede heb ik enkele malen aangetoond hoe men de dimensies van een complex probleem kan aftasten door scheiding en reductie van variabelen. Deze weg brengt ons als vanzelf op het gebied der wiskunde, hetgeen ten onrechte zou kunnen suggereren, dat de wiskunde slechts „ééndimensionaal” is. Het tegendeel werd — in de stijl van deze rede: anekdotisch — aangetoond in 1935 toen mijn Vader tot Doctor in de wiskunde promoveerde met als onderwerp de geometrie der vijfde dimensie.

Dames en Heren Studenten,

Dat U als laatsten toegesproken wordt is usance; het doet echter geenszins af aan de centrale plaats die U inneemt in het wetenschappelijk onderwijs. De moderne wetenschap is veeleisend, en ik realiseer mij dat ik ook aan U zekere eisen zal moeten stellen, eisen die naar ik hoop niet alleen overkoombaar, doch ook zinvol zullen blijken. Mocht U geboeid raken door bepaalde aspecten der fysische en kolloïdchemie, wees dan welkom op ons laboratorium; vele problemen wachten nog op een oplossing en Uw hulp kan daarbij niet gemist worden.

Hiermede aanvaard ik officieel het ambt van Hoogleraar in de Fysische en Kolloïdchemie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen.

Ik dank U voor Uw aandacht.