

# DE STEEN DER WIJZEN IN DEZE TIJD

REDE

UITGESPROKEN TER GELEGENHEID VAN  
DE 33<sup>E</sup> VERJAARDAG VAN DE LANDBOUW-  
HOGESCHOOL OP 9 MAART 1951

DOOR

DE RECTOR MAGNIFICUS

PROF. DR. H. J. C. TENDELOO



H. VEENMAN & ZONEN • WAGENINGEN

*Mijne Heren Curatoren en Hoogleraren, Dames en Heren Lectoren, Docenten, Assistenten en Studenten en voorts Gij allen, die deze herdenking van de 33ste Dies Natalis der Landbouwhogeschool met Uw tegenwoordigheid vereert,*

*Zeer geachte Toehoorderessen en Toehoorders,*

Uit de geschiedenis der mensheid blijkt, dat van de vroegste tijden af de menselijke geest zich heeft beziggehouden met het raadsel der materie, zoals zij zich openbaart in talloze verschijningsvormen, in organismen, in organische en anorganische stoffen. De mensheid heeft steeds uitvindingen gedaan en daardoor zeer vele nieuwe verschijningsvormen der materie geschapen.

Het is bekend, dat de toeneming van onze kennis en de verdieping van onze inzichten niet steeds geleidelijk zijn tot stand gekomen. Er zijn tijdperken geweest waarin, naar wij menen te mogen vaststellen, de vooruitgang betrekkelijk traag was of stilstond. Wat deze laatste waardering aangaat: ons eigen tempo kan ons er toe brengen om een kleine vooruitgang in het verleden als stilstand te beoordelen. Er zijn andere tijdperken waarvan wij nochtans blijven verklaren, dat zij een sterke ontwikkeling te zien geven, zowel wat betreft kennis als inzicht.

In een zodanig tijdperk leven wij sedert het begin van deze eeuw. Er zijn nog geen voortekenen, dat deze ontwikkeling in de toekomst geremd zal worden. Integendeel, wellicht mag nú nog gezegd worden, dat de ontwikkeling nog uitdrukkelijker zal zijn. Ieder, die in een der sectoren van de natuurwetenschappen zijn arbeidsveld of -veldje vindt, weet, dat de enorme hoeveelheid literatuur, die regelmatig verschijnt, getuigt van een activiteit, die nauwelijks bij te houden is. Hoewel er in die literatuur veel voorkomt, dat als nieuw wordt aangediend, blijken vele artikelen herhalingen in nieuwe vorm te zijn van wat anderen reeds geschreven hadden. Niettemin verschijnt er veel, dat uitzicht opent en de basis legt voor verder onderzoek, voor verrijking van kennis en verdieping van inzicht.

Ik wil trachten een beeld te geven van enkele aspecten van de bedoelde ontwikkeling en hun achtergronden. Het komt mij voor, dat ik U niet moet vermoeden met al te speciale en technische beschouwingen uit de scheikunde, die in het algemeen, en niet alleen door studenten, moeilijk gevonden wordt.

Tot de oudste getuigen van scheikundige vaardigheid behoren de zgn. Leidse en Stockholmse papyri, oorkonden in 1828 in een Egyptisch grafveld gevonden. De Griekse tekst hiervan, uit ongeveer de derde eeuw onzer jaartelling, bevat vele voorschriften betrekking hebbende op edele metalen, edelstenen en kleurstoffen. Zij geven de ervaringen

van vele voorgeslachten weer; ook zijn er enige auteursnamen vermeld, b.v. die van de Pseudo Demokritos uit de eerste eeuw na Christus, die later de vader van de alchemie, de eerste alchimist, genoemd zou worden. Zijn boeken, met als hoofdwerk „Physica et mystica” zouden het teruggevonden werk van een Perzisch priester Ostanes zijn, wiens geest Demokritos bezworen zou hebben en van wie Demokritos vernomen zou hebben, dat zijn geheimschriften zich in zijn tempel zouden bevinden. Tevergeefs werd deze doorzocht, maar later ging tijdens een tempeldienst een zuil open; de boeken kwamen te voorschijn, maar zij bevatten niet anders dan deze uitspraak: „De natuur verheugt zich over de natuur, de natuur overwint de natuur, de natuur heerst over de natuur”, en von Lippmann laat hierop volgen, dat deze enkele woorden zeker getuigen van de bovenmenselijke wijsheid van Ostanes om de veelheid van ervaringen hierin samen te vatten! Ostanes zelf sprak op zijn beurt van oudere auteurs.

Hermes, genaamd Trismegistos, een mythologische figuur, die met verschillende goden geïdentificeerd werd, o.a. met Ptah, Chnum en Thot, zou 20–36 duizend werken geschreven hebben. Een excerpt uit zijn werken zou, volgens Clemens Alexandrinus, 42 banden omvatten. Men zag in Hermes de personificatie van weten en wetenschap, de ingewijde in geheimen, de scheppende geest, de man in wie begin en einde der goddelijke kunst verenigd was, de meester van de heilige en hermetische kunst, de eerste alchimist, die tot in onze tijd nog leeft in de uitdrukking: hermetisch gesloten. Ondanks zijn talrijke publicaties!

Wie alchemie zegt komt daarmee op een onderwerp waarover geen eenstemmigheid bestaat. John Read begint zijn boek „Prelude to chemistry” met te zeggen, dat vele schrijvers alchemie de zogenaamde kunst noemen om uit onedele metalen de edele metalen goud en zilver te maken. Algemener zou alchemie de chemie der middeleeuwen zijn en Liebig zegt, dat alchemie nooit iets anders is geweest dan chemie. Alchemie was een wetenschap en behandelde al die procedé's, waarbij chemie technisch werd toegepast. In nog algemener zin zou alchemie een filosofisch systeem zijn, dat indringt zowel in het mysterie van het leven als in dat van de dode stof. In 1742 schreef Dufresnoy in zijn „Histoire de la philosophie hermétique”, dat hij daarin de geschiedenis van de alchemie, de grootste dwaasheid en de diepste wijsheid, waartoe mensen kunnen komen, zou geven.

In China schijnt de alchemie reeds in de vijfde eeuw voor Christus te zijn ontstaan en vanaf 300 voor Christus te zijn beoefend. Het is een vraag of Egypte dan wel China het land van oorsprong van de alchemie is. In China is de alchemie nauw verbonden met het Taoïsme, een godsdienst en wijsbegeerte gebaseerd op de leer van Lao-Tse van de zesde eeuw voor Christus. Van oudsher geloofden de Chinezen in de leven-gevende en verjongende eigenschappen van jade, parel, cinnaber en andere stoffen. Ko Hung (ongeveer 300 voor Christus) filosoof,

alchemist, medicus en dichter (excusez du peu!) ziet in de alchemie 3 opdrachten, nl.: de bereiding van een vloeibaar goud, dat een lang leven zou mogelijk maken; de bereiding van kunstmatig cinnaber ten gebruike bij het maken van goud en de transmutatie van metalen in goud.

Later sprak men in de alchemie over de ziel van kwik, zwavel en lood, in dezelfde zin als de Taoïst over de ziel der stervelingen sprak en in een nog later stadium werden metalen geïdentificeerd met delen van het menselijk lichaam.

De overeenkomst tussen de Chinese en Westerse alchemie doet de vraag opkomen naar een gezamenlijke oorsprong.

Het blijft moeilijk om uit te maken waar deze gezocht moet worden. Het oudst bekende geschrift aan alchemie gewijd is van Chinese herkomst, ± 142 voor Christus, de Ts'an T'ung Ch'i van Wei Po-yang. Uit alles wat men heeft kunnen vaststellen blijkt wel, dat de verspreiding van gedachten veel ruimer geweest moet zijn, dan men zo geneigd is te veronderstellen. Er zijn vele overeenkomsten, die alle wijzen op eenzelfde grondgedachte; oude technieken gelijken op elkaar. Men is het er wel over eens, dat de alchemie, zoals men die heeft leren kennen bij de Islamieten, bestaat uit kennis, gekomen uit Egypte, Babylonië, Indië en China, en dat de Arabieren haar via Spanje in Europa gebracht hebben.

Voor Europa is van belang, dat de alchemie onder invloed kwam van de Griekse wijsbegeerte. De wijze, waarop de Griekse wijsbegeerte zich bezig hield met de chemie, al was het dan alchemie, doet ons vreemd aan. Merkwaardig is ook, dat gedachten als die van de invloed der sterren op de chemie en de mystieke krachten van getallen tot het einde der zeventiende eeuw de chemie blijven beïnvloeden. Holmyard zegt, dat het misschien toch niet te ver gaat aan te nemen, dat iets van die gedachten nog de onze zouden zijn en hij noemt dan o.a., dat de structuur van het atoom tenslotte een kwestie is van betrekkingen tussen getallen. Grote invloed is uitgegaan van Aristoteles (384-322 v. Chr.). Hij was geen chemicus, maar zijn wijsbegeerte heeft bijna tweeduizend jaar het wijsgerig denken en daardoor ook de chemische theorieën sterk beïnvloed.

Een element is volgens Aristoteles niet in eenvoudige stoffen te ontleden. Tot aan het einde der negentiende eeuw, toen de radioactiviteit ontdekt werd, kon de chemie dit onderschrijven. Terwijl men in de moderne tijd door analyse weet, dat een stof een element is, volgt Aristoteles niet de experimentele methoden om de elementen te vinden. Evenals Empedocles vóór hem, stelt Aristoteles a priori vast, dat er vier elementen zijn: aarde, water, vuur en lucht, waarin de meest algemene eigenschappen vochtig, droog, nat en warm worden waargenomen. Later worden de elementen de eigenschappen zelve. Het denken maakt de eigenschappen los van de stof en wij spreken van hardheid, door-

zichtigheid, glans, enz., zonder echter te beweren, dat deze eigenschappen op zichzelf bestaan. Niemand zal aanvaarden, dat men door aan een stof de eigenschappen van hardheid, doorzichtigheid en glans te geven diamant gemaakt zal hebben. Toch heeft de gedachte, dat men aan een stof achtereenvolgens verschillende eigenschappen moest geven om een andere gewenste stof te verkrijgen mede aan de alchemie ten grondslag gelegen. De meest gewenste stof was natuurlijk goud, zodat alchemie en goud maken begrippen werden die elkaar gingen dekken.

De alchemie bediende zich van raadselachtige taal. Was dit om het eigenlijke doel te verbergen? Het is op zichzelf interessant om te lezen hoe latere geslachten getracht hebben om deze taal te verstaan. Maar de praktijk werkte naar voorschriften, zonder theorie en geheimzinnigheid. De genoemde Leidse en Stockholmse papyri bevatten „technische voorschriften, volkomen nuchter, voor de vervaardiging van alliages, de kleuring van gesteenten, de bereiding van kleurstoffen, al te gader voorschriften voor het maken van surrogaten van kostbaarheden, liefst zo welgelijkend mogelijk” schreef Ch. M. van Deventer. Tot aan Lavoisier (1743-1794) is de invloed van Aristoteles op het natuurwetenschappelijk denken merkbaar geweest en het was voor de onderzoekers in die tijd niet gemakkelijk om zich van Aristoteles af te wenden.

De eeuwen van geringe vooruitgang werden gevolgd door tijden van ongekende ontwikkeling.

De meest spectaculaire resultaten van de laatste halve eeuw zijn aan de physica ten deel gevallen. Het zijn zowel de tot in de perfectie ontwikkelde meetmethoden, de experimenteerkunst, de materiaalbeheersing, als het de physici ter beschikking staande, verder en dieper ontwikkelde wiskundige apparaat, die alle medegewerkt hebben om te geraken tot prestaties, die bewonderenswaardig zijn. De vondsten spreken gemakkelijk bewondering en verwondering aan, omdat er zo vele onder zijn, die verwerkt worden in voorwerpen, die zo zeer begeerd worden, dat het vaak wel lijkt alsof leven zonder deze producten van menselijk vernuft, werkzaamheid en ondernemingskracht niet meer mogelijk is. Iedereen denkt hierbij aan film, radio, radar, televisie, vliegtuig, auto, de allermooiste rekenmachines, atoomenergie enz.

Terwijl Jan Fabricius nog kon schrijven, dat bij de eerste telefoonverbinding over een afstand van 1 km in Bandoeng, een goede vijftig jaar geleden, de luisterende beefde van schrik omdat hij geloofde, dat de spreker door het bezit van een telefoontoestel het vermogen had gekregen om zich zo klein te maken, dat hij in de hoorn van de luisterende kon kruipen via de verbindingsdraad, is het thans wel zo gesteld, dat men over een nieuwe vinding nauwelijks meer verwonderd is en aan een gevoel van bewondering vaak in het geheel niet meer toekomt.

Er doen zich in deze tijd problemen voor, die het gevolg zijn van de vooruitgang van onze kennis, en die van zodanige aard zijn, dat zij ten enenmale onvergelykbaar zijn met de problemen, die opkwamen na belangrijk gebleken vondsten van weleer. De problemen waartoe de uitvinding van de stoommachine, of de explosie-motor leidde zijn van geheel andere orde dan die waartoe de atoomenergie thans nog aanleiding geeft. De ontwikkeling der wetenschap smeedt thans zelf de wapenen, die haar ondergang mogelijk maken en niet alleen haar eigen ondergang.

Aan de vrijheid der wetenschap is haar ontwikkeling te danken. Er zijn krachten, die deze vrijheid aantasten. In het belang van de wetenschap en de wereld, waarin zij tot ontwikkeling is gekomen, zal deze vrijheid beschermd moeten worden, opdat niet toch geschiedt, wat niet gewild wordt en niet verdragen zal kunnen worden. Dit erkent ieder, evenals men de waarheid erkent van het woord: „Science sans conscience est l'ennemi de l'âme”.

Het is boven elke twijfel, dat aan de chemie een gelijkwaardige waardering moet worden toegekend als aan de physica. In vele gevallen zijn haar resultaten even spectaculair. Men denke slechts aan de veroveringen door alles wat onder de verzamelnaam „plastic” en kunststof verschenen is en verschijnt, of aan penicilline en andere antibiotica, vitaminen en hormonen, aan de vorderingen, die gemaakt zijn in geneeskunde en biologie door middel van verbindingen, die de chemici synthetiseerden. Ook deze ontwikkeling gaat door, en ook hier is te verwachten, dat zij ongehinderd zal voortgaan. Iedere nieuwe stof is zelve uitgangspunt voor een niet te voorziene reeks van nieuwe verbindingen waaronder er altijd kunnen zijn, die in een of andere richting bijzonder waardevolle eigenschappen vertonen. Ook zonder dat men te maken heeft met nieuwe verbindingen blijkt telkens weer hoe het onderzoek tot verrassende resultaten komt. Ik herinner b.v. aan de grote betekenis, die toegekend moet worden aan de zgn. sporen-elementen. Het welzijn van dier en plant is afhankelijk van bepaalde elementen in zo kleine hoeveelheid, dat zij lange tijd aan de waarneming ontgaan waren. Lang bekend zijn de gevolgen van jodium-gebrek, die bij de mens tot afwijkingen van de schildklier leiden. In de landbouw is het gebrek aan borium en koper in de grond voldoende bekend door de gevolgen daarvan. Het onderzoek van de invloed van sporen molybdeen en cobalt is in volle gang.

Is het vaststellen van een gebrek aan of een teveel van enig bestanddeel reeds een moeizaam verkregen resultaat, moeilijker nog is de kwantitatieve bepaling van die zeer kleine hoeveelheden. Hiervoor is samenwerking nodig van verschillende deskundigen, en niet in de laatste plaats van hen, die op de hoogte zijn van het gebruik van min of meer automatisch werkende apparaten, die in steeds groter variatie in de handel verkrijgbaar gesteld worden en een onderzoek vaak slechts in schijn eenvoudig maken.

Een nog moeilijker opgave is te trachten tot inzicht te komen omtrent de rol, die een bepaalde component vervult bij de handhaving van een harmonie, die het welzijn van een organisme bepaalt. Fysisch-chemisch en kolloïdchemisch onderzoek in vitro heeft in de loop der jaren op verschillende wijzen aangetoond, dat er verschijnselen zijn, die zeer belangrijk beïnvloed worden door de aanwezigheid van kleine hoeveelheden van toegevoegde stoffen. Deze invloed kan zowel gunstig als ongunstig zijn, juist zoals dat in een levend organisme ook het geval kan zijn. Chemische omzettingen in vitro kunnen belangrijk versneld of vertraagd worden door katalysatoren of door inhibitoren, stoffen van zeer verschillende aard, die bij de reagerende stoffen gebracht worden. Zonder katalysator zou de bereiding van synthetische ammoniak economisch onmogelijk zijn, evenmin als die van vele moderne kunststoffen. Een katalysator is nog steeds een min of meer geheimzinnige stof, die vaak specifiek is en zeer gevoelig kan zijn voor vreemdelingen in zijn domein, waarbij hij op voor de hand liggende wijze reageert of door verdere dienst te weigeren of door extra zijn best te doen. In het eerste geval spreekt men van vergiftiging, in het tweede van activering. Katalyse, vergiftiging en activering werden, en worden nog immer intensief bestudeerd. Niet alleen voor het wetenschappelijk onderzoek, maar zeer bepaald voor de practijk zijn onschatbare resultaten bereikt.

Het is mij op dit ogenblik niet te doen om gedetailleerde beschouwingen te geven over hypothesen betreffende het mechanisme van de werking van een katalysator of de overeenstemming tussen theorie en experiment. Ik wil mij hier beperken en alleen zeggen, dat veel van de werking van een heterogene katalysator, als b.v. een metallische katalysator in een gasreactie, begrepen kon worden sedert men zich een helderder inzicht verworven had in de eigenschappen van het begrenzend oppervlak van vaste en vloeibare stoffen en het daarmee samenhangende verschijnsel van adsorptie beter had leren begrijpen. Het is interessant te constateren, dat wij thans een ontwikkeling meemaken van de behandeling van oppervlakte-verschijnselen, zoals die voor gassen in de thermodynamica gevonden wordt sedert de gaswetten van Boyle en Gay Lussac. Er ontwikkelt zich nu een twee-dimensionale thermodynamica.

Om nog even terug te komen op het geheimzinnige en dynamische gedrag van katalysatoren verwijs ik naar een werk van Mittasch, een zeer verdienstelijk onderzoeker op dit gebied, die een boek schreef getiteld: „Katalyse und Determinismus”; „Een bijdrage tot de filosofie der chemie”, luidt de ondertitel en inderdaad wordt wat de onderzoekingen over katalyse leerden in verband gebracht met de diepste vragen, waartoe de mens gekomen is en daartoe behoort ook de vraag van determinatie en vrije wil, waarmede dit boek besloten wordt. Over de katalysator zegt hij dan, dat hij richt en gericht wordt, handelt en ondergaat, vrij en bepaald werkt, determineert en gedetermineerd wordt. De causaliteit geheel verklaren zou echter betekenen:

de toegang vinden tot het geheim van de wereld. „Tegenstellingen zijn tot een harmonie bijeengevoegd” zei Heraclitus en hiermede eindigt Mittasch zijn beschouwingen.

Zonder katalysatoren, in het levend organisme enzymen genoemd, zou het leven, zoals wij dat kennen, onmogelijk zijn. In het levend organisme vervullen de sporen-elementen een belangrijke functie, doordat zij als activatoren werkzaam zijn bij enzymatische omzettingen, waarbij het ook voorkomt, dat zij als bestanddeel in de enzymen zelf zijn ingebouwd. Het wordt dan wel duidelijk, dat afwezigheid van of gebrek aan een bepaald element tot vergaande verstoringen in het organisme moet leiden, omdat in het gehele organisme een factor actief en passief tegelijkertijd is, evenals dat in vitro met een katalysator het geval is.

De aanrakingspunten tussen de verschillende gebieden der natuurwetenschap worden steeds talrijker. De chemie doet zich overal gelden, ook in deze diepere zin, dat men meer en meer ervaart, en ook aanvaardt, dat vele, om nog niet te zeggen alle levensuitingen aan stof gebonden zijn, d.w.z. geregeld worden door bijzondere daarvoor aangewezen verbindingen. Het mysterie van leven en stof blijft hierbij niettemin onaangetast.

De tijd is reeds lang voorbij, dat de chemie uitsluitend beschouwd werd als het onderdeel der natuurwetenschap, dat zich bezighoudt met de eigenschappen van stoffen waarbij de eigenschappen van de oorspronkelijke stoffen verloren zijn gegaan en andere, nieuwe eigenschappen blijvend zijn opgetreden en waarbij aan de scheikundige analyse het laatste woord toeviel. Scheikunde, een woord, dat alleen in de Nederlandse taal voorkomt, is niet meer de enige opgave der chemie, hoewel nog steeds een der belangrijkste opgaven.

Het onderzoek van de heterogene katalyse, heeft ertoe geleid, dat men bij de adsorptie onderscheid moet maken tussen fysische en chemische sorptie. Alleen de laatste heeft betekenis als factor voor de invloed van de katalysator op de reactie-snelheid. Bepalend hiervoor zijn de actieve plaatsen op de katalysator. Uit onderzoekingen is gebleken, dat met een bepaalde katalysator uit ijzer en aluminiumoxyde bestaande de productie van ammoniak uit stikstof en waterstof met  $\pm 75\%$  daalt als gemiddeld  $12\frac{1}{2}\%$  van het oppervlak van de katalysator met zuurstof is bedekt. Het is dus duidelijk hoe gevoelig een katalysator is voor een vergift, waarvoor talloze voorbeelden aan de literatuur te ontlenen zijn.

In de oudere theorieën over adsorptie, die, zoals gezegd, voor de katalyse van primaire betekenis is en bij een katalysator plaats heeft op de actieve plaatsen, wordt aangenomen, dat er een constant aantal van adsorptie-centra is, die ook onveranderlijke plaatsen innemen. In 1945 vervangt Volkenstein deze statische voorstelling door een dynamische. De actieve centra zijn verstoringen in de structuur van het oppervlak.



Twee storingen kunnen aanleiding geven tot een derde, met andere eigenschappen. Adsorptie kan een nieuwe verstoring, een nieuw actief centrum opwekken. De eigenschappen van het katalysator-oppervlak veranderen dan van ogenblik tot ogenblik en van plaats tot plaats, zoals de witte koppen op de golven van de zee telkens anders zijn en zich verplaatsen. Dit gedrag van de katalysator wordt bepaald door zijn biografie, een woord, dat hiermede zijn intrede doet in de fysische chemie en waarmede tot uitdrukking wordt gebracht, dat de eigenschappen bepaald worden door de bereidingswijze van de katalysator en zijn geschiedenis. In de kolloïdchemie is dit een reeds lang bekende ervaring. Iedereen weet, dat de eigenschappen van een kolloïdaal systeem bepaald worden door alle factoren, die van belang zijn bij zijn bereiding. Maar het klinkt toch even vreemd als men in de toekomst zou vragen naar de biografie van een gekookt ei of van een mislukte mayonaisse.

Toch heeft het woord biografie het voordeel, dat het tot uitdrukking brengt, dat er in deze systemen voortdurende wisselwerkingen met de omgeving optreden, die er een dynamisch karakter aan geven. Die wisselwerkingen veroorzaken veranderingen in de reagerende stoffen, waardoor de katalysator zijn werk kan verrichten. Zo konden Wright en Taylor bewijzen, dat bij de adsorptie van methaan aan nikkel de fragmenten  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$ , en  $\text{CH}_3$  gevormd werden. De inhomogeniteit van een katalysator oppervlak, waarop deze resultaten wijzen, kan met vele voorbeelden geïllustreerd worden. De eerste hoeveelheid, die geadsorbeerd wordt, wordt het sterkst gebonden, een conclusie waartoe ook eigen onderzoek, over het gedrag van in water opgeloste en aan kool geadsorbeerde zuren, leidde.

De gedachten betreffende de eigenschappen van een adsorberend oppervlak gaan meer en meer van het statische naar het dynamische over.

Enzymen, katalysatoren in een levend organisme, zijn ingewikkeld van bouw en samenstelling. Een der bestanddelen is een eiwit.

Voor elk levend organisme en voor de instandhouding van het leven zijn eiwitten onontbeerlijk. G. J. Mulder, geboren te Utrecht in 1802, en aldaar hoogleraar in de scheikunde van 1840-1868 schrijft in 1845, dat de eiwitten zonder twijfel de belangrijkste van alle bekende stoffen in de organische wereld zijn. Zonder eiwitten schijnt leven op onze planeet onmogelijk. Prof. Ernst Cohen <sup>1)</sup> vermeldt in een studie, dat G. J. Mulder een theorie had ontwikkeld volgens welke in eiwitachtige bestanddelen van dieren en planten een stof aanwezig zou zijn, opgebouwd uit koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof, waaraan hij op voorstel van Berzelius de naam „Proteïne” gaf, en die hij in zuivere toestand geïsoleerd meende te hebben. Deze stof zou, verbonden met

<sup>1)</sup> Ernst Cohen, Wat leren ons de archieven omtrent Gerrit Jan Mulder Kon. Ned. Ak. v. Wet. Afd. Natuurkunde 19 (1948) No. 2.

zwavel en phosphor, eiwitten vormen als albumine, caseïne, fibrine, enz. Proteïne is thans algemeen in gebruik als naam voor eiwit, maar in zijn theorie heeft Mulder, in een strijd met Justus Liebig de nederlaag geleden. Als men bij Cohen de bijzonderheden leest over de wijze waarop Mulder deze strijd gevoerd heeft dan kan men een gevoel van onbehagen niet onderdrukken. Wij zijn nu honderd jaar verder. Hoe is onze kennis over de eiwitten thans en waar liggen de problemen?

De ontwikkeling van onze kennis omtrent eiwitten is één van de meest sprekende voorbeelden van door samenwerking van verschillend georiënteerde onderzoekers verkregen resultaten. Allereerst zijn het de organici geweest, die gepoogd hebben om eiwitten in zuivere toestand te verkrijgen. Met bekende werkwijzen hebben zij er naar gestreefd om eiwitten in gekristalliseerde vorm in handen te krijgen, om bepalingen te doen van molecuulgewichten en om tot een synthese te komen. In het midden van de vorige eeuw kwam Thomas Graham, de grondlegger van de kolloïdchemie, tot de conclusie, dat er stoffen zijn, die niet in gekristalliseerde toestand te brengen zijn, stoffen die in hun gedrag gelijkenis vertonen met lijm, en die hij algemeen kolloïden noemde, waartoe ook eiwitten behoren. In 1917 lukte het aan Sörensen om het kippeneiwit inderdaad in een zoutoplossing van bepaalde samenstelling tot een soort van kristallisatie te brengen. Sedert deze vondst zijn andere eiwitten eveneens als kristallen bekend. Het onderzoek van Stanley, waarbij hij erin slaagde om het eiwit, dat het virus bleek te zijn van de mozaïek-ziekte bij de tabak, in kristallen te verkrijgen is een der fraaiste voorbeelden op dit gebied uit de laatste tijd.

Door koken met zuur of loog worden de eiwitten ontleed, tot aminozuren, zoals wij nu weten. Het is merkwaardig, dat Braconnot in 1820 blijkbaar de eerste is geweest, die deze werkwijze toepaste. Hij kookte gelatine en vlees met verdund zwavelzuur en isoleerde uit het hydrolysaat een stof, die later als amino-azijnzuur geïdentificeerd werd. Reeds eerder had men aminozuren in handen gehad, zonder te beseffen, dat deze bouwstenen van eiwitten zijn. Zo had Wollaston in 1810 cystine bereid en Proust in 1818 leucine. Het is vervolgens Liebig, die in 1846 uit een alkalisch hydrolysaat van caseïne een gekristalliseerde stof kreeg, die later als tyrosine geïdentificeerd werd.

Tussen 1810 en 1933 werden uit verschillende eiwitten een veertig-tal aminozuren geïsoleerd en geïdentificeerd, waarvan 11 vóór 1890, 11 tussen 1890 en 1910, 13 van 1910–1930. <sup>1)</sup> Gemiddeld komt dit neer op 1 in de acht jaren vóór 1890 en één in de twee jaren daarna. Men ziet ook hieraan de snelheid, waarmede onze kennis zich uitbreidde in de laatste halve eeuw. Voor de isolering en identificatie van aminozuren werd door Emile Fischer een methode uitgewerkt, die helemaal niet eenvoudig was. Zo goed en zo kwaad als mogelijk was, heeft men deze werkwijze ongeveer vanaf 1906 gevolgd. Wel zijn in de loop der jaren enkele andere methoden gepubliceerd om een mengsel van aminozuren

<sup>1)</sup> Gortner, *Outlines of biochemistry*, Third Ed., 1950.

in een eiwit-hydrolysaat te analyseren, maar elke methode bleef moeilijk, totdat een even elegante als eenvoudige methode ontwikkeld werd in de oorlogsjaren. Aan de chromatografische methode, toegepast op de analyse van mengsels van aminozuren, blijft vooral de naam van de Engelsman Martin verbonden.

De chromatografie werd het eerste beschreven door de botanicus Tswett. In beginsel berust zij op het verschijnsel, dat verschillende stoffen door éénzelfde adsorbens op ongelijke wijze geadsorbeerd worden. Als men een druppel rode wijn op een tafellaken morst, dan ziet men zeker één rode kring ontstaan op enige afstand van het midden van de druppel. Ook is zeker, dat de chemicus deze waarneming op andere wijze zal beleven dan de gastvrouw, hoewel beiden hun spijt zullen betuigen. Nog mooier wordt het als men niet één kleurstof, maar tegelijkertijd verschillende in een oplossing heeft, die geen wijn behoeft te zijn. Er komen dan gewoonlijk meer kringen na elkaar te voorschijn. In beginsel doet dit verschijnsel zich voor bij elk mengsel van opgeloste stoffen, die men op geschikte wijze met een adsorbens in aanraking brengt, dus ook met een mengsel van aminozuren. De volgende phase nu is, dat men door toepassing van een geschikte vloeistof de kringen groter maakt, zodat men ze als afzonderlijke kringen goed kan waarnemen. De gastvrouw zou dit nog slechter verdragen; zij doet het tegengestelde; zij houdt de kring zo klein mogelijk door er zout op te strooien, dat bij de hand staat, al kan het ook op andere wijze.

De chromatografie is wel iets moeilijker, maar bijzonderheden laat ik nu terzijde.

Voor de chromatografische analyse van een mengsel van aminozuren is het geen bezwaar, dat zij ongekleurd zijn. Men maakt hen ten slotte zichtbaar met een kleurreactie. Als men geheel dezelfde werkwijze ook verricht met een bekend mengsel van aminozuren, dan kan men door vergelijking vaststellen welke aminozuren wel en welke niet aanwezig zijn in een hydrolysaat van een eiwit. De chromatografische analyse voert ook vlugger en gemakkelijker tot reproduceerbare resultaten dan enige andere methode. Zij vindt steeds meer toepassing, wordt nog steeds verbeterd en wordt bij de analyse van verschillende andere mengsels van stoffen toegepast. Merkwaardig is, dat de methode betrekkelijk laat tot ontwikkeling is gekomen, hoewel het beginsel op grond van alles wat men reeds lang over adsorptie wist, zeer voor de hand lag.

Het omgekeerde, nl. de synthese van een eiwit uit aminozuren, is een probleem, dat Emile Fischer zich reeds gesteld had. Hij is er inderdaad in geslaagd om een aantal aminozuren aan elkaar te koppelen. Het gevormde molecuul was echter nog geen eiwit: men noemde het een polypeptide.

De natuur bezit het geheim om uit een betrekkelijk klein aantal verschillende aminozuren, een zeer groot aantal verschillende eiwitten op te bouwen, elk met zijn bijzondere eigenschappen, waarvan men nog

maar gebrekkig op de hoogte is. Zeer weinig is b.v. bekend over de volgorde waarin de aminozuren tot een eiwitmolecuul worden opgebouwd, nog geheel afgezien van de vraag op welke wijze een bepaalde volgorde bij de opbouw gehandhaafd blijft. Maar ook zonder dit nog te weten, is wel denkbaar en aanvaardbaar, dat een afwijking in die volgorde, een ongunstige invloed kan hebben op het welzijn van het organisme, vergelijkbaar met verschillende bekende gevallen in de organische chemie, waarbij het ene isomeer wel en het andere niet werkzaam is.

Een ander aspect van het onderzoek van eiwitten is de bepaling van het molecuulgewicht. Enige tientallen jaren geleden was het eenvoudig ondenkbaar, dat men, zoals thans het geval is, zou spreken van het molecuulgewicht van eiwitten. Het belangrijkste werk werd hier gedaan door The Svedberg, die een ultra-centrifuge ontwikkelde waarmee hij er in slaagde om het eiwit in oplossing te centrifugeren. Daarmede is de mogelijkheid gegeven om tot het molecuulgewicht te komen. Enorme eisen worden aan de apparatuur en het materiaal gesteld; de centrifugale kracht is tot ongeveer één millioenmaal de versnelling van de zwaartekracht, het aantal omwentelingen van de centrifuge ongeveer duizend per seconde!

Tot welk resultaat hebben deze bepalingen over molecuulgewichten geleid? Vooreerst, dat zij zeer verschillend zijn. Het kleinste eiwitmolecuul is ongeveer dertienduizend maal zo zwaar als een atoom waterstof, het grootste thans bekende enige millioenenmaal. Het tabakmozaïek virus heeft, volgens Lauffer, een molecuulgewicht van 40 millioen; dit betekent, dat hetzelfde aantal moleculen aanwezig is in 2 gram waterstofgas en in 40 ton virus! Het merkwaardige is, dat het lijkt alsof de molecuulgewichten der grotere moleculen ongeveer hele veelvouden zijn van het kleinste. Om een beeld te gebruiken kan men denken, dat een aantal verschillende lucifersstokjes in een doosje het kleinste eiwitmolecuul voorstelt en dat de bijvoeging van telkens één gevuld doosje tot de grotere moleculen leidt. Dit is echter nog niet geheel zeker.

Tot de kennis omtrent het fysisch-chemisch en kolloïdchemisch gedrag der eiwitten werd veel bijgedragen door de onderzoekingen van het gedrag van hunne oplossingen bij stroomdoorgang. Algemeen is gebleken, dat, afhankelijk van milieufactoren, de eiwitmoleculen bewogen worden naar de positieve of negatieve pool, terwijl onder zeer bepaalde omstandigheden geen beweging optreedt. In dit laatste geval spreekt men van een iso-electrisch eiwit. Men was algemeen van mening, dat in dit geval de eiwitmoleculen geen elektrische lading dragen en daarom ook door de elektrische stroom niet verplaatst worden. Men heeft echter vastgesteld, dat er naast ongeladen moleculen andere zijn, die verschillende positieve of negatieve ladingen dragen. Over het zeer grote aantal moleculen zijn de ladingen echter zodanig verdeeld, dat het geheel zich gedraagt alsof het eiwit ongeladen is.

Dit betekent eigenlijk, dat wij eiwitten, die voldoen aan de eisen van zuiverheid, zoals deze gegeven worden door constante oplosbaarheid, constant gedrag in een electrisch en centrifugaal veld, alles onder constante omstandigheden, toch zouden moeten beschouwen als mengsels van verschillende eiwitten. De genoemde criteria zijn dus niet voldoende scherp. Bovendien is gebleken, dat men een eiwit als b.v. caseïne, toch nog verder in enkele componenten kan splitsen, ieder met karakteristieke eigenschappen.

Vergelijkt men hiermee de resultaten, die verkregen zijn bij grote moleculen, ontstaan door kleine moleculen zodanig met elkaar te laten reageren, dat zij zich tot ketens of tot een netwerk verenigen, een werkwijze, die toegepast wordt bij de bereiding van moderne kunststoffen, platstics enz., dan ziet men een analogie. Deze grote moleculen zijn tegelijkertijd aanwezig in verschillende grootten, m.a.w. er zijn moleculen met verschillend molecuulgewicht. Hetzelfde doet zich voor bij dextrine e.a. stoffen. Door bepaalde werkwijzen kan men verschillende fracties krijgen waarbinnen de molecuul-gewichten minder spreiding vertonen. Dit kan bij eiwitten ook het geval zijn en hun gecompliceerd gedrag gedeeltelijk aannemelijk maken. Als men zich hierover bezint krijgt men enig gevoel van de onbegrensde mogelijkheid voor kleinere en grotere variaties, die mogelijkwijze de bedoeling hebben, — althans ons denken brengt ons daartoe — om elk ogenblik op de meest juiste wijze in het belang van het welzijn van het organisme te kunnen reageren op agressies, die het organisme bedreigen. De uitspraak van G. J. Mulder, dat zonder eiwitten geen leven op onze planeet mogelijk schijnt, krijgt hierdoor nog een andere, diepere betekenis.

Meting van het transport van eiwitten door electrische stroom heeft reeds betekenis gekregen voor het onderzoek van sera van gezonden en zieken. Onder overigens gelijke omstandigheden onderzocht, ziet men vaak belangrijke verschillen, die hier en daar reeds aanwijzingen gegeven hebben van diagnostische betekenis.

Het onderzoek van eiwitten is nog vol onzekerheid, de eiwitten zelf vol mysterie, maar het wonderlijke is, dat uit resultaten, verkregen door werkers van verschillende oriëntatie, zoveel gegevens beschikbaar zijn gekomen, dat wij iets beseffen van de betekenis van de werkingen dier eiwitten in de harmonie van een organisme.

De bepalingen van het aminozuren-patroon in een eiwit zijn nog weinig ver gevorderd. Voor het inzicht in afwijkingen in een organisme zou veel te verwachten zijn als de bepaling van dit aminozuren-patroon mogelijk zou zijn.

Verschillende andere fysisch-chemische en kolloïdchemische methoden van onderzoek hebben er toe medegewerkt, dat onze kennis van en ons inzicht in de eigenschappen van eiwitten en hun gedragingen langzaam opgebouwd wordt. Veel moet thans onbesproken blijven, zoals b.v. de belangrijke vraag naar de waterhuishouding in het dier-

lijke organisme, die van enorme betekenis is en waarbij de eiwitten een grote rol vervullen. Eiwit is een integrerend deel van een enzym en van chromosomen. Wij weten er nog vrijwel niets van. En waarom hebben bepaalde eiwitten de eigenschappen, die hen als virus van anderen onderscheidt? De serologie, die van zo grote praktische betekenis is, is nog zeer weinig doorzichtig.

Er zal nog veel gedaan en gedacht moeten worden door een groot aantal deskundigen die op verschillend gebied gespecialiseerd zijn. Nog meer dan in het verleden zal wellicht gespecialiseerd moeten worden. Dit klinkt misschien vreemd in een tijd, waarin al of niet specialiseren tot een probleem geworden is, dat nu en dan bepaald in een kwaad gerucht staat, naar mijn mening ten onrechte. Ondanks de misprijzing van de specialisatie en ondanks de ironische boutade van Shaw, die een specialist beschreef als iemand „who knows all about nothing” is door specialisatie in kortere tijd meer bereikt dan ooit tevoren. De kwaliteiten blijven hierbij buiten beschouwing!

Men betreedt het terrein der natuurwetenschap door de poort van het vak, dat men gekozen heeft en dat in het gelukkigste geval het beste aansluit bij ieders aanleg en ambitie. Wie de poort is doorgegaan ziet voor zich een onbeschrijfelijk uitzicht, oneindig uitgestrekt en vol onverwachte diepten. Maar wie in de poort blijft staan, die voelt zijn begrenzing steeds erger worden. Het is of de muren hem meer en meer omklemmen. Het benauwt hem. Zo is het wel bij elke wetenschap. Steeds meer poorten geven toegang. De specialisatie nam toe en zal toenemen, en wellicht ook het aantal van hen, die niet verder komen dan de poort, die dan op de duur voor hen hun gehele uitzicht wordt, voor hen groot en belangrijk.

De verschillende sectoren der natuurwetenschap zijn zo uitgebreid, dat er niemand is, die er één geheel beheerst. Dit is zo duidelijk, dat het geen probleem is. Het kan ook het menselijk geluk niet bevorderen door er naar te streven. Anderzijds is specialisatie alléén daartoe ook ongeschikt. Een wetenschappelijk verantwoorde algemeenheid moet het complement worden van specialisatie en omgekeerd en dit is wél een probleem in deze tijd. Het zou te ver voeren uitvoerig in te gaan op de geestelijke achtergronden van de grote technische ontwikkeling in de laatste decennia. Berdiaeff en anderen wezen hierop. De terugslag op de universiteit is merkbaar. Sir Walter Moberly schreef een boek „The crisis in the University”, Seeley schreef „The functions of the University” en uit een overzicht van een conferentie over deze onderwerpen blijkt hoe ernstig men zich over deze vraagstukken bezint; in ons land zien wij hetzelfde. Men stelde in bedoelde conferentie vast, dat de groei van de technologische studie geleid heeft tot een geestesgesteldheid, die volkomen tegengesteld is aan die van de wetenschappelijke mens. Bij de stijgende eisen, die het onderwijs aan de Universiteit, vergeleken bij het onderzoek, stelt, zowel aan docenten als studenten, is het nauwelijks te verwonderen, dat de meeste studenten weinig

gelegenheid hebben om zich een werkelijke wetenschappelijke instelling eigen te maken.

Het is ongetwijfeld juist, naar mijn mening, dat naast een behoorlijke hoeveelheid kennis en theoretisch inzicht in een speciaal vak, er bezinning behoort te zijn op de geestelijke dingen en de relaties tussen mens en maatschappij. Men kan van mening verschillen, zodra men komt te spreken over de basis waarop deze bezinning gegrond moet zijn, maar dit meningsverschil mag, dunkt mij, nooit zover gaan, dat het de mogelijkheid tot bezinning gaat uitsluiten. Er zijn ook in deze gebieden nog problemen, die om een begin van oplossing vragen en ook de natuurwetenschappelijk georiënteerde mens, — de Engelse taal heeft hier een korte, duidelijke uitdrukking voor, nl. man of science — kan zijn bijdrage hiertoe leveren als hij een overzicht heeft van deze gebieden. Dit gedeelte van een universitaire opleiding is even belangrijk als dat andere deel, dat erop ingericht is om gespecialiseerde kennis over te dragen.

Het is gelukkig, dat men het over deze dingen in Nederland vrijwel eens kan worden; minder gelukkig is echter, dat men ten gevolge van een vaak onvruchtbaar en noodlottig perfectionisme niet het begin weet te bereiken van wat door velen als wenselijk en noodzakelijk wordt erkend. Het is duidelijk, dat hiermede kansen verspeeld worden en dat het helaas vaak lijkt, dat het Hoger Onderwijs in zijn taak tekort schiet. Ons Hoger-Onderwijs-apparaat is samengesteld uit onderdelen, die, elk voor zich, voor hun functies berekend zijn. Over de synthese der onderdelen tot een apparaat, dat aan zijn hoge roeping voldoet en dat in zijn geheel ook gebruikt wordt door hen, die zich voorbereiden om later met hun kennis en hun menselijkheid, — om het niet anders en nadrukkelijker te zeggen —, de functies te vervullen waartoe zij geroepen zullen worden, is men vaak minder goed te spreken, hoewel ik zelf nochtans meen, dat de mogelijkheid er nog steeds is. Het komt hierbij echter in hoofdzaak aan op wat men zelf is. Er zijn verschillende factoren, die ertoe medewerken te verlangen, dat het Hoger Onderwijs een voltooid eindproduct zal afleveren, inplaats van mannen en vrouwen, die voorbereid zijn voor verschillende betrekkingen, maar niet alleen uitgerust voor één in het bijzonder.

Deze uitweiding over specialisatie en algemeenheid is een bijzonder aspect van de ontwikkeling der natuurwetenschap, haar toepassing in de techniek en de gevolgen, die thans nog niet volledig beheerst worden. Bezinning en heroriëntatie is noodzakelijk voor een ieder, in zijn eigen belang, tot zijn eigen geluk en dat van Nederland.

Ter middaghoogte van de bloei der alchemie schemert vaag en onzeker een eenheidsgedachte, welker verwerkelijking het einddoel der alchemie is, en, vanuit een ander aspect, het zoeken door de onvolmaakte mens naar het volmaakte: De steen der wijzen!

In de werkelijkheid werd zij voor vele zoekers een magische bron

voor weelde, gezondheid en een lang leven. De goud-makerij werd het doel, het levens-elixir werd de panacee tegen alle menselijke kwalen, maar beide vond men niet.

Zonder natuurwetenschap zou de wereld, zoals wij haar thans kennen, onmogelijk zijn. Transmutatie van elementen is thans mogelijk. De mens maakt elementen, die in de natuur niet gevonden zijn. Het is in onze tijd volle middag voor de natuurwetenschap. Het zoeken van een bindende gedachte schemert nog vaag in wazige verte. De natuurwetenschap is hierbij nauw betrokken. De steen der wijzen in deze tijd heeft weliswaar een andere kleur, maar ook deze glanst. Hoever zal men kunnen en willen gaan op de weg daarheen? Dat zal afhangen óók van ons.

Ik heb gezegd.