

# MET VEREENDE KRACHTEN

REDE

UITGESPROKEN NA DE AANVAARDING  
VAN HET AMBT VAN HOOGLERAAR AAN  
DE RIJKSUNIVERSITEIT TE UTRECHT  
OP MAANDAG 2 JUNI 1947

DOOR

Dr. J. Th. G. OVERBEEK



1947

N.V. A. OOSTHOEK'S UITGEVERSMIJ. — UTRECHT

*Mevrouw en Mijne Heren Curatoren, Dames en Heren Professoren,  
Lectoren, Privaatdocenten, Assistenten en Studenten dezer Univer-  
siteit, en voorts Gij allen, die deze plechtigheid met Uw tegen-  
woordigheid vereert,*

Zeer gewaardeerde toehoorders.

De tijd is lang voorbij, dat het gehele gebied der Wetenschap door één persoon beheerst kon worden. Mocht dit in de Oudheid en de Middeleeuwen misschien nog tot de mogelijkheden behoren, het losmaken van de verschillende vakwetenschappen uit de algemene Philosophia, en hun zelfstandige ontwikkeling deden het terrein der menselijke kennis zó toenemen, dat hiermee noodzakelijk een steeds verdergaande specialisatie gepaard ging. Hij, die op 't ogenblik in de Wetenschap wil werken, heeft om te beginnen reeds al zijn energie en gaven nodig om op een klein en beperkt gebied tot de rand van het bekende door te dringen, en zeker om daarna in het daarachter liggende onbekende, resultaten te kunnen behalen. Elke poging het gebied van werk en belangstelling te verbreden brengt bij de huidige constellatie onmiddellijk het gevaar van dilettantisme met zich mee.

Slechts voor de allergrootsten kan de situatie iets minder ongunstig zijn. Ik denk daarbij aan iemand als Leonardo da Vinci, wiens activiteit als schilder en musicus voldoende bekend is, maar die ook als natuuronderzoeker zijn tijdgenoten ver vooruit was. Hij gaf al de goede verklaring van het asgrauwe licht van de maan, herkende het geluid als een golfbeweging in de lucht, waaraan men een bepaalde voortplantingssnelheid moest toeschrijven en hij overtuigde zich er van dat lucht uit twee bestanddelen bestaat, waarvan er één voor verbranding en ademhaling noodzakelijk is.

Wij mogen hier zeker ook Christiaan Huygens noemen, de grondlegger der kansrekening en de levensverzekeringswiskunde, uitvinder van het slingeruurwerk, maar ook ontdekker van den ring van Saturnus en de man die de golftheorie van het licht ontwikkelde tot op een hoogte die eerst bijna 150 jaar later door Fresnel overtroffen zou worden.

Gaat men naar recentere voorbeelden zoeken, dan wordt het hoe langer hoe moeilijker ze te vinden en een figuur als Pasteur,

die onschatbare bijdragen leverde tot de medicijnen en de microbiologie, maar ook zeer fundamenteel werk verrichtte op organisch chemisch en fysisch chemisch gebied, zoeken wij onder de levenden tevergeefs.

Ook in de opleiding weerspiegelt zich deze neiging tot specialisatie heel duidelijk. Kende men in onze faculteit in de vorige eeuw het begin van deze eeuw bijvoorbeeld nog een kandidaats-examen dat vrijwel alle in de faculteit gedoceede vakken omvatte, na invoeren van het Academisch Statuut, werd de basis der studie versmald tot een niet te ruime keuze uit een groot aantal specialismen.

Nu wil ik geenszins ontkennen dat specialisering noodzakelijk is, en te beschouwen is als een aanpassing aan onze zich nog steeds snel uitbreidende kennis. Men mag daarbij echter niet uit het oog verliezen dat deze specialisering twee principiële bezwaren met zich meebrengt.

Het eerste bezwaar is gelegen in de ontwikkeling van de wetenschap zelf. Doordat de wegen van verschillende onderzoekers zo ver uiteenlopen, gaat ook hun taal verschillen, en de gevallen dat de ene onderzoeker het werk van de andere werkelijk begrijpt gaan tot de uitzonderingen in plaats van tot de regel behoren. Dit geldt niet alleen voor ver uit elkaar liggende gebieden zoals we ze aan de Universiteit in de Faculteiten gescheiden vinden, maar ook reeds voor veel meer verwante vakken uit één Faculteit. En daarmee komt de eenheid der wetenschap volkomen in het gedrang. Niet alleen is iemand, die op eigen terrein iets gevonden heeft in het algemeen nauwelijks geneigd en in staat om te beoordelen welke betekenis zijn vondst op andere gebieden kan hebben, maar vooral ook vindt hij, die zich op een ander dan zijn eigen vakgebied wil oriënteren, de weg daarheen versperd door een rijstebreiberg van vakkennis, vaktermen en sous-entendu's, die hem vreemd zijn.

Het tweede bezwaar is van meer persoonlijke aard. De met de specialisatie verbonden verenging van mogelijkheden is een verlies, dat door velen als zodanig gevoeld wordt. Het brengt een onharmonische ontwikkeling met zich mee, en het gevoel bepaalde mogelijkheden niet gerealiseerd te hebben, hetgeen slechts zeer ten

dele gecompenseerd wordt door de overtuiging op eigen vakgebied daardoor veel verder te kunnen doordringen.

Het is dan ook geen wonder dat steeds weer, en vooral in de laatste jaren, gezonnen is op middelen om aan deze euvelen geheel of gedeeltelijk tegemoet te komen. Enerzijds ontmoet men allereen een drang naar „teamwork”, bedoeld om werk, dat zich over verschillende vakgebieden uitstrekt mogelijk te maken, anderzijds trachten instellingen als het hier in Utrecht bestaande „Studium generale”, de meer persoonlijke bezwaren der specialisatie op te vangen.

Men kan er over twisten welk van de twee genoemde aspecten het belangrijkste is. Belangrijk zijn beide zonder twijfel en volkomen los van elkaar staan ze ook niet. In dit uur wil ik trachten U in het bijzonder toe te lichten welke betekenis een samenwerking van verschillende vakgebieden voor het onderzoek heeft, omdat dat juist in mijn specialisme, de fysische scheikunde zo opvallend naar voren komt.

Wij zullen daartoe het proces der specialisering iets meer in bijzonderheden bij de scheikunde volgen. De scheikunde is nog een zeer jonge wetenschap. Wel kan men haar oorsprong bij de Alexandrijnse alchemisten uit de 4e en 5e eeuw of zelfs nog verder terug leggen, maar de moderne scheikunde begint toch eerst in het laatst der 18e eeuw bij mannen als Scheele, Priestly, Cavendish, Lavoisier. Al spoedig, omstreeks het midden der 19e eeuw treedt dan de eerste splitsing op, in *anorganische* en *organische* chemie; de eerste onderzoekt de stoffen uit het rijk der mineralen, de tweede die uit de levende natuur, later de koolstofverbindingen.

Kort daarna wordt hier een derde gebied aan toegevoegd, namelijk de *fysische* chemie, waarvan Van 't Hoff vaak als de grondlegger wordt aangewezen. De fysische chemie bestudeert, naast de toepassing van de physica en haar methodes op de scheikunde, vooral de algemene wetmatigheden in chemische systemen en reacties. Zij komt daardoor in aanraking met alle gebieden der scheikunde zelf. Overal waar reacties verlopen, waar stoffen in oplossing gaan of neerslaan, heeft de fysische chemie iets te

zeggen, en dat niet alleen. Ook in het contact van de chemie met andere vakken staat de fysische chemie vooraan. Een deel van haar arsenaal ontleent de fysische scheikunde aan natuurkunde en wiskunde. Anderzijds vindt zij op uitgebreide schaal toepassing in biologie, geologie, landbouwkunde, medische en veterinaire wetenschappen. Ik behoef U maar te herinneren aan het typisch fysisch chemische begrip „ $pH$ ”, dat tegenwoordig in al die genoemde gebieden een grote rol speelt.

Ik hoop U vanmiddag ook nog te laten zien hoe de wisselwerking wel eens van richting om kan draaien, hoe de natuurkunde een stimulans kan krijgen van de chemie, hoe biologische en medische wetenschappen onmisbare steun kunnen geven bij het chemisch onderzoek.

Dit alles is dan ook de reden dat men onmogelijk als physico-chemicus kan werken zonder dagelijks de gevolgen der specialisatie te ondervinden, en daaraan ontleen ik het recht U vandaag minder over de fysische chemie zelf, dan wel over haar verbanden met andere vakken te vertellen.

De bovengenoemde indeling in drieën, organische, anorganische en fysische chemie bleek al spoedig niet voldoende ver te gaan en verdere onderverdeling volgde, waarbij zich o.a. *electrochemie*, *photochemie*, *thermochemie*, *radiochemie* en *colloidchemie* als duidelijke vakken afscheidden, die zich respectievelijk bezig houden met de rol van de electriciteit, het licht, de warmte, de stralingen in chemische systemen en met de bijzondere eigenschappen van grote moleculen of conglomeraten van moleculen. Ook de organische chemie, die zich in de loop der jaren sterk van haar uitgangspunt, de studie der stoffen uit de levende natuur, verwijderd had, keert daarnaar in *biochemie* en *physiologische chemie* weer terug. Ook de *analytische chemie* wordt sinds lang als een apart vak beschouwd. Toch draagt de analyse die haar doel gelijkelijk op organisch en anorganisch gebied vindt en haar middelen aan alle onderdelen der chemie en physica ontleent, misschien nog het minst van al het stempel der specialisering.

Op elk van de zojuist genoemde gebieden zijn sinds hun ontstaan grote vorderingen gemaakt. Ongetwijfeld. Maar toch steekt er juist in deze grote vorderingen op speciale gebieden iets ongezon-

Wij kunnen de toestand die hierbij ontstaat goed vergelijken met de opmars van een moderne legermacht. Snelle gemotoriseerde colonnes dringen ver in het vijandelijk gebied door. Elke colonne verovert een smalle, langgerekte terreinstrook. Er is nog wel contact met de basis waar ze van uitgegaan zijn. Maar het onderlinge verband tussen de colonnes is vrijwel afwezig en het tussengelegen terrein blijft onbezet. Er is dan ook geen sprake van, dat het gehele land veroverd wordt. Dit is pas het geval, als ook het tussen-terrein bezet wordt en de colonnes dwars op hun opmarsrichting contact met elkaar herkrijgen. Op een bepaald moment van de opmars wordt dit onderling contact zelfs *conditio sine qua non* voor verder oprukken.

Ook in de ontwikkeling der wetenschap is thans een stadium bereikt, waarin allerwege een streven naar vereniging merkbaar wordt.

Het valt niet moeilijk hiervan voorbeelden te geven op elk terrein. Ik wil me daarbij beperken tot een aantal gevallen waar de fysische chemie een rol bij speelt. Maar wie even in eigen omgeving rondziet, zal zonder moeite ook op zijn gebied parallellen aan de hier te geven voorbeelden vinden. Het zal U daarbij treffen, dat de wisselwerking tussen verschillende vakwetenschappen zo uiteenlopende aspecten kan aannemen. Soms zien we een kortstondig, men zou haast zeggen toevallig, ingrijpen van de ervaring uit één vakgebied in het andere. In andere gevallen is er een regelmatige samenwerking van twee vakgebieden bij de behandeling van onderwerpen uit het grensgebied. De meest belangwekkende voorbeelden van wisselwerking komen we daar tegen waar de vraagstukken zó ingewikkeld of van zó algemene aard zijn, dat ze dwars over de scheidingen tussen de vakwetenschappen heen-grijpen en alleen op te lossen zijn door een vereniging van krachten komend uit alle betrokken vakgebieden.

Als eerste voorbeeld noem ik het onderzoek naar de photosynthese door groene planten. Alle energiebronnen op aarde, met uitzondering van de waterkracht en tegenwoordig ook de atoom-energie zijn terug te voeren op de assimilatie van koolzuur onder invloed van het zonlicht. Als we brood eten, consumeren we daarbij zonne-energie van een jaar geleden, hout of turf, die we verbran-

den, zijn jaren geleden door de plant opgebouwd uit koolzuur, water en zonlicht, en ook steenkool en olie ontleen hun energie-inhoud aan het zonlicht, dat miljoenen jaren geleden op aarde scheen. Het is geen wonder, dat men zich al zeer lang interesseert voor de vraag hoe deze assimilatie nu precies in zijn werk gaat.

De eerste gegevens op dit gebied danken we uit den aard der zaak aan de biologie. Door kweken op kunstmatige, koolstofvrije voedingsbodems leerde zij ons, dat de voor de opbouw der organische materie in de plant nodige koolstof geheel als koolzuur uit de lucht wordt opgenomen, en dat deze opname alléén gebeurt in groene plantendelen, bij welk proces belichting noodzakelijk is. Een tweede stap deed de organische chemie, die ons dank zij het werk van *Willstaetter* en later dat van *Hans Fischer* leerde wat de samenstelling en eigenschappen waren van de groene kleurstof, het chlorophyl, die bij de assimilatie zulk een grote rol speelt.

Was hiermee het assimilatieprobleem veel concreter geworden, over het eigenlijke mechanisme was toch in dit stadium nog vrijwel niets bekend. Dat dit mechanisme zeker verre van eenvoudig was kan op twee gronden aangetoond worden. Ten eerste gaat de plant bij de fotosynthese uit van zeer eenvoudige moleculen, water en koolzuur, en als reactieproduct nemen we een ingewikkelde organische stof, een koolhydraat, waar. Het is al zeer onwaarschijnlijk, dat deze reactie in één enkele stap verloopt. Bovendien verschaft ook de thermochemie ons nog een gegeven. Als wij namelijk bepalen hoeveel energie er nodig is om een koolhydraat op te bouwen uit koolzuur en water, dan blijken daarvoor per koolzuurmolecuul minstens vier lichtquanten (atomen licht) van het door het chlorophyl geabsorbeerde licht nodig te zijn en ook dit is weer een sterke aanwijzing voor een trapsgewijze verloop van de assimilatie. In dit stadium grijpt nu de physica in het onderzoek in. Met typisch fysieke methoden wordt bepaald hoeveel lichtquanten nu werkelijk opgenomen worden bij de reductie van een koolzuurmolecuul. Het blijken er 8 à 10 te zijn, dus inderdaad meer dan het minimum dat op energetische gronden vereist was. Bovendien wordt door een slimme methode van intermitterende belichting vastgesteld, dat de assimilatie behalve het door licht geactiveerde proces ook nog in het donker verloopende

processen bevat, die meetbaar tijd kosten. Ik wil hier op details van de experimenten en de daaruit volgende theorieën niet ingaan, temeer daar we nog niet zover zijn, dat het assimilatieproces nu ook in alle onderdelen geheel begrepen is. Maar ik hoop U toch een indruk gegeven te hebben van de zeer gevarieerde methoden van biologie, chemie en physica waarmee dit onderzoek is gedaan en U overtuigd te hebben dat verdere vooruitgang op dit gebied alleen te verwachten is van een voortdurende samenwerking van verschillende vakwetenschappen.

Een geval waarin de fysische chemie incidenteel, maar op een centraal punt ingreep in het organisch-chemisch onderzoek hebben we meegemaakt bij de in biochemisch opzicht zo belangrijke groep der steroiden. Dit is een grote samenhangende groep van verbindingen, die allen blijkbaar volgens eenzelfde schema opgebouwd zijn en alleen van elkaar onderscheiden zijn door betrekkelijk kleine verschillen in staarten en aanhangsels, die aan een voor allen identiek skelet gehangen zijn. Om een indruk te geven van het belang van deze groep stoffen, zij vermeld dat er toe behoren de galzuren, noodzakelijk voor de spijsvertering der vetten, de manlijke en vrouwelijke geslachtshormonen, de vitaminen van de D-groep.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat vele beoefenaren der organische chemie hun krachten gewijd hebben aan de opheldering van de structuur van deze verbindingen. En toch, ofschoon het probleem, door de veelheid der stoffen die tot de groep behoren van verschillende kanten aangepakt kon worden en corypheeën der organische chemie als *Windaus* en *Wielander* aan werkten, kon toch aanvankelijk geen bevredigend model van het skelet van deze stoffen opgesteld worden. Wel was een bepaald model vrij algemeen aanvaard, maar herhaaldelijk werden feiten gevonden, die in dit model niet pasten en aanleiding waren tot nieuwe voorstellen. Een definitieve oplossing scheen nog veraf te liggen, toen een fysisch chemisch gegeven de toestand plotseling deed opklaren. In 1932 publiceerde *Bernal* een korte mededeling, waarin hij er op wees, dat de Röntgenbuigingsbeelden van verschillende sterolen niet pasten bij het op dat moment aanvaarde model dezer stoffen, maar een plattere en langere molecuulvorm eisten.

Slechts één van alle op dat moment voorgestelde alternatieven voor het sterolskelet n.l. dat van Rosenheim en King had de door Bernal geëiste lange platte vorm en nu kon ook de organische chemie in zeer korte tijd overtuigend bewijsmateriaal voor dit model aanvoeren, dat thans als het juiste erkend wordt. Ook uit spreidingsproeven kwam een argument ten gunste van het nieuwe model. Bij spreidingsproeven brengt men een heel dun laagje van de te onderzoeken stof, in dit geval dus een sterol, op water. Daar dit laagje slechts één molecuul dik is en men uit de gebruikte hoeveelheid sterol weet hoeveel moleculen op één  $\text{cm}^2$  gebracht zijn, kan men gemakkelijk uitrekenen wat de doorsnede van één molecuul is. Adam vond hiervoor bij de meeste sterolen 35 à 40  $\text{Å}^2$ , in overeenstemming met het nieuwe model, terwijl het oude een doorsnede van minstens 54  $\text{Å}^2$ , gehad zou hebben. Grappig is nog wat Adam, die deze metingen reeds in 1929, dus drie jaar voor het werk van Bernal, deed er later van zegt: "Had the author, in 1929 or earlier had the same confidence that he now has in the reliability of measurements on models of the molecules, the incorrectness of the older formulae for the sterols would have been apparent before it actually was". Dus hier van Adam's kant een onderschatten van de waarde van molecuulmodellen waar de organische chemie toen reeds vrij veel mee werkte, dat het onderzoek op het gebied der steroiden beslist vertraagd heeft.

Dit onderzoek vormt een voorbeeld van het ingrijpen van één vak in de ontwikkeling van een ander op een moment dat zich daartoe bijzonder leende. De waarnemingen van Bernal en Adam zouden niet tot zo'n positieve uitspraak hebben kunnen leiden als het organisch chemisch onderzoek al niet reeds ver gevorderd was. Omgekeerd kon de fysische chemie de organische helpen door een dwingende keus te maken uit een aantal mogelijkheden en daarmee een onderzoek dat enigszins in een slop dreigde te raken, weer in de goede baan leiden.

Waren dit gevallen, die reeds iets verder terug liggen, ook in de oorlog, in het bijzonder bij de toepassing van de wetenschappelijke resultaten op de oorlogvoering zelve, hebben, zoals bekend, gevallen van samenwerking zich veel voorgedaan. Wel droeg de

samenwerking hier vaak een ietwat ander karakter dan bij zuiver wetenschappelijke problemen. De doelstelling was op realisatie gericht. Resultaten van onderzoek op verschillend, soms zeer uiteenlopend terrein werden bij elkaar gebracht en tot een voor de oorlogvoering „nuttig” product verenigd.

Beschouwen we bijvoorbeeld de ontwikkeling van de Radar, die ingenieuze groep van systemen voor plaatsbepaling van vriend en vijand met behulp van radiogolven, dan treft hier niet zozeer de wederzijdse beïnvloeding in het onderzoek — al speelde die ook een rol — als wel de mate waarin en de snelheid waarmee reeds bekende gegevens uit physica en chemie verenigd zijn en tot ontwikkeling gebracht. De grootste bijdragen op Radar-gebied zijn uiteraard geleverd door de electrotechniek. Toch zou het nooit gelukt zijn de voor de Radar nodige zeer korte golven in ongekend hoge intensiteit op te wekken, zonder een grondige studie over de fysische achtergronden van de opwekking en voortplanting dezer golven. Ook de chemie heeft enige belangrijke bijdragen geleverd. Deze geheel nieuwe techniek stelde op enige punten eisen aan de materialen, waaraan geen enkele der gebruikelijke stoffen voldeed. Zij zocht een isolatiemateriaal dat de goede kwaliteiten van rubber, olie en porcelein in zich verenigde. De Imperial Chemical Industries hadden toen juist een procédé ontwikkeld voor de polymerisatie van aethyleen, waarbij zeer vele kleine aethyleen moleculen kop aan staart aan elkaar geregen worden en een stof ontstaat, het polytheen, die in zijn moleculaire bouw sprekend gelijk op olie of paraffine en daarmee de onaanastbaarheid en goede isolatie eigenschappen gemeen heeft. Doordat echter de moleculen van het polytheen zo lang zijn, veel langer dan die van paraffine, gelijk polytheen wat zijn mechanische eigenschappen betreft, op rubber, dat ook lange moleculen bevat of het kan zelfs nog steviger, minder rekbaar dan rubber worden en gaat in dit opzicht meer de kant van een vaste stof als porcelein op. Zo leverde een stuk chemie waar de gehele achtergrond van het onderzoek der bijzonder grote moleculen achter stond en dat geheel los van de Radarvragen ontwikkeld was, een stof, die juist de voor de Radar geëiste elektrische, mechanische en chemische eigenschappen had.

Ook aan een heel ander punt van de Radar is de fysische

chemie te pas gekomen. Als het radarsignaal ontvangen wordt moet dit op één of andere wijze zichtbaar gemaakt worden. Hiervoor is het in veel gevallen nodig het elektrische signaal in een lichtteken om te zetten. Dit kan gebeuren in de zogenaamde Braun-buizen, waarvan velen Uwer een miniatuur uitvoering kennen in het „kattenoog” der radiotoestellen. In deze Braun-buizen vallen bundels elektrisch geladen deeltjes op een fluorescentie scherm; dat is een laagje poeder, dat de eigenschap heeft onder dit bombardement op te lichten. Voor de Radar moet nu dit fluorescentiescherm zeer bepaalde eigenschappen hebben, o.a. moest het beeld, eenmaal ontworpen, nog enkele seconden blijven staan. De chemie kon, dank zij het inzicht in de processen die bij de fluorescentie een rol spelen, stoffen bereiden, die de gewenste eigenschap van nalichten hebben.

Weer op het gebied der zuivere wetenschap ligt een recente ontwikkeling der colloidchemie. Een hydrophoob sol is een systeem, dat uiterlijk gelijk op een oplossing, maar waarin bij nader onderzoek zeer kleine deeltjes van een niet oplosbare stof blijken te zweven. De deeltjes zijn zó klein dat het uitzakken onder invloed van de zwaartekracht slechts heel langzaam gaat. Men kan dit soort systemen goed vergelijken met melk waarin ook het vet in zulke fijne bolletjes verdeeld is dat het opromen onder normale omstandigheden zeer lang duurt. Evenals men bij melk het opromen belangrijk kan versnellen door een betrekkelijk kleine ingreep — n.l. het zuur maken van de melk — vindt men ook zeer algemeen, dat de bestaanbaarheid van een hydrophoob sol sterk beïnvloed wordt door geringe veranderingen in zout of zuur gehalte van het milieu. Blijkbaar moeten we twee toestanden onderscheiden, één waarbij de kleine deeltjes, die voortdurend in beweging zijn en ook van tijd tot tijd tegen elkaar aan botsen, niet blijvend aan elkaar hechten, en de andere waarbij een groot deel der botsingen tot een blijvende hechting voert, waarbij grotere conglomeraten van deeltjes ontstaan, die snel op de bodem zinken, resp. als ze lichter zijn dan water, opromen.

Om een verklaring van de bestaanscondities van deze twee toestanden te vinden heeft men moeten aannemen dat er tussen de deeltjes twee soorten krachten bestaan, aantrekkende en afsto-

tende, wier wisselspel het gedrag van deze systemen beheerst.

Theoretisch inzicht in de aard van deze twee krachten heeft de colloidchemie nu kunnen vinden enerzijds in de electrochemie, waar uit de theorie van de elektrische dubbellaag volgde, dat twee deeltjes elkaar afstoten en anderzijds in de physica waar in de van der Waals kracht een algemene attractie reeds lang bekend was. Ook theoretisch was de van der Waals-kracht door het werk van London verklaard. Nu bleek echter dat een uitwerking van de bovengeschetste theorie van de stabiliteit van hydrophobe solen op enkele punten niet met de experimenten overeenstemde, en dit gaf een aanwijzing dat de van der Waals-kracht sneller met de afstand moest afnemen, dan uit de theorie van London volgde. Deze overwegingen gaven Casimir en Polder aanleiding de theorie der van der Waals krachten nog eens onder de loupe te nemen en inderdaad lukte het hun de theorie op dit punt belangrijk te verbeteren. Hier ontleent dus eerst de colloidchemie haar theorieën aan de natuurkunde, maar geeft daarna de natuurkunde weer aanleiding en aanwijzing om diezelfde theorieën te verbeteren.

Waren dit al een aantal voorbeelden met zeer uiteenlopend karakter van samengaan van verschillende richtingen van onderzoek, het meest eclatante voorbeeld hiervan wordt naar mijn oordeel wel gevormd door het eiwit-onderzoek en dit wil ik daarom iets uitvoeriger met U bespreken.

Het zal nauwelijks nodig zijn U te vertellen waarom eiwitten zo belangrijk zijn. In de levende natuur komen ze in grote hoeveelheid en in grote verscheidenheid voor. Vooral in het dierenrijk is hun verbreiding enorm. De spieren bestaan in hoofdzaak uit eiwit, de huid, haar en hoorn zijn eiwitten, het bloed is een oplossing die naast enkele zouten vooral verschillende eiwitten bevat. De enzymen, die belangrijke biokatalysatoren, zijn eiwitten. En wat eigenlijk nog het belangrijkste is, het protoplasma en de celkern bestaan zowel bij plant als bij dier voornamelijk uit eiwitten en nauw met eiwit verwante stoffen. Ja, zelfs is het reeds zo ver gekomen, dat men van verschillende virussen b.v. van de mond- en klauwzeer smetstof met evenveel recht kan beweren dat het zeer kleine levende wezens als dat het, wel is waar grote, eiwit-

moleculen zijn. Het is dan ook zeker geen overdrijving, indien men zegt dat alle tot nu toe bekende leven aan eiwit gebonden is en dat wij de materiële kern van het leven in eiwitachtige stoffen te zoeken hebben.

Waar deze feiten, zij het wellicht in wat minder scherp omschreven vorm, reeds lang bekend zijn, spreekt het welhaast vanzelf dat het eiwitonderzoek reeds in een vroeg stadium van de chemie is opgevat. Ik wil hierbij niet nalaten er op te wijzen dat de Utrechtse hoogleraar in de scheikunde, Gerrit Jan Mulder in het begin der 19e eeuw als één der eersten zich uitvoerig met eiwitonderzoek heeft bezig gehouden. Ja, aan hem danken we de internationaal gebruikte naam voor eiwitten, de proteïnen, een woord dat Mulder afleidde uit het Grieks *πρωτεϊος*, dat ik hier vrij zou willen vertalen als de oerstof, voor het leven namelijk.

Dat het onderzoek in de 19e eeuw geen grote voortgang gemaakt heeft, is dan ook niet zo zeer aan gebrek aan belangstelling toe te schrijven, als aan het al spoedig doordringende inzicht, dat de structuur van eiwitten zeer ingewikkeld was en met de toenmaals ter beschikking staande middelen van onderzoek en vooral met het inzicht van die tijd niet met vrucht was aan te pakken.

Toch is in de 19e eeuw wel de grondslag gelegd voor later onderzoek. Bij de afbraak van eiwitten vond men verschillende zogenaamde aminozuren, die thans als de voornaamste, of zelfs enige bouwstenen van eiwitten beschouwd worden. Aminozuren zijn betrekkelijk eenvoudig gebouwde stoffen, die zowel zure als basische eigenschappen hebben, iets wat we ook bij de eiwitten zelf terugvinden.

Ook leerde men in die tijd een aantal eiwitten, zij het meestal nog in zeer onzuivere toestand bereiden.

Over de biologische rol van verschillende eiwitten had men nog een weinig klare voorstelling. Wel is vóór 1900 reeds veel bekend geworden over de rol die de eiwitten als onontbeerlijk bestanddeel in de voeding van mens en dier speelden.

Een grote sprong vooruit maakte het eiwitonderzoek omstreeks 1900, toen Emil Fischer meer licht wist te brengen in de organisch chemische opbouw van deze verbindingen, en ook van fysisch chemische kant door het werk van Sørensen,

Hardy, en anderen het eiwitonderzoek op meer moderne leest geschoeid werd.

Emil Fischer vond bij consequente toepassing van een reeds door G. J. Mulder voorgestelde eiwitafbraak-methode, n.l. de hydrolyse met zoutzuur, dat daarbij voor een hoog percentage aminozuren worden verkregen, hetgeen hem aanleiding gaf de eiwitten op te vatten als ketens van aminozuren.

Bovendien kon hij door het invoeren van een slimme analyse methode, de gefractioneerde destillatie van aminozuuresters in vele gevallen althans een voorlopige opgave van de aminozuursamenstelling van eiwitten geven. Het grote belang hiervan is dat het eiwit onderzoek er sterk door vereenvoudigd wordt. Zou men zich zonder deze gegevens bij de structuurbevestiging van een eiwit af moeten vragen hoe elk der koolstof, stikstof, waterstof of zuurstof atomen ten opzichte van de anderen geplaatst zijn, nu kan men volstaan met een plaatsbepaling van de aminozuur resten. Een probleem dat nog ingewikkeld genoeg is, maar waar men toch op enig succes kan gaan hopen.

Uit het onderzoek van Fischer en uit latere onderzoekingen is komen vast te staan, dat er in de natuurlijke eiwitten ruim twintig verschillende aminozuren voorkomen, niet zo'n verschrikkelijk groot aantal, als we denken aan de vele en verschillende functies die de eiwitten moeten vervullen, ja, als we er rekening mee houden dat misschien wel elk individu van een hogere diersoort zijn eigen eiwit heeft!

Toch is het mogelijk met dit betrekkelijk gering aantal aminozuren nog ontzettend veel variaties te vormen doordat ze in allerlei verhoudingen en in allerlei rangschikkingen in eiwit kunnen voorkomen, en omdat elk eiwitmolecuul er vele honderden bevat. Vragen we ons af hoeveel verschillende ketens men op zou kunnen bouwen, elk bestaande uit 300 aminozuren, te kiezen uit de 20 bovengenoemde, dan is dit aantal alleen reeds  $20^{300}$ , d.i. een getal van 391 cijfers, onvoorstelbaar veel groter nog dan het aantal atomen in het heelal dat „slechts” op een getal van ongeveer 70 cijfers geschat wordt. Deze veelheid wordt nog vergroot door het feit dat verschillende en vaak de meest interessante eiwitachtige stoffen, zoals de enzymen, hormonen, de bestanddelen van de celkern, niet alleen aminozuren maar ook andere verbindingen be-



vatten die blijkbaar juist met hun typische specifieke werkingen nauw verband houden.

Zo bezien lijkt het ontwarren van de eiwitstructuur een hopeloze taak en het zou nauwelijks verantwoord zijn er veel tijd aan te besteden, indien het belang van deze groep stoffen niet zo groot was en er behalve de organisch chemische niet zo veel andere manieren bestonden om het vraagstuk aan te pakken.

Ongeveer ter zelfder tijd als het werk van Fischer valt ook een ontwikkeling in het fysisch chemisch onderzoek der eiwitten waar te nemen. Men realiseert zich de betekenis van het gelijktijdig zuur en basisch karakter dezer stoffen. In zure oplossing dragen zij een positieve lading door het opnemen van waterstofionen, in basische oplossing zijn zij negatief geladen. Er is ook een zuurgraad aan te geven waar de elektrische lading juist nul is. Dit punt wordt door Hardy het isoelectrische punt genoemd.

Het feit dat de toestand der eiwitten zo sterk van de zuurgraad, tegenwoordig vrijwel altijd als „ $p_H$ ” aangegeven, afhangt is wel een van de voornaamste redenen dat in de levende natuur de  $p_H$  zo'n grote rol speelt. Om één enkel voorbeeld te noemen. De maagwand scheidt een zure vloeistof af, niet omdat dit maagzuur „een gat in het tapijt” kan branden en op deze wijze het voedsel verteert, maar omdat het in het maagsap voorkomende spijsverteringsenzym pepsine, dat zelf een eiwit is, voor zijn werking nu juist een zure omgeving vraagt.

De eiwitten worden herkend als colloïde systemen, dat wil zeggen als systemen met betrekkelijk grote deeltjes. Ja, ze kunnen zelfs gelden als prototypen van colloïden. De naam colloïde is afgeleid van *κόλλα*, lijm, die een eiwit is, verkregen uit been of kraakbeen.

Het colloïde karakter van de eiwitten heeft gedurende lange tijd moeilijkheden gegeven bij de verklaring van hun eigenschappen. Men kon het er niet over eens worden of de deeltjes in een eiwitoplossing nu als grote moleculen, dan wel als conglomeraten van kleinere moleculen opgevat moesten worden. Voor beide opvattingen waren argumenten aanwezig. Vooral de telkens gevonden variabiliteit der eigenschappen van eiwit praeparaten steunde de complex opvatting.

De ontwikkeling van de ultracentrifuge door Svedberg

en de toepassing daarvan op het eiwitonderzoek besliste deze controverse echter in de richting van de molecuulopvatting. Een ultracentrifuge is niets anders dan een centrifuge die zo snel draait dat men er de eiwitmoleculen mee uit hun oplossing kan slingeren, zoals men in een gewone centrifuge de room van de ondermelk, of een fijne neerslag van de moederloog scheidt. Toch houdt dit „niets anders dan” heel wat meer in dan een simpel verhogen van de draaisnelheid, die voor een gewone centrifuge b.v. 3000 toeren per minuut, maar voor de ultracentrifuge 70.000 omwentelingen en meer kan bedragen. Bij dit opvoeren van de omwentelingssnelheid moesten vele technische problemen opgelost worden waarvan ik er U ter illustratie een enkele noemen wil.

De hoogste snelheid van de centrifuge wordt ten slotte bepaald niet door het aandrijf mechanisme, dat altijd nog wel harder kan, maar door de trekvastheid van het materiaal, waaruit de eigenlijke centrifuge is gebouwd. Zo aan de rand van de mogelijkheden zit men hier, dat bij de bovengenoemde 70 of 75.000 omwentelingen reeds gedeelten van de rotor spanningen dragen boven de maximaal toelaatbare. Niettemin gaat Svedberg voor beproeving van een rotor en voor speciale proeven soms tot een omwentelingsgetal van 85.000 waarbij met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid moet worden aangenomen dat bij 90.000 toeren de rotor springt. Bij proeven met dit machtige instrument bleek nu dat in eiwitoplossingen alle individuele deeltjes dezelfde afmeting hadden of hoogstens in een klein aantal afmetingen voorkwamen en dit kan men wel nauwelijks anders interpreteren dan dat de deeltjes moleculen zouden zijn, temeer daar de zo gevonden moleculair gewichten, variërend van enkele tienduizenden tot over het miljoen, in enkele daarvoor in aanmerking komende gevallen goed klopten met reeds vroeger langs chemische weg bepaalde moleculair gewichten.

We hebben trouwens voor het fysisch chemisch eiwit onderzoek veel aan Skandinaviërs te danken. Werkte Svedberg speciaal op de grootte der eiwitmoleculen, Tiselius die ook in Upsala werkte, gebruikte de reeds genoemde positieve en negatieve lading als aangrijpingspunt van zijn onderzoek en ontwikkelde een zeer verfijnde methodiek, die hem in staat stelde de snelheid waarmee de geladen eiwitdeeltjes in het elektrische veld

bewegen te bepalen. Daar deze snelheid voor verschillende eiwitten een verschillende waarde heeft, levert het aanleggen van een electrisch veld in een oplossing, die een aantal eiwitten bevat een zeer elegante methode om het mengsel in zijn componenten te scheiden. Het pleit wel voor de methode van Tiselius, die in 1930 voor 't eerst gepubliceerd werd dat ze nu reeds een belangrijk hulpmiddel bij de klinische diagnostiek geacht wordt, doordat ze een snelle analyse geeft van albumine en globuline gehalten van bloedplasma, cerebrospinaal vocht etc.

Ook in het laboratorium der Carlsberg brouwerij bij Kopenhagen is veel op eiwitgebied gewerkt. Hier werkte o.a. Sørensen en thans Linderstrøm Lang. Sørensen bekend om zijn baanbrekend werk op 't gebied der  $p_H$ -meting is ook de man geweest die in 1916 al het beste tot nu toe bekende criterium voor de zuiverheid van een eiwit gegeven heeft n.l. het feit dat bij het oplossen van een zuiver eiwit er een zekere hoeveelheid nodig is om de oplossing mee te verzadigen, maar dat verder toevoegen van eiwit de concentratie van de verzadigde oplossing niet meer verhoogt.

Het is wel een merkwaardig bewijs voor het gebrek aan werkelijk contact tussen verschillende richtingen van onderzoek dat het tot op heden nog voorkomt dat eiwitten analytisch onderzocht worden met de hoogst bereikbare precisie zonder dat vastgesteld wordt, dat het eiwit aan gepaste criteria van zuiverheid voldoet. Het is misschien begrijpelijk dat, waar in dit gebied alle „gewone” criteria als smeltpunt, kookpunt, etc. door de bijzondere aard der stof niet toegepast kunnen worden, men zich tevreden stelt met een gebruikelijk „driemaal omkristalliseren”. Het blijft niettemin te betreuren, dat waar betere, zij het minder gebruikelijke criteria bestaan, als oplosbaarheid, gedrag in centrifuge of bij electrophorese, deze niet steeds toegepast worden.

Van geheel andere aard zijn weer de bijdragen, verkregen uit het Röntgenonderzoek. Een der eersten die de Röntgen analyse op een eiwit toepaste, was onze landgenoot Katz, die reeds in 1925 aantoonde dat in gerekte gelatine kristallijne ordening bestond. Later is het vooral Astbury geweest, die door een fantasierijke interpretatie der Röntgengegevens, gecombineerd met wat hij wist over mechanische en chemische eigenschappen tot een vrij scherp omschreven beeld van de opbouw van keratine

kon komen. Dit eiwit, het voornaamste bestanddeel van huid, haar, hoorn, veren, etc. en enige verwante stoffen, waaronder het eiwit van de spieren, zouden bestaan uit lange ketens, die parallel aan elkaar gerangschikt zijn. Met dit beeld wordt tevens het draadvormige of vezelige uiterlijk van de betrokken stoffen verklaard. De stevigheid van deze stoffen berust voor een groot deel op de zijdelingse samenhang der ketens die Astbury wel op wat speculatieve maar toch elegante wijze in verband brengt met de chemische eigenaardigheden der aminozuren, die de ketens opbouwen.

Men kan deze zijdelingse bindingen verzwakken door vocht, vooral door vocht en warmte samen. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij het aanbrengen van een „permanent”. Daarbij worden de lange ketens in het haar, na losmaken der dwarsbindingen ten opzichte van elkaar verschoven tot het gehele haar de zo gewenste krul gekregen heeft en daarna worden zij door afkoelen en drogen in de nieuwe stand gefixeerd.

Niet alle eiwitten hebben dit vezelig karakter. De oplosbare eiwitten uit bloed, melk en dergelijke, hebben een meer bolvormige gedaante. Hier liggen de lange ketens niet gestrekt, maar in vele specifieke plooiën opgevouwen, zoals blijkt uit de prachtige Röntgen diagrammen, die van sommige van deze globulaire eiwitten verkregen zijn (het eerst in 1934 door Bernal en Miss Crowfoot aan pepsine).

Om deze Röntgenbeelden echter verder te kunnen interpreteren is allereerst een verbetering van de chemische analyse nodig. Zolang men niet precies weet wát men in het eiwitpatroon onder moet brengen, is het onmogelijk uit te maken, hoe dit gebeurd is.

En nu is het een hoopvol feit dat juist de analytische chemie der eiwitten en aminozuren in de laatste jaren snelle vorderingen gemaakt heeft. Was het tot voor kort al mooi als men voor 70 of 80 % wist, welke aminozuren een eiwit opbouwen, in enkele gevallen heeft men nu die analyse tot werkelijk 100 % op kunnen voeren.

De weg waarlangs de analyse dit heeft kunnen bereiken is heel curieus en op zichzelf alweer zo'n voorbeeld van wisselwerking,

die men, eenmaal er op lettend, overal tegenkomt. Deze weg heeft namelijk gelopen over de chemie van de voeding.

In de afgelopen oorlog, toen er over de gehele wereld, ook bij onze gealliëerden, eitwitschaarste was, is het onderzoek naar de samenstelling van eiwitbronnen sterk gestimuleerd. Daarbij zijn ook nieuwe analyse methodes voor aminozuren uitgewerkt, die merkwaardigerwijs zélf weer op voeding gebaseerd zijn. Evenals de mens en hogere dieren hebben ook bacteriën voor hun leven en voortplanting behoefte o.a. aan verschillende aminozuren. Indien men die bacteriën voedt met een diët, dat ruim voldoende van alle voedingsstoffen bevat, maar waarin één aminozuur ontbreekt, dan groeien ze helemaal niet. Geeft men nu ook het ontbrekende aminozuur er bij, dan is hun groeisnelheid evenredig met de hoeveelheid van dit aminozuur. Geeft men in plaats van een bekende hoeveelheid, een mengsel, dat een onbekende hoeveelheid van het bewuste aminozuur bevat, dan vormt dus de groeisnelheid een maat voor het gehalte aan dit aminozuur. Daarmee leverde de voedingschemie of liever de microbiologie een hulpmiddel, dat op 't ogenblik van veel waarde is bij de analyse van eiwitten en het eiwitprobleem weer een stap dicht bij zijn oplossing gebracht heeft.

Dat ook de biologische en medische wetenschappen veel tot de kennis der eiwitten hebben bijgedragen, spreekt wel van zelf. Ik wil hier een enkel punt naar voren halen, dat mij wegens het verband met de chemie interesseert.

Aan sommige eiwitten komt een heel specifieke functie toe, zo b.v. aan het pepsine, een bestanddeel van het maagsap, dat voor de vertering der eiwitten zorgt of het insuline uit de alvleesklier, dat onze suikerhuishouding regelt. In de zeer specifieke biologische activiteit heeft men voor beoordeling van de concentratie en de zuiverheid van deze eiwitten betrekkelijk gemakkelijke criteria en niet toevallig zijn dan ook enige van de best gekarakteriseerde eiwitten juist vertegenwoordigers van deze groep.

Ik zou met deze opsomming nog lang door kunnen gaan. Er zijn weinig gebieden die zo veelzijdig zijn als juist dit eiwitonderzoek en er is in de natuurwetenschappen vrijwel geen ander gebied

aan te wijzen waar we zo het gevoel hebben onmiddellijk zelf bij betrokken te zijn. Maar ik moet met de tijd en Uw geduld rekening houden en wil dus nog slechts opmerken, dat de vele facetten, die het eiwitprobleem heeft en waarvan ik er U enkele getoond heb niet los van elkaar staan. Men kan het eiwitonderzoek niet in verschillende onafhankelijke stukken uiteen laten vallen. Integendeel, de verschillende methoden van physica, chemie, biologie en medische wetenschap lopen voortdurend door elkaar heen. Bijna elk onderzoek op dit gebied steunt op de analyse. Bij de zuivering gaan in vele gevallen fysieke chemie en biochemie hand in hand. De interpretatie der Röntgengegevens steunt op het organisch chemisch inzicht, dat zelf vaak weer met biochemische middelen verkregen is. Een fysiologisch probleem als de spiercontractie, is een onontleedbaar netwerk van thermochemie, thermodynamica, analyse, maar ook van Röntgenanalyse, optisch onderzoek en enzymologie.

Ik heb bij de eiwitten wat lang stilgestaan, omdat hier het samenwerken van en de wisselwerking tussen verschillende vakrichtingen zo bijzonder duidelijk is. Maar met de andere er aan voorafgegane voorbeelden die ieder voor zich zelf nog naar geloven kan aanvullen, heb ik de algemeenheid van het vraagstuk menen aan te tonen.

Wij komen dus voor de vraag te staan, hoe men het gewenste contact tussen verschillende vakgebieden op de beste wijze tot stand kan brengen.

Een voor de hand liggende oplossing, die ook in de oorlog veel is toegepast, is het vormen van werkgroepen van onderzoekers, ieder specialist op zijn gebied, in de verwachting, dat de gezamenlijke, gecoördineerde inspanning het gewenste resultaat levert. Het succes van deze methode lijkt zeer groot geweest te zijn, maar voor wie iets meer in details kijkt, blijken de grote resultaten geheel op toepassing en uitwerking van reeds bestaande gegevens te berusten, terwijl saillante principiële vorderingen op vrijwel geen enkel gebied gemaakt zijn. Dit zal ieder beamen, die, na kennisneming van de oorlogs- en na-oorlogs literatuur tot zijn verbazing gemerkt heeft, hoe weinig hij in fundamenteel opzicht achter was geraakt.

Toch mag men dit gebrek aan resultaten op fundamenteel gebied niet geheel aan een verkeerde wijze van samenwerken toeschrijven. De oorlog zelf, zeker de totale oorlog, met zijn dringende vraag naar producten en niet naar theorieën vormt een slecht klimaat voor fundamenteel werk. Bovendien zullen de werkelijk grote vondsten toch wel altijd éénmanswerk blijven.

Er is op 't oogenblik een neiging om instellingen voor fundamenteel wetenschappelijk onderzoek op te richten buiten de bestaande Universitaire Instituten. Eén van de argumenten daarbij is, dat zo'n instelling, door een passende keuze van medewerkers de samenwerking tussen verschillende vakgebieden beter tot zijn recht doet komen. Daarbij wil ik opmerken, dat het aantal mogelijkheden om dergelijke aparte instellingen op te richten zeker klein zal blijven, terwijl de vraag naar samenwerking een veel algemener karakter heeft en vaak ook voorkomt bij vraagstukken, te klein om er een eigen instituut voor te vormen. En zelfs zou men kunnen vrezen, dat deze instellingen juist door hun afzonderlijke plaats tóch weer de kiem van specialisme en te nauwe begrenzing in zich dragen.

Beter komt het mij dan ook voor de samenwerking tussen bestaande Universitaire en andere Instituten te bevorderen en hun werk of een deel van hun werk te coördineren, waardoor de gehele materiële en vooral geestelijke achtergrond dezer Instituten een zeer gunstige factor in het gezamenlijke werkplan kan vormen. Vraagt men wie de coördinerende instantie moet zijn, dan antwoord ik daar zonder aarzelen op: de betrokken instituten en personen zelf. Zo ergens, dan geldt zeker bij wetenschappelijk onderzoek, dat men met onwillige honden geen hazen vangt. Van een samenwerking, die niet op wederzijdse sympathie en belangstelling zou steunen, maar als een dwang van buiten gevoeld zou worden, kan men geen enkel resultaat verwachten.

Wat de persoonlijke instelling van de deelnemers aan zulk teamwork betreft, moet men van alle medewerkenden behalve grondige kennis van het eigen vak, ook voldoende kennis van en belangstelling voor de andere takken van het gecoördineerde onderzoek vragen. Slechts daardoor is het ideaal te benaderen, dat het gehele onderzoek gebeurt als door één persoon, die in zich de ervaring van alle medewerkers verenigt.

Wat in een voetbalelftal een vanzelfsprekendheid is, dat iedere speler in beginsel de plaats van ieder ander over kan nemen, omdat hij daardoor alleen zijn samenwerking met spelers op andere plaatsen goed verwezenlijken kan, moet bij gecoördineerd wetenschappelijk onderzoek *mutatis mutandis* ook vervuld worden.

Voor de beoogde samenwerking zijn aan een Universiteit vele gunstige factoren aanwezig, te zeer voor de hand liggend om daar nu verder over te hoeven uitweiden. De spreiding der Instituten door de stad, die aan onze Nederlandse Universiteiten helaas regel is, vormt daarbij een bezwaar, dat echter wel te overkomen is.

Tot welke resultaten zulk een samenwerking kan voeren, leren ons twee recente Utrechtse voorbeelden, n.l. de isolering van en het onderzoek over de auxinen, gemeenschappelijk werk van chemici en biologen en de Biophysische Werkgemeenschap, die wel een zelfstandig instituut vormt, maar toch is ondergebracht in het Fysisch Laboratorium en de nauwste banden onderhoudt met *Physica* en *Biologie*.

Ook voor de opleiding brengt het hier besprokene consequenties met zich mee en ik wil niet eindigen, zonder daarop gewezen te hebben

Aanvaardt men, dat in de toekomst meer en meer de geschiktheid en geneigdheid tot teamwork, eventueel met vertegenwoordigers van sterk afwijkende studierichtingen van belang zal zijn, dan betekent dat, dat naast de noodzakelijke specialisatie, en zelfs geheel afgezien van de menselijke factor, een breed aanrakingsvlak met andere studierichtingen, andere faculteiten noodzakelijk is. Dit contact moet nog tot laat in de studie, ook juist in de tijd van verder specialiseren bewaard blijven. Behalve aan een passende keuze van bijvakken naast het hoofdvak, moet men hier zeker ook denken aan gemengde colloquia en werkgroepen, waar vertegenwoordigers van verschillende studierichtingen gemeenschappelijk een onderwerp bespreken of bewerken. De hoofdzaak is, dat de belangstelling voor het werk buiten eigen terrein gewekt en onderhouden wordt en de student ook leert hoe hij zich voor een eerste oriëntering in vreemd terrein in kan werken.

Wie zo eenmaal geleerd heeft met anderen samen een bepaald gebied te bewerken, vergeet het niet licht en van haar of hem mag de goede instelling tegenover teamwork verwacht worden, zoals dat in wetenschap en industrie hoe langer hoe meer op de voorgrond komt.

Aan het einde van mijn rede gekomen wil ik in de eerste plaats hier mijn eerbiedige dank uitspreken aan *H. M. de Koningin*, die mij wel tot hoogleeraar aan deze Universiteit heeft willen benoemen.

*Mevrouw en Mijne Heren Curatoren deser Universiteit*, voor het vertrouwen, dat Gij in mij gesteld hebt, door mij voor deze benoeming voor te dragen, ben ik U zeer erkentelijk. Ik hoop mij dit vertrouwen waardig te zullen tonen. Uw steun *Mijnheer de Secretaris van Curatoren*, inzake enige aanvullingen van de inrichting van het Laboratorium en op enkele andere punten was voor mij reeds gedurende de weinige maanden dat ik hier was van veel waarde. Moge onze samenwerking in de toekomst van dezelfde geest vervuld blijven.

*Dames en Heren leden van de Academische Senaat*, ik acht het een groot voorrecht in Uw midden te zijn opgenomen. Moge het mij gegeven zijn, in de geest van deze rede met verschillenden van U daadwerkelijk te kunnen samenwerken, waarbij ik behalve aan de leden van mijn eigen Faculteit wel in de eerste plaats denk aan die der Geneeskunde en der Diergeneeskunde.

Met enige schroom, *Dames en Heren leden van de Faculteit der Wis- en Natuurkunde*, deed ik mijn intrede in Uw kring. De wijze waarop Gij mij daar tegemoet zijt getreden en de prettige sfeer in onze Faculteit maakten dat ik mij daar al na zeer korten tijd thuis gevoelde, zó zelfs, dat het mij nu wel eens moeite kost mij te realiseren dat ik niet reeds jaren deel van Uw kring uitmaak.

Het is nog niet zo heel lang geleden, dat ik aan deze Universiteit mijn studie volbracht en ik ontmoet hier dan ook verschillende van U die toen mijn leermeesters waren. Met eerbied en weemoed

gedenk ik daarbij *Cohen* en *Ornstein* die niet meer onder de levenden zijn.

Aan U hooggeachte *Kruyt* heb ik wel bijzonder veel te danken. Gij hebt een zeer groot aandeel in mijn wetenschappelijke vorming gehad, zo rechtstreeks door Uw lessen, als door Uw voorbeeld. Ik ben er trots op mij Uw leerling te mogen noemen. In Senaat en Faculteit zijt gij bijzonder geacht. Dat ik aangevoelen ben als Uw opvolger, voel ik in de eerste plaats als een grote eer en ik besef dat het verplichtingen met zich mee brengt waaraan het zeer moeilijk zal zijn te voldoen. Uw wetenschappelijke rijpheid, Uw veelzijdigheid heb ik niet, Uw grandeur te evenaren is mij niet gegeven. Mogelijk dat de liefde die ik voel voor onderzoek en onderwijs mij niettemin in staat zullen stellen de plaats die Gij hier open hebt gelaten op redelijke wijze te vervullen. Het is mij een steun te weten, dat ik daarbij op Uw vriendschap rekenen mag.

Waarde *Bijvoet*, ons eerste contact dateert van de tijd dat ik mijn dissertatie bewerkte, waarin Uw helder inzicht en opbouwende critiek zijn spoor duidelijk heeft achtergelaten. Ik had later nog verschillende malen gelegenheid met U samen te werken, en leerde U daarbij als onderzoeker en als mens zeer waarderen. Ik acht het een voorrecht met U in één Laboratorium te mogen werken. Ik twijfel er niet aan of wij zullen de goede traditie van samenwerking, die het van 't Hoff Laboratorium kent, voortzetten.

Waarde *Kögl*, het respect en de waardering die ik voor U had, toen Gij mijn leermeester waart, is er in de loop der jaren slechts groter op geworden. Mijn belangstelling voor de biochemische aspecten der fysische chemie is zeker voor een niet gering deel op Uw invloed terug te voeren. Ik hoop dat wij in de toekomst ook op dit gebied herhaaldelijk punten van contact zullen vinden.

Beste *Milatz*, de vriendschap die ons bindt, dateert al van de lagere school. Het is er mee als met belegen wijn, die met de jaren steeds beter wordt. Ja beter dan met wijn, want 't gebruik doet haar niet af, maar toenemen. Ik verheug me zeer dat wij vriendschap en samenwerking ook in deze omgeving zullen voortzetten.

*Directie en medewerkers van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken* te Eindhoven, de jaren, die ik in Uw midden doorbracht zijn voor mijn vorming van grote betekenis geweest. Niet alleen heb ik bij U geleerd hoe toegepaste en zuivere wetenschap onverbrekkelijk met elkaar vervlochten zijn, niet alleen heb ik de vriendschap en saamhorigheid in het Laboratorium in de moeilijke bezettingsjaren bijzonder gewaardeerd, de hele inhoud van deze rede, het zal U niet ontgaan zijn, is geïnspireerd door de wijze van samenwerking die ik bij U heb gevonden. Hoe zeer ik mij er over verheugd heb naar deze plaats geroepen te zijn, ik zal nog vaak Uw kring, zowel in als buiten het werk missen.

Waarde Verwey, naast de samenwerking in het kader van mijn directe taak in het Eindhovense Laboratorium bindt ons het onderzoek over de stabiliteit der hydrophobe colloïden dat, ik zeg het zonder overdrijving, een belangrijke plaats in mijn leven inneemt. Het stemt mij tot vreugde dat ik daarenboven U mijn vriend mag noemen.

Ik verheug mij er zeer over, dat ik vandaag ook mijn Ouders onder mijn gehoor mag hebben.

*Dames en Heren Studenten*, het gebruik wil dat ik op een dag als deze het laatst het woord tot U richt. Die plaats is alleen te rechtvaardigen op grond van Uw jeugd. Want een zeer belangrijk gedeelte van mijn taak acht ik gelegen in mijn bijdrage tot Uw opleiding. Het is een voorrecht U in de fysieke scheikunde te mogen inleiden. Ik hoop U daarbij behalve vakkennis ook iets van de geestdrift te kunnen overdragen die mij zelf vervult. In Uw studie streeft Gij in hoofdzaak twee dingen na. In de eerste plaats is het er U om te doen kennis en inzicht te vergaren op de door U gekozen gebieden. Daarenboven wilt Gij zelfstandig wetenschappelijke werkers worden, dat wil zeggen, moet Gij leren in onbekend terrein U zelf een weg te banen. In beide taken zal ik U, zoveel in mijn vermogen ligt, steunen.

Mijn rede van vandaag was misschien meer dan met de gewoonte overeenkomt, voor U bestemd. Velen Uwer zullen in hun studie en zeker in hun toekomstige werkkring ondervinden, dat men als alléén maar specialist, verloren is, en dat een bredere ont-

wikkeling, een gevoel voor groter verband en enige mogelijkheid, dit te realiseren, onmisbaar zijn.

Tot slot wil ik U wijzen op een punt, dat slechts in verwijderd verband met het heden besprokene staat, maar dat ik te belangrijk acht, om het stilzwijgend voorbij te gaan.

De exacte wetenschappen nemen in de Maatschappij een steeds grotere plaats in. In en na de jongste oorlog heeft de gedachte zich baan gebroken, dat hij die een technisch product of een wetenschappelijke theorie ontwikkelt, daarmee ook een verantwoording op zich laadt.

Op zich zelf zijn de resultaten van wetenschap en techniek goed noch slecht, maar het gebruik dat er van gemaakt wordt kan een vloek of een zegen zijn. Geef U er rekenschap van, dat Gij door Uw werk en Uw opleiding behoort tot de betrekkelijk kleine groep die de mogelijkheden van wetenschap en techniek kan beoordelen en dat Gij daarom de plicht hebt, er actief aan mee te werken, dat van deze mogelijkheden een zegenrijk gebruik gemaakt wordt.

Ik heb gezegd.

---