

OP HET GRENSVLAK VAN DE LANDBOUW

**Inaugurele rede
uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt
van gewoon hoogleraar op persoonlijke gronden
in de vakgroep Fysische en Kolloïdchemie
van de Landbouwhogeschool
te Wageningen
op donderdag 10 januari 1985**

door

prof.dr. G.J. FLeer

Dames en Heren,

Het is een goed gebruik dat een pas benoemd hoogleraar zijn ambt aanvaardt met het uitspreken van een rede waarin hij aan een geïnteresseerd publiek van grotendeels niet-specialisten uitlegt wat zijn leeropdracht inhoudt en hoe hij aan deze opdracht vorm wil geven. Vanuit dit gezichtspunt zou ik hier echter niet hoeven te staan: ik heb immers geen leeropdracht. Volgens het Koninklijk Besluit ben ik benoemd op persoonlijke gronden, om werkzaam te zijn in de vakgroep Fysische en Kolloïdchemie van deze hogeschool. Sommigen van U zouden misschien de conclusie kunnen trekken dat een hoogleraar zonder leeropdracht zoiets is als een schoenmaker zonder leest, en dus overbodig is. Een iets vriendelijker interpretatie, die ik maar wil aanhouden, is dat een persoonlijk hoogleraar is als een schoenmaker die zijn eigen leest mag kiezen. Ik zal U daarom iets van mijn leest, mijn vakgebied, vertellen en zal daarbij proberen om enkele grenzen te verkennen.

Grensvlakken

Laat ik eerst de titel "Op het grensvlak van de landbouw" toelichten. Ik ben zo vrij geweest om een variatie te gebruiken van de naam "Op het grensvlak van de chemie" die een tiental jaren geleden werd gegeven aan een cursus "Grensvlakchemie" van de Commissie Modernisering Leerplan Scheikunde. Onder deze titel schreven Dr. Koopal en ikzelf in 1980 een tweetal enigszins populariserende artikelen in het tijdschrift *Natuur en Techniek*. We behandelden daarin de grondbeginselen van de chemie en fysica van grensvlakken alsmede een aantal toepassingen in het dagelijks leven.

Het komt mij voor dat voor vandaag het "grensvlak van de landbouw" minstens zo toepasselijk is, en wel om diverse redenen. U zult begrijpen dat ik met de titel niet wil suggereren dat de studie van oppervlakken een onbelangrijk randverschijnsel zou zijn, en evenmin dat men op dit terrein en in de landbouw alleen maar oppervlakkig bezig is. Integendeel, ik zal proberen om in de loop van dit verhaal duidelijk te maken dat de grensvlakchemie als basiswetenschap essentieel is voor de

landbouw. Ik wil aan de hand van een drietal aspecten verduidelijken waarom grensvlakchemie goed voor U is.

In de eerste plaats spelen grensvlakken en oppervlakken in de landbouw een uiterst belangrijke rol. Daarbij doel ik er niet op dat alle landbouw (en in feite het hele leven) zich afspeelt op het oppervlak van de aarde, maar dat vele processen in de landbouw, zowel bij de productie als bij de verwerking, berusten op de aanwezigheid van soms zeer grote grensvlakken. Laat ik enkele voorbeelden noemen.

Bij de groei van gewassen (in Wageningen noemt men dat de primaire produktie) is het centrale proces de fotosynthese, waarbij energie van de zon wordt omgezet in chemische energie en opgeslagen in de vorm van suikers en zetmeel. Hiervoor is vanzelfsprekend de grootte van het bladoppervlak van belang, maar bovendien vindt de primaire reactie plaats aan het oppervlak van de bladgroenkorrels. Een plant groeit echter niet alleen op licht, maar neemt koolzuur op uit de lucht en water en mineralen uit de bodem. Deze stoffen passeren het oppervlak van de cellen, waarbij de eigenschappen van de celoppervlakken, bestaande uit verschillende z.g. membranen, een zeer belangrijke rol spelen. De voedingsstoffen in de bodem bevinden zich bijna altijd vlak bij het oppervlak van de bodemdeeltjes en hun beschikbaarheid voor de plant wordt dus sterk beïnvloed door wat er aan dat oppervlak gebeurt.

Ook gewasbescherming heeft enkele duidelijke relaties met grensvlakverschijnselen. Sprays die bestrijdingsmiddelen bevatten zijn des te effectiever naarmate een plantebblad beter door de spray bevochtigd wordt. De ophoping van residuen van bestrijdingsmiddelen in de bodem, een helaas maar al te bekend milieuprobleem, wordt onder andere bepaald door de wisselwerking van deze stoffen met het oppervlak van de gronddeeltjes.

Veel al dan niet bewerkte landbouwprodukten, zoals levensmiddelen, worden gekenmerkt door een zeer groot grensvlak. Bekende voorbeelden zijn melk en boter. Melk bevat vetbolletjes en z.g. caseinemicellen in een waterige oplossing, en in boter komen waterdruppeltjes in fijn verdeelde toestand voor in een medium van olie en vetkristallen. Vele andere levensmiddelen (slagroom, yoghurt, margarine, mayonaise) bestaan ook uit verdelingen van een vaste of vloeibare fase in water of een andere vloeistof. De bereiding en eigenschappen van deze produk-

ten worden in belangrijke mate bepaald door wat er zich aan het grensvlak van deze druppeltjes afspeelt.

Een nog weer ander terrein waar grensvlakken van belang zijn is de microbiologie, met name in de bodem. Over dit onderwerp heeft collega Zehnder een aantal maanden geleden vanaf deze plaats enkele indringende opmerkingen gemaakt.

Uit deze voorbeelden, die gemakkelijk met tientallen andere aangevuld kunnen worden, blijkt duidelijk dat er aan de Landbouwhogeschool plaats is voor een wetenschapsgebied waar het gedrag van grensvlakken en de eigenschappen van systemen met zeer fijn verdeelde deeltjes (z.g. kolloïden) op fundamenteel niveau bestudeerd worden. Ik wil nog iets verder gaan en vaststellen dat deze fundamentele kennis nodig is om verschillende landbouwkundige processen te verbeteren en te controleren. We bevinden ons dan op het terrein van de grensvlakchemie en de kolloïdchemie. Verderop zal ik enkele aspecten van deze wetenschapsgebieden nader toelichten.

Een tweede reden waarom ik het "grensvlak van de landbouw" als onderwerp heb gekozen heeft te maken met de wisselwerking tussen de fundamentele vakgebieden en de meer direct landbouwkundig gerichte groepen. We praten dan dus over raakvlakken mét de landbouw. Op het grensgebied tussen "basis" en "toepassing" spelen zich vele activiteiten af die essentieel zijn voor het goed functioneren van de Landbouwhogeschool als geheel. Wil de hogeschool zijn positie als vooraanstaande instelling voor grensverleggend onderzoek en onderwijs handhaven en versterken, dan is een efficiënt transport van kennis door het grensvlak tussen basis en "groene" sector een duidelijke noodzaak. Dit transport mag géén eenrichtingsverkeer zijn, maar dient ter wederzijdse bevruchting: de basisgroepen kunnen en moeten de meer toegepaste gebieden behulpzaam zijn bij het aandragen van fundamentele kennis die nodig is voor het oplossen van praktische problemen, maar moeten zich bij de keuze van hun onderzoeksthema ook laten leiden door de globale problematiek van de meer toegepaste richtingen. In dit kader kunnen gezamenlijke onderzoeksprojecten op het grensvlak van landbouw en basiswetenschappen een grote bijdrage leveren.

Een ander grensgebied van belang is dat tussen de landbouwkundige en de niet-landbouwkundige wetenschappelijke wereld. Het spreekt

voor zich dat elk vakgebied aan de Landbouwhogeschool contacten met andere disciplines nodig heeft. Echter, de positie van de fundamenteel gerichte vakgroepen is in deze een bijzondere. De landbouw is gediend met een goed functionerende basis waar onderzoek van nationaal en internationaal niveau verricht wordt. Daartoe is een eerste voorwaarde dat de basisgroepen niet geïsoleerd komen te staan van hun collega-vakgenoten in den lande en in de wereld: chemici moeten contact hebben met, gekritiseerd worden door, ideeën opdoen van, vergeleken worden met niet-landbouwkundig gerichte chemici om hun werk ten dienste van de landbouw optimaal te kunnen verrichten. Gelukkig blijkt het voor de Wageningse fundamentele groepen goed mogelijk om een constructieve rol in nationale en internationale wetenschappelijke contacten te combineren met een toepassingsgerichtheid op de landbouw. Deze dubbele taak is niet eenvoudig maar verdient stevige ondersteuning vanuit die landbouw.

Laat ik, na deze ietwat belerende passages, overgaan tot een introductie van de grensvlak- en kolloïdchemie. U zult mij niet euvel duiden dat ik daarbij mijn voorbeelden vooral kies uit mijn eigen interessesfeer. Ik zal tevens proberen om enkele aspecten van de andere grensgebieden bij deze bespreking te betrekken.

Grensvlak- en Kolloïdchemie

Kolloïden zijn deeltjes die veel groter zijn dan de "gewone" moleculen, maar toch zo klein dat ze met een lichtmicroscop nauwelijks of vaak zelfs helemaal niet gezien kunnen worden. De deeltjesdiameter is dus van de orde van grootte van $1/1000$ mm of kleiner. Vetbolletjes in melk zijn min of meer vloeibare kolloïden, kleideeltjes in de bodem hebben een regelmatige kristalvorm en zijn dus vaste kolloïden, latexbolletjes zoals die in een latexverf voorkomen zijn klontjes plastic die meestal ook een vaste, zij het onregelmatige (z.g. amorfe) structuur hebben. Elk van deze deeltjes heeft slechts een klein oppervlak, maar omdat er in een kolloïdaal systeem zoveel kolloïden voorkomen is het totale deeltjesoppervlak toch erg groot. Eén liter melk bevat ongeveer 70 m^2 oppervlak van de vetbolletjes en maar liefst 400 m^2 van de caseïnemicellen, in een pot mayonaise van 450 g zit ca. 100 m^2 olie-oppervlak, en één

kilo klei kan wel één hectare oppervlak bezitten. Met een klein achtertuintje ben je dus al gauw grootgrondbezitter. Het zal duidelijk zijn dat de eigenschappen van zulke grote grensvlakken in hoge mate de structuur en stabiliteit van kolloïdale systemen bepalen.

Eén van de eigenschappen waarin wij geïnteresseerd zijn is de kolloïdale stabiliteit. Een systeem is stabiel als gedurende langere tijd de kolloïden uit elkaars buurt blijven omdat ze elkaar afstoten, en instabiel als ze samenklonteren (of, zoals we meestal zeggen, uitvlokken) vanwege onderlinge aantrekkingskrachten. Voor sommige toepassingen is stabiliteit gewenst. Bij consumptiemelk wordt samenklonteren van de vetbolletjes tot een roomlaag niet op prijs gesteld, en de melk is zelfs onverkoopbaar als de eiwitten gaan uitvlokken (schiften). Een verf is alleen bruikbaar als de latexdeeltjes met de kleurstof homogeen verdeeld zijn.

In andere gevallen willen we juist een instabiel systeem met gevlokte of geaggregeerde deeltjes die soms een samenhangende structuur moeten vormen. Voor de bereiding van kaas of yoghurt moet het grootste deel van het melkeiwit uitvlokken. Bij de verwijdering van kolloïdale verontreinigingen uit afvalwater (klei, fijne papiervezels, olieprodukten) is als eerste stap uitvlokkings nodig. In de steenkolenindustrie is het de kunst om de fijne kooldeeltjes te laten uitvlokken om de procesverliezen te verminderen en het milieu minder te belasten. In kleigronden is een geaggregeerde structuur vereist met grote en kleine poriën om transport van lucht, water en voedingsstoffen naar de plant mogelijk te maken.

Hierboven werd al opgemerkt dat de kolloïdale stabiliteit samenhangt met de onderlinge afstoting of aantrekking van de deeltjes. Het is dus nodig om te analyseren welke wisselwerkingskrachten er bestaan tussen kolloïdale deeltjes. Een belangrijke factor die stabiliserend werkt is de elektrische lading van de kolloïden. Deeltjes die een gelijke lading bezitten stoten elkaar af, waardoor de stabiliteit verhoogd wordt. En hier komen we weer terug bij de grensvlakeigenschappen, omdat in bijna alle gevallen waarin een kolloïd electrisch geladen is deze lading in of op het grensvlak van het kolloïd zetelt. Om dat te kunnen uitleggen moet ik eerst iets zeggen over het verschijnsel adsorptie, dat is de ophoping van stoffen aan een grensvlak.

Stellen we ons een oppervlak voor in contact met een waterige op-

lossing waarin opgeloste stoffen voorkomen, b.v. zouten, suiker of eiwitten. In het algemeen blijkt nu dat tegen zo'n oppervlak aan een hogere concentratie opgeloste stof voorkomt dan in de oplossing zelf. We zeggen dat deze stoffen worden geadsorbeerd. Zo concentreren landbouwbestrijdingsmiddelen zich aan het oppervlak van deeltjes die in de grond voorkomen, worden kleurstoffen in het afvalwater van de verfindustrie geadsorbeerd aan actieve kool, en gebruikt men z.g. biersilica (een fijn verdeeld soort zand) om eiwitten die de houdbaarheid van bier nadelig beïnvloeden te verwijderen.

Ook electrisch geladen componenten kunnen adsorberen. Adsorptie van ionen (moleculen die electrisch geladen zijn) geeft aan veel kolloïdale deeltjes de lading die zij nodig hebben voor hun onderlinge afstoting, die op zijn beurt weer aanleiding geeft tot de stabiliteit.

Vrijwel automatisch zijn we nu tot het punt gekomen dat we kunnen begripen hoe de kolloïdale stabiliteit beïnvloed kan worden. Als we aan een kolloïdaal systeem een stof toevoegen waarvan ionen adsorberen, dan veranderen we de stabiliteit. Sommige ionen verhogen de electrische lading en dus de stabiliteit. Immers, door de hogere lading stoten de deeltjes elkaar sterker af en wordt de neiging tot aggregatie verminderd. Andere stoffen kunnen de lading verlagen, hetgeen uiteindelijk tot samenklonteren kan leiden.

De stabiliteit kan niet alleen worden beïnvloed door de lading van kolloïdale deeltjes te veranderen. Sommige verbindingen dragen geen lading maar adsorberen wel aan het deeltjesoppervlak. Omdat daardoor de grensvlakeigenschappen veranderen, kan ook de stabiliteit in gunstige of ongunstige zin gewijzigd worden. Een belangrijke groep van stoffen die deze effecten kunnen veroorzaken, wordt gevormd door de z.g. polymeren of macromoleculen. Daarvan wil ik nu iets meer vertellen, omdat dit een thema is waarin diverse fundamentele vragen aan de orde komen en waar ook de praktijk, zowel binnen als buiten de landbouw, baat bij heeft.

Polymeren

Polymeren of macromoleculen bestaan, zoals de naam al zegt, uit zeer grote moleculen. Zo'n groot molecuul is opgebouwd uit vele klei-

neren bouwstenen die onderling chemisch verbonden zijn. Een dergelijke bouwsteen wordt vaak een segment genoemd. Polymeren komen wijd verspreid voor, zowel in de natuur als in moderne industriële produkten. In feite is de gehele plastic- en kunststofindustrie gebaseerd op het bereiden, modificeren en verwerken van synthetische polymeren; er worden nog steeds nieuwe, voorheen onbekende, produkten gemaakt. Laat ik beginnen met enkele voorbeelden uit de natuur.

Een belangrijke groep stoffen is die der koolhydraten, zoals zetmeel, cellulose, pectine en dextranen. De bouwstenen van koolhydraten zijn suikermoleculen, vandaar dat deze polymeren ook wel worden aangeduid met de naam polysacchariden. In sommige eenvoudige representanten van deze groep zijn de segmenten lineair achter elkaar geschakeld (lineaire polymeren), andere hebben zij-armen (vertakte polymeren) of hebben zelfs dwarsverbindingen tussen verschillende delen van een molecuul of tussen verschillende polymeermoleculen (verknoopte polymeren). Naarmate polysacchariden meer vertakt of meer verknoopt zijn, is hun oplosbaarheid in water geringer.

Minstens even belangrijk zijn de eiwitten, opgebouwd uit grote aantallen van zo'n twintigtal verschillende aminozuren; de variabiliteit in deze groep is enorm. In veel gevallen hebben eiwitten een min of meer compacte ruimtelijke structuur, die echter opgevouwen kan worden door een hittebehandeling of door de zuurgraad te veranderen; het natuurlijke eiwit wordt dan gedenatureerd. Zo wordt het eiwit collageen, dat ca. 30% uitmaakt van alle eiwitten die voorkomen in gewervelde dieren, met name in bindweefsel, pezen, huid, en bloedvaten, door verhitting gedenatureerd tot gelatine, waardoor het oplosbaar wordt in water.

Een derde essentiële groep van natuurlijke macromoleculen wordt gevormd door de nucleïnezuren als DNA en RNA. Nucleïnezuren vormen het belangrijkste bestanddeel van de chromosomen en bevatten de informatie over de erfelijke eigenschappen van levende wezens. Ze zijn opgebouwd uit vier of vijf verschillende bouwstenen (z.g. nucleotiden) in een heel speciale volgorde, en nemen vaak een spiraalvorm (helix) aan.

Ook in de synthetische polymeren is een enorme variatie mogelijk. De eenvoudigste bestaan uit slechts één type segment, zoals polyetheen

(gebruikt in verpakkingsmateriaal), polyvinylchloride (PVC, o.a. voor buizen en vloertegels), polystyreen (piepschuim), teflon (constructiemateriaal, deklaag van bakpannen) en nylon (vezels). De meeste nylonsoorten hebben echter twee verschillende bouwstenen die om en om in een lineaire keten geplaatst zijn. Als een polymeer bestaat uit meer dan één type segment spreken we van copolymeren. Eiwitten en nucleïezuren zijn dus natuurlijke copolymeren, nylon is een synthetisch copolymeer. Voor industriële en technische toepassingen zijn copolymeren uitermate belangrijk; het aantal soorten dat op de markt gebracht wordt neemt nog steeds toe.

Een lineaire polymeerketen is slechts in uitzonderingsgevallen helemaal gestrekt. In de meeste gevallen neemt een keten een kluwenachtige structuur aan die door de warmtebeweging alsmear van vorm verandert. We zeggen dat zo'n kluwen een hoge entropie bezit, omdat de segmenten ten opzichte van elkaar heel veel posities kunnen innemen. Entropie is een maat voor de wanorde van een systeem, en de wanorde in een kluwen is vanzelfsprekend veel groter dan in een gestrekte keten. Elk systeem in de natuur streeft niet alleen naar een lage energie maar ook naar een zo hoog mogelijke entropie.

Eiwitten zijn ook onderhevig aan de warmtebeweging en veranderen daardoor hun vorm, maar door sterke interne wisselwerkingen tussen de verschillende segmenten zijn hier de mogelijke vormveranderingen meestal maar gering. Een eiwitmolecuul heeft dus een lage entropie. Ontbreken deze sterke wisselwerkingen, zoals in sommige polysacchariden en bij veel synthetische polymeren, dan heeft een molecuul meer weg van een heel lange wriemelende worm, en kan alleen van een gemiddelde vorm gesproken worden, min of meer bolvormig. Om de vorm en de entropie van zo'n kluwen te beschrijven zijn wiskundig-statistische modellen nodig.

Polymeren aan grensvlakken

Keren wij na dit intermezzo terug naar de grensvlakchemie. Hier vóór werd al gesteld dat polymeren aan kolloïden kunnen adsorberen en daardoor de stabiliteit kunnen verhogen of verlagen. Wij zijn nu in staat om de principes te begrijpen waarop deze verschijnselen berusten. De

sleutel ligt in de verschillende vormen (ook wel genoemd: conformaties) die een polymeermolecuul kan aannemen, zowel in de oplossing als aan een grensvlak. In principe kan elk der segmenten aan een grensvlak adsorberen, maar in de meeste gevallen zal dit niet gebeuren. Dit komt omdat er maar een beperkt oppervlak beschikbaar is voor vele onderling concurrerende kluwens, en omdat het verlies aan entropie van een plat geadsorbeerd molecuul ongunstig is.

Men moet zich een geadsorbeerde polymeerlaag dan ook voorstellen als een verzameling door en over elkaar kruipende lange wormen waarbij elke worm met delen van zijn lijf de felbegeerde oppervlakteplaatsen kan raken, maar met andere delen op korte afstand van het oppervlak blijft kronkelen. We kunnen zo de structuur van een geadsorbeerd polymeermolecuul onderverdelen in drie typen substructuren, de z.g. treinen, lussen en staarten. In een trein zijn alle segmenten in contact met het oppervlak, lussen beginnen aan het oppervlak en keren na een wandeling door de oplossing weer terug, en staarten bevinden zich aan beide uiteinden van een molecuul en bengelen vrij in de oplossing. De vorm of conformatie van een geadsorbeerde keten is dus anders dan van een kluwen in oplossing; de lengte en verdeling van lussen en staarten hangt af van de omstandigheden (ketenlengte, soort oplosmiddel, soort oppervlak).

Komen nu twee met polymeer bedekte kolloïden in elkaars buurt, dan zullen de lussen en staarten van beide deeltjes elkaar in de weg zitten, de bewegingsvrijheid van het polymeer wordt kleiner, de entropie dus ook en daardoor stoten de kolloïden elkaar af. In dit geval is er dus geen elektrische lading op de deeltjes nodig, maar berust de kolloïdale stabiliteit op ruimtelijke effecten: de lussen en staarten ontnemen elkaar de ruimte. We spreken van sterische stabilisatie. Voorbeelden zijn er te kust en te keur, zowel in de levende natuur als in technologische toepassingen.

Melk blijft stabiel onder omstandigheden waarin de melkvetbolletjes en caseinemicellen ongeladen zijn, hetgeen toegeschreven moet worden aan uitstekende delen van eiwitmoleculen. Voor veel vruchtensappen geldt hetzelfde. Emulsies van gewasbeschermingsmiddelen en medicinale emulsies worden door polymeren gestabiliseerd. Latexverven zijn alleen stabiel omdat hoge concentraties aan polymere stabilisatoren ge-

bruikt worden. De ferriet-deeltjes in magneetbanden, die elkaar door magnetische krachten zeer sterk aantrekken, zijn door polymeren gestabiliseerd waardoor de kolloïdale magneetjes homogeen verdeeld blijven.

Ondanks deze stabiliserende werking van polymeren, die vooral optreedt bij relatief hoge polymeerconcentraties, zijn er ook omstandigheden waarin toevoeging van polymeren juist tot vlokking leidt. Dat gebeurt bij zeer lage doseringen van lange polymeerketens. In dit geval is er veel deeltjesoppervlak per polymeermolecuul beschikbaar. Een lange keten kan nu met het ene eind adsorberen op één kolloïdaal deeltje en met het andere eind een ander deeltje aanklappen om zo als het ware de eindjes aan elkaar te knopen. Er wordt op deze manier een netwerk van kolloïden gevormd waarin de deeltjes door polymeerbruggen verbonden zijn; dit netwerk trekt zich door voortgaande adsorptie van polymeersegmenten samen tot vlokken die gemakkelijk bezinkbaar en filterbaar zijn.

Ook hier toepassingen bij de vleet. In de waterzuivering worden kolloïdale verontreinigingen steeds vaker verwijderd door polymere vlok-middelen of wordt actief slib door gebruik van polymeren ontwaterd. In de bodemkunde worden polymeren soms gebruikt als bodemverbete-rars die verhinderen dat de grond gaat inklinken of scheuren bij dro-ging. In de mijnbouw en in talloze technische toepassingen worden kostbare bestanddelen uit een mengsel met grote hoeveelheden onnut materiaal geconcentreerd door in verschillende stadia selectieve vlok-middelen te gebruiken. Bij de papierfabricage worden z.g. retentiemid-delen (hoogmoleculaire polymeren) toegepast om de kleinste cellulose-deeltjes alsmede kleideeltjes vast te houden in de natte papierfilm.

Naast de bovengenoemde gewenste effecten van polymeeradsorptie zijn er natuurlijk ook ongewenste. Ik noem de membraanvervuiling, waarvoor onlangs een landelijk onderzoeksprogramma is opgezet; hier-bij is een belangrijk aspect de adsorptie van synthetische en biologische polymeren. Bij de procesmatige fabricage van levensmiddelen en indus-triële producten is de vervuiling van leidingen en warmtewisselaars door polymeer materiaal (en micro-organismen) een immens probleem. Op een heel ander terrein ligt de ongewenste adsorptie van bloedeiwitten op implantatiemateriaal bij bepaalde chirurgische operaties.

Nu ons wetenschapsgebied globaal verkend is en de samenhang met landbouwkundige probleemvelden duidelijk is geworden, wil ik ingaan op enkele aspecten die van belang zijn bij het verrichten van fundamenteel onderzoek aan een instelling als de Landbouwhogeschool, die immers als geheel een toegepast karakter heeft. De meeste van deze aspecten zijn van vrij algemene aard en gelden voor alle basiswetenschappen. In het kader van deze voordracht zal ik echter mijn illustraties kiezen uit het eigen interessegebied, de grensvlak- en kolloïdchemie en, in engere zin, uit het onderzoek naar polymeren aan grensvlakken.

Grenzen

Ik begin met een drietal kenmerken die te maken hebben met de mogelijkheden en beperkingen van fundamenteel onderzoek.

Modelsystemen. Om een zinvolle beschrijving te geven van een in werkelijkheid altijd zeer complex systeem, is het absoluut noodzakelijk om tot vereenvoudigingen over te gaan. Een model simplificeert de werkelijkheid op een zodanige wijze dat de belangrijkste eigenschappen waarin we geïnteresseerd zijn op een redelijke wijze in het model voorkomen, terwijl het model toch voldoende eenvoudig is om het met wiskundige technieken aan te pakken. Laat ik dit met een voorbeeld verduidelijken. Het is met de huidige middelen onmogelijk om de conformatiestatistiek van een geadsorbeerd polymeermolecuul en alle mogelijke posities die alle atomen in zo'n keten kunnen innemen volledig te beschrijven. Een goede benadering van de werkelijkheid krijgen we echter door gebruik te maken van een roostermodel, waarin segmenten en oplosmiddelmoleculen alleen op bepaalde precies gedefinieerde roosterplaatsen mogen zitten. Het oneindig grote aantal conformaties dat een polymeerketen in werkelijkheid kan innemen wordt nu teruggebracht tot een weliswaar nog steeds zeer groot, maar toch eindig aantal mogelijkheden. Het aantal conformaties met treinen, lussen en staarten van verschillende grootte kan dan in principe geteld worden. Dat tellen is voor het menselijk brein (en geduld) nog steeds een immense opgave, maar met behulp van een computer kan die taak aanzienlijk verlicht worden.

Op die manier blijkt het mogelijk om het aandeel van treinen, lus-

sen en staarten en hun grootteverdeling voor een systeem van zeer veel polymeerketens in de buurt van een grensvlak onder allerlei omstandigheden redelijk nauwkeurig te berekenen. De waarde van de voorspellingen kan getoetst worden aan de hand van geschikt gekozen experimenten; als er onvoldoende overeenstemming is moet het model verijnd worden. Gelukkig zijn we nu in een stadium dat er een vrij goede overeenstemming is voor relatief eenvoudige systemen. De theorie van de polymeeradsorptie is de laatste jaren volwassen geworden, en onze onderzoeksgroep heeft daarvoor belangrijke bouwstenen mogen aandragen.

Beperkingen. De resultaten die met een model verkregen zijn, hebben natuurlijk betekenis voor praktische systemen, maar er zijn beperkingen. Elk model is met een bepaald doel opgezet, en de resultaten kunnen en mogen niet gebruikt worden voor eigenschappen die in het model niet of onvolledig tot hun recht komen. Een roostermodel voor polymeeradsorptie geeft min of meer juiste informatie over polymeerconformaties, over de lengte van staarten en over de uitgebreidheid van de adsorptielaag, maar niet over de snelheid van veranderingen of de beweeglijkheid van de segmenten, omdat deze eigenschappen niet in het model opgenomen waren. Elke onderzoeker, zowel de "ontwerper" als "toepasser" van een model, zal goed moeten beseffen welke conclusies wel en niet toegestaan zijn op basis van dat model.

Generalisatie. In veel gevallen blijkt een model dat voor een bepaald doel is opgezet, onverwacht rendement op te leveren op andere gebieden. Zo bleek het roostermodel, ontwikkeld voor de beschrijving van de adsorptie van polymeren bestaande uit één type segment, gegeneraliseerd te kunnen worden voor copolymeren. Ook bleek het mogelijk om het model uit te breiden tot polyelectrolyten, dat zijn polymeren die een elektrische lading dragen. Voor de toekomst lijkt het perspectief reëel dat de structuur en het adsorptiegedrag van eiwitmoleculen op deze manier beschreven kunnen worden. Immers, een eiwitmolecuul is niets anders dan een (ingewikkeld) copolymeer bestaande uit een twintigtal verschillende typen segmenten, waarvan sommige lading dragen. Op dit moment is het doorrekenen van een dergelijk ingewikkeld systeem nog niet mogelijk, o.a. vanwege de rekentechnische problemen, maar met de snelle progressie van computer hard-ware en soft-

ware lijken er op niet al te lange termijn mogelijkheden te komen.

Een ander gebied van aanzienlijk biologisch belang is dat van de membraanstructuur. De basisstructuur van biologische membranen is een dubbele laag van fosfolipiden, dat zijn moleculen die een in water oplosbare kop bezitten en twee staarten die niet gemakkelijk in water oplossen. De kop bevat een fosfaatgroep, de staarten zijn koolwaterstofketens. Een dergelijk molecuul kan weer opgevat worden als een bijzonder soort copolymeer, en is dus in ons roostermodel te beschrijven. De eerste, voorlopige resultaten voor de structuur van een membraan hebben al waardevolle informatie gegeven over de positie van de koppen in de buurt van het membraanoppervlak, over de conformaties van de staarten in het inwendige van het membraan en over het watergehalte daarin. Verdere ontwikkeling in deze richting is veelbelovend, en van groot belang voor het begrijpen van de structuur en werking van de voor elke vorm van leven zo belangrijke membranen.

Een heel ander voorbeeld kan gevonden worden in moderne industriële produkten die bekend staan onder de naam composietmaterialen, dat zijn stoffen waarbij fijn verdeelde anorganische deeltjes (kool, glas, silica, metalen) ingebed zijn in een polymeermatrix. Het materiaal krijgt zo zeer gunstige mechanische eigenschappen en daarom staan deze composieten in de huidige kunststoftechnologie sterk in de belangstelling. De eigenschappen van composieten worden in belangrijke mate bepaald door de structuur op het grensvlak van vulmateriaal en polymeer, en over dit grensvlak kan het roostermodel nuttige informatie geven.

Raakvlakken

Tenslotte wil ik enkele aspecten bespreken die belangrijk zijn voor de wetenschapsbeoefening in het algemeen, maar waarbij met name de positie van fundamentele onderzoekers in het geding is.

Onvoorspelbaarheid. We raken hier een teer punt van de huidige wetenschapspolitiek. Planningsprocedures, verkenningscommissies, ontwikkelingsplannen, meerjarenvisies, voorwaardelijke financiering, innovatiegerichtheid en vele andere termen zijn de afgelopen jaren in zwang gekomen om het wetenschappelijk onderzoek te sturen en dienstbaar te

maken aan de maatschappij. Ik wil het nut van deze inspanningen niet bestrijden, en tot op zekere hoogte hebben deze ontwikkelingen goed gewerkt om dor hout te kappen, maar ik wil uitdrukkelijk stellen dat fundamenteel wetenschappelijk onderzoek zich nooit volledig laat plannen. Fundamentele research geeft soms zeer onverwachte openingen en onvermoede perspectieven. Toen wij een jaar of acht geleden begonnen met ons theoretisch onderzoek naar polymeren aan grensvlakken hadden wij een beperkt doel voor ogen: polymeeradsorptie en kolloïdstabiliteit. De bovengenoemde generalisaties naar eiwitstructuur en -adsorptie, opbouw van membranen en eigenschappen van composieten (alsmede enkele andere ongenoemd gebleven toepassingsmogelijkheden) waren toen door niemand voorzien. Als een ijverige planningsinstantie toentertijd dat programma (dat nog maar vaag geconcipeerd was) niet opportuun geacht had, was een nu bloeiend onderzoeksgebied aan de Landbouwhogeschool niet tot ontwikkeling gebracht. De moraal is duidelijk: laat de kwaliteit van een onderzoeksgroep zwaar wegen, maar schrijf niet precies voor wat ze moet doen; oordeel pas achteraf over de bereikte resultaten en besluit dan of het onderzoek verder gesteund moet worden.

Toepasbaarheid. Een ander discussiepunt dat in de laatste jaren steeds opnieuw belicht wordt. Meer en meer wordt binnen de Landbouwhogeschool getracht om de gerichtheid op de landbouw, die zeker aanwezig moet zijn en in de meeste gevallen ook aanwezig is bij de onderzoekers van de basisvakgroepen, op een te beperkte wijze te interpreteren. Er wordt vaak een verzoek gedaan om de fundamentele achtergronden van een bepaald praktijkprobleem op korte termijn op te lossen. Er zijn voorbeelden te geven van gevallen waar aan zulk een verzoek gehoor werd gegeven en het onderzoeksprogramma werd bijgesteld, terwijl na enige tijd bleek dat de vragensteller al weer met andere dingen bezig was en zijn interesse in de oorspronkelijke vraagstelling verloren had. Het gevolg is een frustratie aan beide kanten. Bij samenwerkingsverbanden tussen basiswetenschappen en meer toegepaste wetenschapsgebieden moet erkend worden dat de tijdsschaal van fundamenteel onderzoek veel langer is dan die van toegepast speurwerk. Voor de "toepasser" is het onplezierig dat de "fundamentalist" niet hard genoeg opschiet, terwijl de laatste niet altijd de tijd krijgt om zich voldoende in de achtergrond te

verdiepen. Een goede wisselwerking tussen beide groepen en begrip voor elkaars positie is daarom een essentiële voorwaarde voor een goede samenwerking.

Een noodzakelijk kenmerk van fundamenteel onderzoek is een brede vraagstelling, waardoor de resultaten relevant zijn voor diverse gebieden. Ik heb in het voorgaande al laten zien hoe dezelfde kolloïdchemische aspecten een rol spelen op zulke verschillende terreinen als levensmiddelentechnologie, waterzuivering, bodemkunde, gewasbescherming en biologie. Die breedte, die tevens diepgang impliceert, moet gehandhaafd blijven. Het zou desastreus zijn voor de basisvakgroepen als ze zich slechts op één toepassingsgebied zouden mogen bewegen. Alleen dán kan de bijdrage van de basisgroepen aan de landbouw van voldoende niveau zijn, als er een voldoende groot reservoir aan kennis is om uit te putten. Dat reservoir moet door bijtanken op peil blijven.

Al met al pleit ik voor een goede balans tussen fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek. Hoe die balans precies moet liggen zal voortdurend in onderling overleg vastgesteld moeten worden.

Contacten buiten de landbouw. De juist genoemde balans vereist dat er voldoende aandacht is voor de landbouw, maar tevens dat er fundamenteel onderzoek van hoog niveau verricht wordt. Daarvoor zijn nationale en internationale contacten, zowel met andere universiteiten als met industriële en niet-industriële onderzoeksinstellingen, van wezenlijk belang. Ik wil dit weer illustreren met een voorbeeld uit mijn eigen onderzoeksgebied. Enkele grote chemische industrieën hebben een duidelijke belangstelling getoond om door onze groep onderzoek te laten verrichten naar de adsorptie van en stabilisatie door copolymeren die voor deze bedrijven belangrijk zijn. Deze copolymeren zijn typisch industriële producten met weinig direct landbouwkundige relevantie; vele daarvan zijn zelfs niet oplosbaar in water, het belangrijkste oplosmiddel in landbouwkundige en biologische systemen. Men zou zich dus de vraag kunnen stellen of zulke onderzoeksprojecten wel op zijn plaats zijn in een vakgroep van de Landbouwhogeschool. Toch is mijns inziens het antwoord ondubbelzinnig positief, en daarvoor verwijs ik naar de eerdergenoemde generalisatie van onderzoeksresultaten en breedheid van onderzoeksprogramma. De kennis opgedaan bij een diepgaand onderzoek aan industriële copolymeren geeft vrijwel rechtstreeks een dieper in-

zicht in de factoren die de eigenschappen van biologische copolymeren zoals eiwitten en membranen bepalen. In feite is een essentiële stap op weg naar een beter begrip van eiwitten en membranen het vaststellen van hoe eenvoudiger copolymeren zich gedragen. Dat deze gegevens rechtstreeks toepassing kunnen vinden in de industrie doet niets af aan het landbouwkundig belang, en geeft op zich wetenschappelijk interessante resultaten.

Tenslotte wil ik vermelden dat zeer onlangs op zowel nationaal als Europees niveau accentgebieden zijn voorgesteld waarin op korte termijn verdere onderzoeksinspanningen gewenst zijn. In beide gevallen wordt als een van de zes of zeven aandachtsgebieden genoemd het onderzoek naar grensvlakken en dunne lagen, met bijzondere aandacht voor de rol van polymeren daarin. Wij hopen en verwachten in beide programma's te kunnen participeren, om daarmee dit belangrijke gebied verder te ontwikkelen en de toepassingen voor de landbouw en de biologie veilig te stellen.

Geachte toehoorders,

Aan het einde van mijn verhaal gekomen, wil ik graag afsluiten met een dankwoord.

Allen die aan mijn benoeming hebben bijgedragen ben ik zeer erkentelijk voor hun inspanningen, ook diegenen die in beslotenheid de benoeming hebben voorbereid. Aangezien ik de laatsten niet persoonlijk kan bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen, blijft mij niets anders over dan dat langs deze weg te doen. Ik zal mijn uiterste best doen om dat vertrouwen niet te beschamen.

Vervolgens wil ik personen die ik wel goed ken vanaf deze plaats noemen. Ik heb het grote voorrecht gehad om nu ruim achttien jaar in de uitermate plezierige en stimulerende atmosfeer van de vakgroep Fysische en Kolloïdchemie werkzaam te mogen zijn. Het is voor mij een grote eer dat dit werkzaam zijn nu bij Koninklijk Besluit bekrachtigd is, maar ik ben er van overtuigd dat ik daarbij zeer veel te danken heb aan al mijn enthousiaste vakgroepsgenoten. Ik heb het in het voorgaande over modellen gehad. Welnu, voor mij is dit een modelvakgroep. Dat daarbij de theorie en praktijk van het volleybalspel minder gevor-

derd zijn dan die van de polymeeradsorptie, wil ik niet als een groot na-deel aanmerken.

Hooggeleerde Lyklema, beste Hans. Zonder aarzeling noem ik jou een modelprof, niet alleen omdat je je bezig houdt met modellen, maar vooral omdat je model staat voor een goede leermeester, een inspirerend en fantasierijk onderzoeker, een uitstekend vakgroepsleider en een eminent wetenschappelijk ambassadeur. Ik hoop me nog lang aan jouw model te kunnen spiegelen.

Hooggeleerde Bijsterbosch, beste Bert. In de lange periode van onze samenwerking heb ik je leren kennen als een zeer evenwichtig mens die als een rots in de branding staat. Je bestuurlijke capaciteiten worden niet alleen binnen de vakgroep, maar ook door de Landbouwhogeschool en op nationaal niveau terecht hoog aangeslagen. Ik hoop nog lang van onze middagwandelingen langs de Wageningse bosrand, op de grens van de landbouwstad, te kunnen genieten.

Zeergeleerde doctor Scheutjens, beste Jan. Ik gebruik jouw doctors-titel een ietsje voorbarig en heb er geen toestemming voor gevraagd aan het College van Dekanen, maar ik wil geen tekst afleveren die na één dag alweer verouderd is. Ik moet bekennen dat ik me een beetje schuldig voel dat ik in deze rede zoveel van de resultaten van jouw werk heb verteld. Vooral door jouw briljante vondsten en diep theoretisch inzicht zijn de recente vorderingen van het theoretisch model mogelijk geworden. Het doet me een onuitsprekelijk genoegen dat ik morgen in deze zaal als jouw promotor mag optreden. Diegenen in het gehoor die meer willen leren van wat ik hiervoor in grote lijnen heb geschetst, kunnen hier morgen terecht.

Zeergeleerde doctor Cohen Stuart, beste Martien. Gedrieën vormen we de kern van de polymeerclub binnen de vakgroep. Jouw experimentele vaardigheid, integrerend vermogen en intuïtief gevoel hebben een uitstekende brug geslagen tussen experiment en praktijk. We hopen nog lang van je rare invallen en artistieke gaven te profiteren.

Dames en Heren studenten,

In de afgelopen jaren heb ik velen van jullie, met name van de richting Moleculaire Wetenschappen, van nabij leren kennen in mijn functie

als studiecoördinator. Ik heb dat als een zeer positieve ervaring gevoeld. Het doet mij deugd dat mijn gedachten over de waarde van basisvakken die ik hier heb toegelicht kennelijk ook jullie aanspreken. Dat meen ik althans te mogen concluderen uit de grote toeloop in de laatste jaren naar de technologische richtingen, en met name ook naar Moleculaire Wetenschappen. Ik spreek de wens uit dat we ook in de toekomst een goede opleiding met voldoende basisvakken zullen kunnen verzorgen, en zal mij daarvoor blijven inspannen.

Ik dank U voor Uw aandacht.