

DE COLLOÏDAALTOESTAND DER STOF.

DOOR

Dr. J. E. ENKLAAR.

Na het klassieke onderzoek van GRAHAM behoorden diffusie en osmose tot een groep van verschijnselen, die onder het hoofdstuk "moleculaire krachten" een plaats vond in elk natuurkundig handboek. Oplossingen van verschillende concentratie, onmiddellijk of met tusschenvoeging van een poreuzen wand met elkander in aanraking, geven door moleculaire stroomingen aanleiding tot een langzaam verloopende vereffening, die met gelijkheid van concentratie der beide vloeistoffen eindigt. GRAHAM onderscheidde de stoffen in kristalloïden en colloïden, naarmate zij al of niet de verschijnselen van diffusie en osmose vertoonden en leerde de voornaamste wetten, die hier gelden, kennen. Reeds voor GRAHAM waren de colloïden stoffen, die wel vloeistoffen absorbeerden en er door opzwoollen, maar er geen eigentlijke oplossingen mede vormden.

Hoewel men begreep, dat met de osmose de beweging van water en andere stoffen in het levend lichaam gemoeid was, was het hoofdstuk met het opschrift "osmose" in de natuurkunde weinig in tel. Hoewel de moleculaire krachten meer en meer het voorwerp werden van experimenteel onderzoek en van wiskundige behandeling verkreeg de osmose eerst een in het oog vallende plaats en beteekenis, nadat v. 'T HOFF zijn bekende vruchtbare, ver reikende, nieuwe gezichtspunten had gegeven. Een stof, in verdunde oplossing aanwezig, is te vergelijken met een gas. Zij volgt de wetten van afhankelijkheid, die bij een gas het functioneel verband tusschen volume, drukking en temperatuur aangeven.

Is het begrip van osmotische drukking, dat betrekking heeft op de kristalloïden, na v. 'T HOFF gemeen goed geworden van ieder, die op natuurkundig gebied geen vreemdeling is, dit is niet het geval met de uitkomsten van het onderzoek van den laatsten tijd, dat aan de colloïden een niet minderen rang en beteekenis verschafte. Mocht ondergeteekende geruimen tijd geleden in dit tijdschrift uiteenzetten de belangrijke onderzoekingen en beschouwingen van RAOULT, v. 'T HOFF en HUGO DE VRIES, den osmotischen druk en al wat er mede samenhangt betreffend, ¹ thans wenscht hij het completeerende en tot zekere hoogte een tegenhanger vormend gedeelte te geven, dat op de colloïden betrekking heeft. Hieraan zijn de namen v. BEMMELN, HARDY en QUINCKE verbonden.

I

Het oplossen van een kristallijne stof in een vloeistof is te vergelijken met het proces der verdamping. NERNST heeft met het oog op die analogie een nieuw begrip ingevoerd, dat der *oplossingsspanning*. De laatste is dan de osmotische drukking in een verzadigde oplossing. Bij het oplossen verdampt als het ware de vaste stof in de vloeistof; een proces, hetwelk voortgaat, totdat de drukking bereikt is, die overeenkomt met de maximaalspanning van een verzadigden damp. Verzadigt men een vloeistof, bv. water, bij kookhitte met salpeter, dan is overeenkomstig de eigenschappen der dampen de osmotische druk tot een hoog bedrag opgevoerd; de oplossing heeft een groote concentratie verkregen. Bij afkoeling daalt wel het bedrag der osmotische drukking; de laatste blijft echter wegens de hooge concentratie veel grooter dan de oplossingsspanning bij de lagere temperatuur, die nu aangenomen is. Er kristalliseert dan zout uit en wel zooveel, dat de blijvende concentratie en de osmotische drukking overeenkomen met het normale bedrag, dat bij de lagere temperatuur behoort. Bij oververzadigde oplossingen kan men het abnormaal hooge bedrag van concentratie en osmotische drukking tijdelijk behouden, totdat ook daar door een of andere geringe aanleiding het proces der kristallisatie ontboeid wordt. Oplossingen zijn mengsels en het uitkristalliseeren is te beschouwen als een bijzonder geval van ontmenging, een splitsing in een nieuwe oplossing en in een der bestanddeelen, dat zich kristallijn afscheidt.

¹ Album der Natuur. Jrg. 1890. *Op de grenzen van natuur- en scheikundig gebied* door DR. J. E. ENKLAAR.

Een meer algemeen type van menging en ontmenging heeft men voor oogen, als men vloeistoffen, die zich niet in elke verhouding met elkander vermengen, b.v. ether en water, onder schudden met elkander in aanraking brengt. Bij voldoende hoeveelheid der componenten verkrijgt men dan als eindtoestand twee lagen, op elkander liggend. De onderste is een verzadigde oplossing van ether in water, de bovenste is ether, verzadigd met water. De samenstelling van zulke lagen wisselt, vaak op bekende wijze, met de temperatuur. De oplosbaarheidslijn kan dan geconstrueerd worden in een diagram, waarin op de X-as de temperaturen en op de Y-as de samenstelling afgezet zijn. Het is vaak een kromme, o.a. bij het stelsel phenol-water, met een keerpunt, die zich ombuigt en tot de oorspronkelijke richting terugkeert. Bij een bepaalde temperatuur, de kritische, is dan de samenstelling, die van het keerpunt, van beide oplossingen dezelfde geworden. Bij de kritische temperatuur kan dus vermenging der beide vloeistoffen in elke verhouding plaats vinden.

Het genoemde type van mengsels biedt de meeste punten van overeenkomst met de colloïdale vloeistoffen. Als wij water onder verwarming met phenol verzadigen en daarna laten afkoelen, heeft ook ontmenging plaats. De homogene oplossing scheidt zich ook hier in twee andere. De ééne is phenol verzadigd met water, de andere water verzadigd met phenol. De eerste scheidt zich in den vorm van droppels in de tweede af; zoodat het geheel zich als een troebele melkachtige vloeistof voordoet, die men een emulsie noemt. Was het grensvlak der lagen bij de kleine vlugge ether- en watermoleculen bij den toestand van evenwicht plat en onafgebroken en dus zoo klein mogelijk, bij de water- en phenolmoleculen, die minder bewegelijk zijn, is het overeenkomstige grensvlak gebogen en afgebroken. Dit is een belangrijk verschil, dat evenwel na eenigen tijd verdwijnt. Dan toch heeft men ook hier weder twee door een plat vak gescheiden oplossingen verkregen, een van water in phenol en een van phenol in water; de genoemde droppels zijn samengevloeid, waardoor de oppervlakte spanning aanmerkelijk verminderd is. Zoo vloeien ook kleine kwikdruppels gemakkelijk samen tot grootere. Boven 80° zijn phenol en water in elke verhouding mengbaar. Met een oplossing van gelatine in water gaan wij een stap verder in deze richting. Boven 40° mengt zich gelatine in elke verhouding met water tot een heldere homogene vloeistof. Bij afkoeling komt weder een scheiding, die onder toevoeging van een derde stof, alcohol, door HARDY bestudeerd is. In het gemeenschappelijk oplossingsmiddel, water,

lost dan zoowel de gelatine als de alcohol op en beiden in sterke mate. Zulk een ternair mengsel gedraagt zich in tal van opzichten als een binair, men heeft zoo niet-mengbare stoffen, gelatine en alcohol, door ze op te lossen in water in een paar gedeeltelijk mengbare vloeistoffen veranderd. Neemt men 13.5 gr. gelatine met 50 c.M³. water en 50 c.M³. absoluten alcohol, dan is de vloeistof bij 17° volkomen homogeen. Bij afkoeling verschijnen kleine droppels, die allengs aangroeien tot de afmeting van 3 μ .¹ Zoowel de droppels als de omringende vloeistof zijn een oplossing van alcohol en gelatine in water; koelt men nog sterker af, dan begint het gelatineeren en weldra is alles in gelei veranderd. Merkwaardig is ook hier de wisseling van de samenstelling der beide lagen (fasen) met de omstandigheden. Bij mengsels met 6.7 en 13.5 dl. gelatine in 100 c.M³. bevatten 100 c.M³. der droppels resp. 17 en 18 d.l. gelatine en de vloeistof er om heen 2 en 5.5, terwijl bij een mengsel met 36.5% gelatine de droppels 8.5 en de vloeistof omstreeks 40 d.l. er van op 100 c.M³ bevatten; de temperatuur was 15°. Verhoogt men de temperatuur, dan wordt ten slotte alles een heldere oplossing. Het geheele proces is dus omkeerbaar. Wordt de afkoeling tot aan het gelatineeren voortgezet, dan heeft men weder andere concentraties. Een mengsel van oplossingen in water met 2 fasen gelijk de laatst genoemde in den toestand, waarin droppeltjes van de ééne oplossing door de andere verspreid zijn, noemt men een colloïdale vloeistof, een *hydrosol*. Een hydrosol als die van gelatine, die bij hogere temperatuur in een gewone oplossing overgaat en bij afkoeling weder in twee fasen gesplitst wordt, om daarna te gelatineeren, heet *omkeerbaar*. Daartoe behoort ook de hydrosol, die men verkrijgt door agar-agar met water te mengen.

Hoewel de onmiskenbare punten van overeenkomst niet uit het oog mogen verloren worden, wachte men zich de genoemde hydrosols eenvoudig te beschouwen als een bijzonder geval van het samenvoegen van twee gedeeltelijk mengbare vloeistoffen, waarvan de fasenleer de wisselende coëxisterende samenstellingen met nauwkeurigheid kan aanwijzen. Wel schijnt HARDY dit te meenen, doch prof. v. BEMMELEN — die door zijn omvangrijken arbeid op dit gebied

¹ Voor nu en voor het vervolg van dit opstel zij medegedeeld, dat een mikron aangeduid wordt door de letter μ en $\frac{1}{1000}$ m.M. is, terwijl een mikronmillimeter, met het teeken $\mu\mu$, $\frac{1}{1000.000}$ m.M. bedraagt.

met gezag kan spreken — deelt die meening geenszins. Prof. v. BEMMELEN is van oordeel, dat de phasenleer hier vaak ten onrechte wordt toegepast, al meent ook hij, dat het vergelijken van de sols met de twee-fasige stelsels van gedeeltelijk mengbare vloeistoffen veel licht over de eerste kan verspreiden. Schrijver dezes gelooft niet onbescheiden te zijn met de mededeeling, dat prof. v. BEMMELEN in een uitvoerige schriftelijke memorie HARDY op de bezwaren tegen zijn theoretisch standpunt opmerkzaam maakte. Prof. v. BEMMELEN wees er op, dat in elk geval de omkeerbaarheid van het stelsel gelatine-water en agar-water begrensd is. Bij het stelsel benzol-water b.v. kan men door toevoegen van veel water de laag benzol geheel doen verdwijnen. De gelei gelatine-water of agar-water zwelt met water wel weder op en geeft een hydrosol, de laatste is echter langs dien weg niet weder in een volledige oplossing om te zetten. Bij dezelfde temperatuur kan men met gelatine en agar geleien verkrijgen van verschillend watergehalte, naarmate men van een oplossing van 5, 10 of 15% gelatine of agar uitgaat. Ook de vrijheidsgraden, die het omkeerbare stelsel van een omkeerbare gelei moest vertoonen volgens de phasenleer, zijn niet in overeenstemming met de werkelijkheid.

Als wij ook den toestand van gelei in de beschouwing opnemen, zullen wij met prof. v. BEMMELEN tot de overtuiging moeten komen, dat wij op het gebied der sols en der geleien in 't algemeen met meer verschijnselen en krachten rekening moeten houden dan de phasenleer in haar beschouwing opneemt. De studie der colloïdale stoffen, der sols en gels, heeft inderdaad een geheel nieuw en een zeer belangrijk gebied geopend. De phasenleer zal ook hier ongetwijfeld diensten kunnen bewijzen, hoewel de tijd nog zal moeten leeren welke correcties en aanvullingen noodig zullen zijn.¹

Andere hydrosols, waartoe die van eiwit, kiezelzuur en van de metalen behooren, verschillen van die van gelatine en agar vooral daarin, dat zij bij verwarming geen omkeerbaarheid van het proces der sol- en gelvorming vertoonen. Met deze sols verwijderen wij ons veel verder van de echte oplossingen. Hier is de uitdrukking »fijne suspensies» van vloeibare of half vaste deeltjes in een vloeibare middenstof in het algemeen het best op zijn plaats. Evenwel kunnen die deeltjes ook hier zeer goed vloeibare of vaste oplossingen zijn.

¹) Onlangs hebben HENRI en MAYER de toepasselijkheid der phasenleer bepleit bij de praecipitatie der colloïdale vloeistoffen voor zooverre de verschijnselen omkeerbaar zijn, *Comp. Rend. de l'Acad. des Sciences*, 11 Mars 1904.

Zijn deze sols eenmaal overgegaan in den toestand van gelei, dan kunnen zij noch door toevoeging van vloeistoffen noch door verwarming weder heldere homogene oplossingen, in den regel zelfs geen hydrosols weder worden. Voordat wij deze hydrosols, die verreweg de belangrijkste en best bestudeerde zijn, nader in oogenschouw nemen, merken wij op, dat water niet de eenige vloeistof is, waarmede men sols kan verkrijgen. Men kan ook alcohol, glycerine en soortgelijke vloeistoffen er voor aanwenden en spreekt dan van organosols. In den laatsten tijd heeft men zelfs colloïdale vloeistoffen verkregen door in taaie vloeistoffen, waterglas, lijn enz., scheikundige neerslagen te doen ontstaan. Vooral QUINCKE heeft zich op dit gebied verdienstelijk gemaakt. Zijn omvangrijke mikroskopische studies zullen wij niet onvermeld mogen laten. Eigenlijk kan men zeggen, dat er haast geen stof is, die men niet in den colloïdaaltoestand als hydrosol kan verkrijgen, zoodat het verschijnsel zoo algemeen is, als men nog vóór korten tijd niet kon vermoeden. Het is vooral LOTTERMOZER geweest, die de algemeenheid van het verschijnsel in het licht stelde en tal van stoffen in den colloïdaaltoestand bracht.

Om sols te bereiden kan men den physischen weg en den chemischen inslaan. In het eerste geval laat men tusschen de draden van de metalen, die men in den colloïdaaltoestand wil brengen, onder de vloeistof, die als tweede bestanddeel den sol moet vormen, een electrischen lichtboog ontstaan. Wij weten hoe bij het electrische booglicht tusschen koolspitsen kooldeeltjes van de eene spits overgevoerd worden naar de andere. Ook hier heeft verstuiwing plaats en nu van metaaldeeltjes. Volgens sommigen zouden er metaaldampen ontstaan, die in de vloeistof verdicht worden. Neemt men platinadraden en water, dan wordt het laatste spoedig bruinachtig zwart gekleurd en ondoorzichtig. Men heeft de vloeistof nu nog slechts door filtreerpapier te laten loopen, om grootere deeltjes terug te houden, en men heeft een platina-sol verkregen. Het komt er vooral op aan, dat de platinadraden schoon en het water zeer zuiver zijn. Voor het laatste neemt men gewoonlijk het zoogenaamde electrolytische water, dat men nog vooraf zorgvuldig van gassen bevrijd heeft.

Langs chemischen weg is het doel op verschillende wijzen te bereiken.

CAREY LEA, de Amerikaansche onderzoeker, die het eerst een zilver-sol bereidde, bestudeerde en de uitkomsten publiceerde, ¹ maakte

¹ *Americ. Journal of Science*, (3) XXXVIII, 129, 1890.

een oplossing van ferrosulfaat en kaliumnatriumtartraat en vermengde ze langzaam onder afsluiting van licht met een oplossing van het laatste zout en zilvernitraat. Men verkrijgt dan een fraaie roode vloeistof, waaruit zich het colloïdale zilver als gelei afzet. Strijkt men deze zilveragelei met een penseel voorzichtig uit op papier of glas, dan heeft men een schitterende laag zilver, dat volkomen de kleur en den glans van het goud heeft. Volgens een ander voorschrift van CAREY LEA mengt men een oplossing van zilvernitraat langzaam met loog, waarin dextrine opgenomen is. De vloeistof is dan weder rood. Er moet eenig hydrodiniumphosfaat aan toegevoegd worden, om de gelei te verkrijgen. Na het uitstrijken vertoont de laatste zich dan als een glanzende blauwe zilverlaag.

Door kleine wijzigingen van de methode neemt de zilveragelei de meest verschillende tinten aan van bronsachtig [groen tot goudkleurig. Schrijver dezes weet bij ervaring hoe moeilijk het is, om precies een gewenschte tint, die men eens had, terug te krijgen en ook om te voorkomen, dat een groot gedeelte van het zilver in den gewonen grauwen staat verschijnt. Met pijnlijke nauwkeurigheid moet men op alle omstandigheden van concentratie, temperatuur, enz. acht geven.

CAREY LEA heeft die geleen het eerst bestudeerd. Hij heeft laten zien hoe zij door allerlei invloeden, mechanische drukking, verwarming, verlichting en elektrische ontladingen, in gewoon zilver overgaan en welke merkwaardige tusschentoestanden daarbij optreden. Later heeft onze landgenoot PRANGE het colloïdale zilver als onderwerp van een academisch proefschrift ¹ nagegaan. Zijn bereidingsmethode verschilde weinig van die van CAREY LEA. Evenals de laatste trachtte PRANGE dit zilver in scheikundig zuiveren toestand te verkrijgen. Als hij de door decanteeren en wasschen zooveel mogelijk gezuiverde stof analyseerde, bleek er altijd nog organische stof aanwezig te zijn. In overeenstemming met hetgeen in het voorafgaande gezegd is over het ontstaan van hydrosols door het optreden van twee fasen in de vloeistof, komt het schrijver dezes voor, dat men hier niet te doen heeft met zuivere metaalafscheidings, maar dat zowel de deeltjes als de vloeistof mengsels zijn van de organische toegevoegde stof, het metaal en het oplossingsmiddel, zij 't ook in zeer verschillende verhoudingen.

¹ *Bijdrage tot de kennis van het zilver*, Utrecht, 1890.

Het onderzoek van CAREY LEA leerde ook, dat sommige van die zilvergeleien tot zekere hoogte omkeerbaar zijn, dat zij met water weder een vloeibaren hydrosol geven, terwijl bij anderen deze omkeerbaarheid ten eenenmale ontbreekt. De methode van bereiding en de aanwezigheid van bepaalde zouten spelen hier een rol.

CAREY LEA had de aandacht dermate op dit onderwerp gevestigd, dat het aantal onderzoekers op dit gebied snel toenam. Tegenwoordig kan men nauwelijks een aflevering van een scheikundig tijdschrift opnemen zonder er een onderzoek of althans een mededeeling betreffende den colloïdaaltoestand in te vinden.

Praktische toepassing in de geneeskunde vond het door het zogenoemde Argentum Credé,¹ een colloïdale zilvergelei, die men gezuiverd heeft door de vloeistof af te zuigen met de bekende kaars van CHAMBERLAND-PASTEUR van poreus biscuit. De gelei verzamelde zich op de buitenvlakte der kaars. In gedroogden toestand vormt zij een glanzende groenachtige stof, die met water een bruinachtige troebele vloeistof geeft. Ook zij bestaat echter niet uit zuiver zilver.

Van tal van reductie-middelen maakt men thans gebruik om metaal-hydrosols te verkrijgen, van formaldehyde, pyrogallol, hydrazine, phosphorus enz. Met de laatste stof verkreeg FARADAY reeds een goud-hydrosol. Hoogst merkwaardig is het, dat ook gesmolten glas als vloeistof dienst kan doen bij de solvorming. Niet onbekend zijn de goud- of robijn glazen met hun prachtig rooden gloed. Zij bevatten een uiterst kleine hoeveelheid goud, aanvankelijk in opgelosten en volkomen onkenbaren staat; de glazen zijn dan optisch leeg, zooals het heet. Worden zij dan weder verhit, dan scheiden zich de gouddeeltjes af; er ontstaan twee fasen, een sol, en de prachtige roode kleur vertoont zich, die ook de zilver-hydrosol ons te zien gaf.

Op tal van wijzen kan men langs scheikundigen weg met niet-metaalachtige elementen en verbindingen hydrosols verkrijgen. Den chemicus, die plotseling een neerslag door zijn filter ziet loopen, maken zij het vaak lastig, hoewel hem thans de middelen ten dienste staan, om het bezwaar weg te nemen. Leidt men door een oplossing in water van zuiver arseentrioxjde langdurig zwavelwaterstof, dan ontstaat een troebele gele vloeistof, een hydrosol, die onveranderd door de fijnste papierfilters gaat. Laat men een zuurvrije oplossing

¹ Zie over Argentum Credé of Collargol de uitvoerige studie van HARRIOT, door GAUTIER aangeboden aan de „Académie des Sciences” C. R. 16 Mars 1903, No. 11.

van ferrichloride droppelsgewijze in kokend water vallen, dan vormt zich een bruine sol van ijzerhydroxyde, die men door dialyse volkomen van zouten kan bevrijden. Tal van voorschriften kan men vinden, om de meest verschillende stoffen met een of andere vloeistof in den toestand van sol te brengen.

Vele dier sols onderscheiden zich voor het oog nauwelijks van echte oplossingen. De deeltjes of droppeltjes, die ze troebel maken, zijn dan ook van uiterst kleine afmetingen, zoodat zij onwaarneembaar blijven, zelfs bij aanwending der beste moderne mikroskopen, die lengten van $150 \mu \mu$ nog te zien geven. Toch is ZSIGMONDY¹ er in geslaagd door een kunstgreep de gouddeeltjes in de robijn glazen afzonderlijk zichtbaar te maken, hun aantal in een bepaald volume te tellen en zoo hun dimensies te bepalen. De proef, waarmede TYNDALL de in de lucht zwevende stoffen door een lichtstraal zichtbaar maakte, is bekend. Het licht wordt door de deeltjes zijdelings gereflecteerd. Daarbij vertoont zich het samengestelde verschijnsel van de buiging, waardoor het licht, door een stofje teruggekaatst, van een klein onzichtbaar punt wordt uitgebreid tot een schijfje. ZSIGMONDY wist een inrichting te maken, waardoor onder het objectief van een mikroskoop een krachtige lichtstraal door reflectie en buiging de gouddeeltjes in een robijn glas als schijfjes zichtbaar maakte. ZSIGMONDY vond langs dien weg voor de afmeting dier deeltjes 10 tot $400 \mu \mu$. Een tuberkel-bacil meet in de lengte omstreeks $2000 \mu \mu$, de golflengte van het violette licht is ongeveer $400 \mu \mu$, voor de grootte van de moleculen van oplosbaar zetmeel, van koolstofdioxyde en waterstof is resp. 5, 0,18 en 0,14 $\mu \mu$ berekend. Wij bevinden ons dus met de metaaldeeltjes in het glas en ook met die in de sols op een gebied, dat tusschen de grenzen van het mikroskopisch waarneembare en de wereld der moleculen en atomen gelegen is. Het metaalstof in de glazen en de sols is als een nevelvlek, die door den machtigsten kijker niet in sterren opgelost kan worden.

Men kan evenwel de gewone sols, troebel door zulk een fijn zwevend stof, van de echte oplossingen onderscheiden. De eerste vertoonen geen osmotische drukking en dus geen vriespuntsverlaging en kookpuntsverhooging. Experimenteel was dit niet gemakkelijk scherp uit te maken, omdat de sols bij hooge en lage temperaturen gaan uit-

¹ Ultramikroskopische Theilchen, SIEDENTOFF und ZSIGMONDY. *Annalen der Physik.*, 4te Folge, Bd. 10, No. 1, 1903.

vlokken en gelatineeren. Dialyse is dan ook het middel, om colloïdale vloeistoffen zuiver te verkrijgen. De colloïdale stof blijft achter, de zouten gaan door den poreuzen wand.

Onder de werking van den electricchen stroom gedragen de sols zich als fijne suspensies met electricche ladingen. Bij vele sols en suspensies zijn de deeltjes negatief, de vloeistof even sterk positief electricch, hoewel evenzeer het omgekeerde voorkomt. Het geheel vertoont dus geen electricche werking naar buiten. De deeltjes bewegen zich dan in den stroombaan in een richting door de lading bepaald; zij vlokken aan de electroden uit, die tegenovergesteld geladen zijn. Dit verschijnsel, door HELMHOLTZ theoretisch behandeld, is bekend onder den naam van electricche endosmose.¹ Het heeft niets te maken met electrolyse. De betrekkelijke stabiliteit der hydrosols vloeit uit de aanwezigheid dier electricche ladingen voort.

Het beste reactief op een sol is evenwel een krachtige lichtstraal, toegepast als bij de genoemde proef van TYNDALL. In de physica leert men, dat zwevende stofdeeltjes van dimensies, die klein zijn in vergelijking met de ethergolven van het licht, de violette en blauwe stralen sterker reflecteeren dan de roode en dat het zijdelings teruggeskaatste licht gepolariseerd is. Hieraan schrijft men de blauwe kleur van den hemel toe en de violette tinten van door de zon verlichte bergtoppen, hoewel sommige natuurkundigen meenen de blauwe kleur van de lucht op rekening van de ozon er in te moeten stellen. Laat men een lichtstraal gaan door zulk een sol, dan openbaart zich de troebelheid van den laatsten tegenover de helderheid van een echte oplossing.

Het licht wordt in het inwendige van den sol door de onzichtbare deeltjes zijdelings teruggeworpen, wat niet geschiedt in een stofvrije oplossing, waarin de gang van den straal niet is waar te nemen. Plaatst men zich in een vlak loodrecht op den straal, dan is de polarisatie van het gereflecteerde licht met nicols gemakkelijk aan te toonen. Deze inwendige reflectie en polarisatie van het licht is het eenige afdoende criterium van een troebele colloïdale vloeistof of sol. Lord BALEIGH heeft deze abnormale reflectie van het licht tegen zulke kleine deeltjes theoretisch verklaard.

¹ Vergelijk de studie van PICTON en LINDER over de electricche endosmose in het *Journal of the Chem. Society*, LXXI, 1897.

De spreuk «Natura non facit saltus» schijnt een gemeenplaats, is echter een uitspraak met diepen zin. Onze logica met haar scherpe tegenstellingen vindt men in de natuur niet. Alles is daar continu; alle tegenstellingen zijn door overgangen verbonden. Elke indeeling, elke natuurwet is slechts een benadering, die gecorrigeerd en gemendeerd moet worden, naarmate het onderzoek op ruimer schaal geschiedt. Zoo ook hier. De verdeeling in heldere, optisch leeg vloeistoffen, echte oplossingen met osmotischen druk en troebele optisch gevulde colloïdale of sols zonder dien druk is kunstmatig. Vele colloïdale vloeistoffen, o.a. die van eiwit, kan men even zoo goed zoo niet beter begrijpen door ze te beschouwen als overgangen tusschen de bovengenoemde, als oplossingen van een stof met een zeer hoog moleculairgewicht, die dan ook nog een zeer geringe osmotische drukking, kookpuntsverhooging en vriespuntsverlaging vertoonen. Uit de verhooging van het kookpunt, die men bij een gelatineoplossing (van 1 pct.) meende waar te nemen, werd een moleculairgewicht van bij de 5000 berekend, wat ongeveer met de formule $C_{174} H_{130} N_{66} O_{77} S$ zou overeenstemmen.

Zulke bepalingen zullen nog wel eens herhaald moeten worden. Het is ons voldoende er op gewezen te hebben, dat men met de logische tegenstelling van de heldere oplossingen met osmotischen druk en de troebele sols zonder dien druk alle bezwaren niet kan overwinnen en van alle verschijnselen niet volkomen rekenschap kan geven. ¹

Onbegrijpelijk, hoewel het aan theorieën niet ontbrak, bleef tot voor korten tijd de bloedroode kleur, die de zilverhydrosols in doorvallend licht vertoonden en die men met andere tinten bij alle metaalhydrosols terugvond. Kortens tijd geleden is echter de volledige verklaring van dit verschijnsel door F. EHRENHAFT uit de electro-magnetische licht-theorie afgeleid. ² Het zou de grenzen van dit opstel overschrijden, als wij bij deze verklaring bleven stilstaan. Daarom te dezen opzichte slechts een kort woord. De genoemde kleuren ziet men alleen bij hydrosols, waarin de troebel makende deeltjes geleiders zijn voor de electriciteit; de vloeistof waarin zij zweven vertegenwoordigt dan het dielectricum. De bedoelde metaaldeeltjes gaan medetrillen met die

¹ Men vergelijke: A. MÜLLER, *Klassification der Kolloiden*, *Zeitschr. f. anorg. Chemie* 36, S 340.

² *Optische Verhalten der Metalkolloide und deren Theilchengröße*, FELIX EHRENHAFT, *Sitzungsber. Akad. der Wissensch*, Wien, Febr. 1903.

ethertrillingen van den lichtstraal, waarmede de periode van hun eigen trilling overeenkomt. Het is dus 't bij het geluid zoo bekende verschijnsel van het resonanceeren of medeklinken. Door dit medetrillen worden nu bepaalde ethergolven, d. i. licht van bepaalde breekbaarheid of kleur, verzwakt of geheel uitgedoofd. Het licht, dat de vloeistof doorloopen heeft, vertoont zich dan in de kleur complementair aan het uitgedoofde; d. i. bij een zilver-sol rood. Zijn de gesuspendeerde deeltjes niet-geleiders, dan wordt het verschijnsel door de theorie en door de werkelijkheid uitgesloten. Bedenkt men, dat in de electro-magnetische theorie van het licht snel heen en weergaande electrisch geladen deeltjes de lichtgolven voortbrengen, dan is het laatste begrijpelijk. Ook de polarisatie en den stand van het polarisatie-vlak kon EIRENHART uit de theorie afleiden.

De sols vertegenwoordigen geen evenwichtstoestand. Wel kan men ze, als zij door dialyse zorgvuldig van de zouten (electrolyten) bevrijd zijn, langen tijd bewaren, als men het licht afsluit — schrijver dezes plaatste een roode, vrij geconcentreerde zilver-sol in een koele donkere kast en vond haar na een jaar nog zeer weinig veranderd — ten slotte evenwel beginnen zij vlokken af te zetten en eindigen met de omzetting in de zuivere vloeistof, waarin de colloïdale stof als gelei op den bodem ligt, die bij metaal-sols spoedig den gewonen metaaltoestand aanneemt. Men zou als eindtoestand verwachten de twee door een plat vlak gescheiden oplossingen, die het stelsel phenol-water en ether-water te zien geven. Dit is echter niet het geval. De gesuspendeerde deeltjes, nog vloeibaar, nemen allengs in grootte toe als gevolg van de wet, dat de oppervlaktetspanning naar een minimum streeft. De taaiheid of viscositeit van de vloeistof neemt daarbij voortdurend toe. Ten slotte vloeien de nog zeer vervormbare deeltjes samen en de geheele massa wordt *gelei* of *gel*, zooals het heet. Bij dit samenvloeien en wat er uit volgt, spelen de oppervlaktetspanningen een groote rol. Daar het platte scheidingsvlak hier niet bereikt wordt, zijn de oppervlakken gebogen en discontinu en daarmede de spanningen enorm groot. Men moet zich voorstellen, dat de droppeltjes tot draden en platte vlakken samenvloeien en dat deze door die spanningen omgebogen en vereenigd worden. Zoo verkrijgt zulk een gelei structuur. Dit is een hoogst merkwaardig verschijnsel van groote beteekenis. Wij moeten daarom bij dat gelatineeren, uitvlokken, coaguleeren of hoe men het verschijnsel ook genoemd heeft, een wijle onze aandacht bepalen. Het toenemen van

de taatheid bij het allengs overgaan van den sol in den gel is bij gelatine nog onlangs door SCHROEDER bestudeerd.¹ Hij vond, dat de inwendige wrijving bij een gelatine-sol kenmerkend is voor zijn toestand, dat zij afhankelijk is van hetgeen in een voorafgaand tijdperk met de gelatine geschied is (de »Vorgesichte»). Een bepaling van deze grootheid leerde, dat de taatheid toeneemt met het dalen van de temperatuur en daarmee de omzetting van sol in gel gemakkelijker wordt. Nauwkeurige gegevens werden ook verkregen betreffende den invloed, dien basen, zuren en zouten op het stollings-(gelvormend) vermogen uitoefenen, d. i. op de snelheid der omzetting van sol in gel.

De kennis van de eigenschappen en de merkwaardige structuur der geleien, die voor de medische wetenschappen zooveel belooft en vele technische processen verklaart, danken wij aan v. BEMMELEN, die het vraagstuk van de chemische zijde aanvatte en aan HARDY en QUINCKE, die het als physiologen met het mikroskoop bestudeerden en de structuren voor een deel aanschouwelijk maakten.

Het zou een miskennis zijn van den aard van dit opstel, als wij een overzicht wilden geven van de lange reeks van geïllustreerde opstellen, ² waarin QUINCKE de uitkomsten van zijn onderzoek uiteenzette en die, hoe merkwaardig ook vaak van inhoud, toch niet op de heldere logische beknoptheid kunnen bogen, waarin de Fransche auteurs zulke meesters plegen te zijn. Zij verschenen achtereenvolgens in de *Annales de Physique* en worden nog voortdurend met nieuwe vermeerderd. Hij experimenteerde met oplossingen van gelatine, eiwit, tannine enz. op het dekglas onder het mikroskoop, al of niet met toevoeging van zouten als zilvernitraat, kaliumchromaat, enz. Hij nam steeds een splitsing waar in twee oplossingen, een die meer water en minder gelatine, eiwit of tannine of de verbinding van de laatsten met de zouten bevatte en een, waarbij het omgekeerde het geval

¹ Erstarrungs- und Quellungserscheinungen von SCHROEDER. *Zeitschrift f. Phys. Chem.*, Bd. XLV, Heft I, 1903.

² Wij zullen deze opstellen niet telkens afzonderlijk aanhalen. Wij vermelden slechts, dat zij naar het meerendeel te vinden zijn in de laatste jaargangen van de *Annalen der Physik*. Zoo vindt men het artikel over „Oberflächenspannung” enz. am Grens wässerige Kolloïdlös. verschiedener Concentration in Bd. 10 van Jg. 1903. Het stuk over „Nieder-schlagmembranen und Zellen in Gallerten oder Lösungen von Leim, Eiweiss und Stärke in Bd. 11 4te Folge. In No. 5 van Jg. 1903 vindt men een uitgebreide verhandeling over oppervlaktespanning en celvorming in oplossingen van lijmtannaat. Merkwaardig zijn vooral de mededeelingen over kristallen, die QUINCKE gaf in de *Ber. d. Deutschen Physik. Geselsch.* in de Zitting van 6 Maart, Heft 5, Jg. 1903.

was. De laatste, de meest geconcentreerde, die QUINCKE steeds de olieachtige noemt, vormde dan de wanden van blaasjes en cellen, die met de eerste, de waterachtige, gevuld zijn en alles vloeit ten slotte samen tot microscopische schuimkamers. De laatste zijn vergelijkbaar met de veelhoekige met lucht gevulde groote cellen, die het zeepschuim vormen. Ook bij het microscopische schuim worden de celwanden gevormd door een taaie vloeistof, die echter meer en meer vast wordt, naarmate de vorming van de gelei voortschrijdt. De inhoud is hier echter geen lucht maar de genoemde waterrijke vloeistof. Eigenaardig is het spel, dat QUINCKE de oppervlaktespanningen hier zag vertoonen. De blaasjes en cellen namen de vreemdsoortigste vormen aan, verkregen insnoeringen en uitstulpingen, vormden tusschenschotten; groeiden aan tot groote cel-aggregaten. Het was alsof men bij levende celweefsels de verschijnselen van voeding en groei in volle activiteit aanschouwde.

Merkwaardig is het gebruik, dat QUINCKE maakte van zijn waarnemingen, om het ontstaan van kristallen te verklaren. Hij had opgemerkt, dat de wanden der mikroskopische schuimkamers, uit de taaie waterarme vloeistof bestaande, die de waterrijkere oplossing insluiten, bij het vormen van de weefsels, waar zij samenkomen, hoeken van constante grootte vormen en wel meest van 120° , als het watergehalte dier schuimwanden hetzelfde is. Wij hebben er reeds vroeger de aandacht op gevestigd, dat het ontmengen van een oplossing, waarbij twee nieuwe oplossingen optreden, als het meest algemeene geval moet beschouwd worden. QUINCKE merkt ook op, dat ook gewone zoutoplossingen evenals de colloïdale met water te gelijk een waterarmere en een waterrijkere oplossing kunnen vormen, zoodat te dezen opzichte slechts quantitative verschillen bestaan. Kristallen beschouwt QUINCKE als schuimkamers met gestolde schuimwanden en inhoud. Hij zou dan moeten aannemen, dat de splitsing van de zoutoplossing in het genoemde tweetal van verschillende concentratie en de vorming van schuimkamers aan de kristallisatie moet voorafgaan, doch dat dit proces zoo snel verloopt, dat het aan de waarneming ontsnapt. QUINCKE vindt inderdaad bij het mikroskopisch onderzoek van de quarskristallen bijzonderheden, die levendig aan de schuimkamers herinneren. De veelhoekige basaltzuilen zijn volgens QUINCKE ook schuimkamers met gestolden inhoud en wanden. Blijkt dit alles juist te zijn, dan is het van groote beteekenis; dan kan het het uitgangspunt vormen voor een theorie der kristalvorming.

Bijzondere verdienste aangaande het verschijnsel der gelvorming en de structuur der geleiën heeft zich de Engelsche physioloog HARDY verworven, die ze in nauw verband bracht met de levende weefsels van protoplasma bevattende cellen.¹ Het gelatineeren is een voortzetting van de vorming van den sol, d. i. zeer algemeen uitgedrukt, van de scheiding der oplossing in een meer vast en een meer vloeibaar gedeelte. HARDY onderscheidde scherp tusschen de omkeerbare (gelatine, agar) en de onomkeerbare (eiwit, kiezelzuur) gelvorming. Het gelatineeren treedt in bij sterke afkoeling. Een oplossing van gelatine vertoont dan eerst droppeltjes en wordt dan vast met structuur. Een oplossing van agar in water wordt bij lage temperatuur een gelei met cellen, die een waterige oplossing insluiten en waarvan de wanden een vaste oplossing uitmaken. Het gelatineeren treedt bij alle sols op den duur van zelf op. Men kan het proces op verschillende wijze versnellen en wel voornamelijk door het toevoegen van kleine hoeveelheden van een electrolyt. HARDY heeft hier veel licht verspreid. Bij de sols met negatief geladen deeltjes wordt het gelatineeren bepaaldelijk door de kationen, de positief geladen waterstof- of metaal-ionen versneld. HARDY ontdekte een merkwaardige betrekking tusschen de valentie der ionen en hun coagulerend vermogen. Hoe hooger de valentie is, des te kleiner hoeveelheden van den electrolyt zijn voldoende, om den gel te vormen. Van aluminiumchloride zou daarvoor minder vereischt worden dan van bariumchloride en van het laatste weder minder dan van keukenzout. Kleine hoeveelheden, eenige milligrammen van het metaal, worden opgenomen in de uitvlokkende colloïdale stof en kunnen door wasschen er niet uit verwijderd worden. Zuren versnellen de gelvorming zeer sterk. Een spoor zwavelzuur doet den sol van ijzeroxyde terstond veranderen in een gelei. Uiterst kleine hoeveelheden van een electrolyt zijn voldoende om de gelvorming in gang te zetten. HARDY heeft een theorie van deze verschijnselen opgesteld, waarbij aan elektrische werkingen een belangrijke rol wordt gegeven; BREDIG heeft deze

¹ *On the colloidal state, on the structure of cell protoplasma* by W. B. HARDY, Reprinted from the *Journal of Physiology*, vol XXIV, No. 2, 1899.

On the coagulation of proteid by electricity by HARDY, *Journ. of Physiology*, vol XXIV, Juni 1899.

Vergelijk ook: *Ueber Ausfallen kolloid. Lösungen durch Electrolyten* von FREUNDLICH, *Zeitschr. f. Phys. Chemie*, Bd. XLIV, Heft 2, 1903.

denkbeelden uitgewerkt en in verband gebracht met de oppervlakte-spanningen. Om te groote uitvoerigheid te vermijden laten wij deze beschouwingen en daarmede het mechanisme der uitvlokking, die daarenboven toch nog niet meer dan waarschijnlijke onderstellingen zijn, geheel rusten. Wij bepalen ons tot de opmerking, dat men zich eerder over de vrij groote stabiliteit der sols dan over hun veranderlijkheid moet verwonderen. De moleculaire krachten eischen als evenwichtsvoorwaarde een zoo klein mogelijk, d. i. een plat grensvlak. Door het samenvloeien der kleine droppels tot grootere vermindert de oppervlaktetspanning. Dat de eindtoestand, het platte grensvlak, niet bereikt wordt vloeit daaruit voort, dat de droppels een voortdurende verandering ondergaan; zij worden steeds dikker, taaier en naderen den vasten toestand, als wij daaronder blijven verstaan den staat, waarin glas verkeert.¹ Weldra worden zij dan gelei, een vaste oplossing, insluitende het vloeibare gedeelte. Van een evenwicht als het boven bedoelde kan dan geen sprake meer zijn. De gelei ondergaat nog wel onafgebroken veranderingen, die jaren lang kunnen voortduren.

De eindtoestand wordt nu echter een andere. De wanden der cellen worden steeds dikker, de vloeibare inhoud vermindert en men eindigt met een amorphe massa als hoorn of glas. Strikt genomen is dat nog niet de toestand van rust. Wij weten hoe dikwijls glas op den duur gaat kristalliseeren. Er kan ten slotte een scheikundige verbinding tusschen de bestanddeelen van den gel optreden, zich openbarend in het verschijnen van kristallen en dan is het definitieve einde van de lange reeks van omzettingen bereikt. Prof. v. BEMMELN heeft van dit overgaan in den kristallijnen toestand in zijn studie over het waterhoudende amorphe ijzeroxyde en het kristallijne ijzeroxydhydraat een fraai voorbeeld gegeven. Vaak is de absorptie van een stof door een gel de voorlooper van een scheikundige verbinding. Het uitvlokken dezer electrolyten verklaart o. a. de Delta-vorming aan den mond van rivieren. De laatste voeren het colloïdale kleislib aan; het keukenzout van de zee versnelt het proces van de afzetting.

¹ Strikt genomen verkeert glas in den vloeibaren toestand en is dit het geval met elke stof, waarvan de moleculen niet op bepaalde wijze gericht of geordend zijn en waarin dus niet in verschillende richtingen verschillende eigenschappen optreden (dichtheid, voortplantingssnelheid en geleidingsvermogen voor licht en electriciteit, veerkracht enz.) De kristallen zijn dus vast. Merkwaardig is het zeker, dat men tegenwoordig ook vloeibare kristallen kent.

Ook colloïden kunnen elkander uitvlokken. Dit vereischt evenwel, dat de deeltjes van electriche ladingen voorzien zijn van tegengesteld teeken. Het is bekend, dat men reeds lang kleine hoeveelheden ferrichloride toevoegde, om water te zuiveren. Het ferrichloride dissocieert zich dan en er ontstaat colloïdaal ijzeroxyde. Bedriegen wij ons niet, dan werd deze methode indertijd door prof. GUNNING aanbevolen en te Kralingen toegepast. De deeltjes van het colloïdale ijzeroxyde zijn positief geladen en die der in afvalwater zwevende stoffen nagenoeg alle negatief. Zij vlokken elkander uit en het water kan boven den neerslag helder en schoon afgegoten worden.

HARDY onderscheidt bij de gels tweederlei structuur, die van open netten en van gesloten cellen of blaasjes, de zoogenaamde honigraten. In het eerste geval hebben de tot draden of vezels samengevloeiende en vastgeworden droppels een veelhoekig weefsel als een net gevormd. In de mazen van dit net heeft men de vloeistof en in de knooppunten zijn eigenaardige korrels. Het is mogelijk, dat de draden of vezels van het net een aaneenschakeling van zulke bolletjes (globulieten) uitmaken. De vloeistof is uit deze open netstructuren door geringe drukking (grootendeels met de hand) te verwijderen. Roert men opzettelijk korreltjes van een vreemde stof, b.v. van cinnaber, in de massa, dan vindt men ze in de knooppunten terug. Zij bepalen door hun aantal de knooppunten en daarmee de grootte der mazen.

De diagonalen van de mazen van het net meten gewoonlijk eenige mikrons. De honigraatstructuren vertoonen zich als vaste massa's, waarin blaasjes of cellen zijn uitgehold. Het gespaarde gedeelte vormt dan de wanden dier geheel gesloten met vloeistof gevulde cellen. Hier is het alleen door een drukking van een groot aantal atmosferen mogelijk vloeistof uit den gel te persen. Deze structuur komt dus overeen met die van de mikroskopische schuimkamers van QUINCKE. HARDY verduidelijkt zijn mededeelingen door toevoeging van een plaat met fraaie afbeeldingen van de onder het mikroskoop door hem waargenomen structuren, die hij bepaaldelijk door fixeermiddelen (voor een deel electrolyten) in hydrosols van gelatine, agar en eiwit verkreeg. Als zoodanig gebruikte hij osmiumzuur, sublimaat, kaliumbichromaat, keuzenzout, formaldehyde enz. Met den microtoom maakte hij zijn doorsneden. HARDY vond, dat de door verwarming niet omkeerbare gels — die van eiwit, kiezelzuur enz. — als regel de open net of sponsachtige structuur vertoonden, terwijl de langs dien weg omkeerbare — gelatine, agar — gewoonlijk den honigraat-

bouw lieten zien, waarbij de blaasjes, door de onderlinge drukking tot veelvlakkige lichamen vervormd, tot omstreeks 7 mikrons middellijn konden verkrijgen. Bevatte de oplossing minder dan 5 pct. gelatine, dan verkreeg men ook hier de open netstructuur. De invloed van de soort van het fixatiemiddel en van andere omstandigheden bestudeerde HARDY nauwkeurig. Hij leverde dan ook een arbeid, waarmede chemici en biologen voortaan rekening moeten houden bij het onderzoek op dit gebied. De draden der netten en de wanden der veelhoekige blaasjes zijn — althans bij gelatine en agar — als vaste oplossingen te beschouwen. Men kan de vloeistof daarin door een andere vervangen, b.v. water door alcohol, zonder de configuratie te wijzigen.

De Leipziger physioloog BÜTSCHLI, die de belangrijkste toepassing maakte op het protoplasma, kon bij kiezelzuur en gelatine de structuur niet onder alle omstandigheden waarnemen. Hij nam aan, dat onder de omstandigheden zijner proef de cellen te klein en het verschil in lichtbrekend vermogen tusschen inhoud en wand te gering was. Als hij den hydrogel van gelatine in een alcohol- of xylo-gel veranderde, nam ook hij bij dunne doorsneden een fijne schuim-, ten deele een vezelstructuur waar. Bij den kiezelzuur-gel zag hij bij het drogen slechts voorbijgaand een honigraatstructuur optreden. Vaak zag BÜTSCHLI alleen globulieten verschijnen, vastgeworden droppeltjes, die zich op verschillende wijzen kunnen groepeeren en vaak den overgang van den amorphen toestand in den kristallijnen vormen.

II

Hebben de physiologen zich uit den aard der zaak meer bezig gehouden met de studie van de structuur der gels, de belangrijke kennis, die wij van de physische en chemische eigenschappen der laatste bezitten, zijn wij bijna uitsluitend aan onzen landgenoot prof. v. BEMMELN verschuldigd. Hij besteedde een goed deel van zijn wetenschappelijk leven aan dit onderzoek, waarvan hij de uitkomsten grootendeels publiceerde in het *Zeitschrift f. anorg. Chemie*. Niet minder dan acht verhandelingen, waarvan elk op een zelfstandig onderzoek betrekking heeft, vindt men in de jaargangen van dat tijdschrift. De oudste mij bekende verhandeling over dit onderwerp vindt men in den jaargang 1880 van het *Journal f. prakt. Chemie*; de laatste, in het *Zeitschr. f. anorg. Chemie* opgenomen, werd in 1903

gedrukt en waarschijnlijk zal dit de laatste nog niet zijn. Prof. v. BEMMELEN deelde de uitkomsten van zijn onderzoek ook voortdurend mede in onze Academie van wetenschappen. Hij is dan ook op dit gebied niet alleen ten onzent maar ook in het buitenland een man geworden, wiens meening gewicht in de schaal legt. Wie een grondige studie van het onderwerp wil maken, verwijzen wij naar de genoemde verhandelingen. Het spreekt van zelf, dat wij hier uit zulk een omvangrijke litteratuur slechts enkele voorname gezichtspunten kunnen releveeren. ¹

Prof. v. BEMMELEN heeft in de eerste plaats nagegaan het absorptievermogen voor water, voor basen, zuren en zouten, dat de gels in zoo hoge mate bezitten. Wat het water betreft is de belangrijkste studie die van den gel van kiezelzuur, die in 1896 gepubliceerd werd.

Prof. v. BEMMELEN ontwaterde den gel langzaam en geleidelijk door hem achtereenvolgens te brengen in ruimten, waarin de waterdamp een constante geringe spanning had van eenige millimeters

¹ Wij zullen de wetenschappelijke verhandelingen van prof. v. BEMMELEN hier opnoemen zonder ze afzonderlijk telkens aan te halen.

Absorptionsverbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde. *Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen* von DR. F. NOBBE, Bd. XXXV, 1886.

Die Absorptionsverbindungen von Hydrogels mit Säuren, Basen und Salzen. *Journ. f. prakt. Chemie*, Jg. 1880.

Hydrosol und Hydrat von Beryloxyd und von Magnesiumoxyd. *Journ. f. prakt. Chemie*, Jg. 1882.

Ueber das amorphe, wasserhaltige Eisenoxyd, das kristallinische Eisenoxydhydrat, das Kaliumferrit und das Natriumferrit, von J. M. VAN BEMMELEN und E. A. KLOBBIE. *Journ. f. prakt. Chemie*, Jg. 1892. Die Einwirkung der Hitze auf das Gewebe des Hydrogels der Kieselsäure. *Archiv. Néerland. des sciences exact. et natur.*, 1901. L'hydrogel et l'hydroxyde cuivrique cristallin. *Arch. Néerland.*, T. XXX.

Der Hydrogel und das Hydrat von Kupferoxyd. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1893. Die Absorption. Das Wasser in den Kolloïden besonders in dem Gel der Kieselsäure. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1896.

Die Absorption. 2te Abhandlung. Die Bildung der Gels und ihre Structur. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1898.

Die Absorption. 3te Abhandlung. Die Hohlräume, etc., der Verlust des Absorptionsvermögens der Kolloïden. Die Umsetzung von kristall. Hydraten in amorphe Substanzen. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1898.

Die Absorption. 4te Abhandlung. Die Isotherme des kolloïd. Eisenoxyds bei 15°. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1899.

Die Absorption. 5te Abhandlung. Die Absorption von HCl und KCl aus wässeriger Lösung durch koll. Zinnoxyde. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1900.

Die Absorption. 6te Abhandl. Die Absorption von Stoffen aus Lösungen. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1900.

Die Absorption. 7te Abhandl. Die Einwirkung von höheren Temperaturen auf das Gewebe des Hydrogels der Kieselsäure. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1902.

Die Absorption. 8te Abhandl. Absorptionsverbindungen von Hydrogels falls auch chem. Verbindungen oder Lösungen stattfinden können. *Zeitschr. f. anorg. Chemie*, Jg. 1903.

kwik en telkens den evenwichtstoestand te laten intreden. Hij verkreeg de gewenschte spanning van den waterdamp met behulp van bepaalde mengsels van water en zwavelzuur. De uitkomsten vindt men weergegeven in diagrammen. Op de X-as is het watergehalte van den gel, op de Y-as zijn de corresponderende spanningen van den waterdamp afgezet. Als verdampingsisothermen verkrijgt men dan kromme lijnen, die een eigenaardig verloop hebben. De onderzoeker liet dan den gedroogden gel op dezelfde wijze langzaam weder water opnemen. Dit aangroeiend watergehalte werd dan in hetzelfde diagram door stippellijnen aangeduid. Het water, dat uitgeperst kon worden, werd vooraf verwijderd.

Het bleek, dat het water in het eerst het gemakkelijkst werd afgegeven. De isotherm verliep over een grooten afstand slechts weinig hellend ten opzichte van de X-as. Het was voornamelijk het in het weefsel ingesloten water, dat verdampte. Naarmate de gel armer aan water werd, werd de vloeistof sterker vastgehouden, wat begrijpelijk is door de vermeerderde oppervlakte-aantrekking. De isotherm nam een steiler loop aan ten opzichte van de X-as. Op een bepaald oogenblik kwam er een merkwaardige verandering in den toestand. Prof. v. BEMMELEN noemt dit »het omslagpunt».

Tot nog toe bleef de gel helder en doorzichtig en kromp zonder scheuren of spleten te verkrijgen. De holten werden kleiner doch bleven met water gevuld. Is het omslagpunt bereikt, dat bij alle gels niet even duidelijk optreedt, dan wordt de gel troebel en ondoorzichtig. De bewegelijkheid, die de deeltjes even te voren nog bezaten, hoewel de gel reeds geheel op een vaste stof geleek, gaat verloren; de wanden der cellen — prof. v. BEMMELEN noemt ze micellen — naderen elkander niet meer; er dringt lucht in de holten door. Volgens prof. v. BEMMELEN zou er op dat oogenblik een nieuwe gelvorming plaats grijpen, gepaard met een verandering in den bouw, terwijl de colloïddeeltjes meer den vasten toestand naderen. De holten zijn nu deels met water, deels met lucht gevuld. Onder het omslagpunt verandert de loop van den verdampingsisotherm. Het verdere waterverlies is een verdamping met gewijzigde micellen. De laatste waterdeelen worden hardnekkig vastgehouden; de isotherm begint zich steeds steiler naar de X-as te richten. Waarschijnlijk verdwijnt nu niet meer ingesloten vocht, maar het water, dat door de celwanden geïmbibeerd is; water, zou men kunnen zeggen, uit een vaste oplossing. De beide verdampingsphasen zijn echter nergens scherp van elkander gescheiden.

Er blijft nog altijd water in den schijnbaar vasten en volkomen drogen gel. Dit water kan er eerst door langdurig gloeien uit verwijderd worden. Het opnemen van water door den gel leert, dat het proces slechts gedeeltelijk omkeerbaar is. Tot aan het omslagpunt is de omkeerbaarheid volkomen. De lijn van het opnemen van het water valt geheel samen met die van het verliezen er van bij de verdamping. Daar boven wordt nog wel water opgenomen, doch de isotherm vertoont een geheel ander veel steiler verloop dan die van het waterverlies. Men kan den gel, waarvan de structuur bij het drogen veranderingen onderging van deels blijvenden aard, slechts een gedeelte van het verloren water weder doen opnemen.

Door het construeeren der continu verloopende verdampingsisothermen heeft prof. v. BEMMELEN aangetoond, dat het opgenomen water met den gel geen scheikundige verbindingen aangaat. Ware het laatste het geval, de lijn zou sprongen moeten vertoonen. Zoo ziet men het, als men zouten met kristalwater, die meerdere hydraten vormen, aan zulk een verdampingsproces onderwerpt. Zoodra het eerste of meerdere moleculen water in de geheele massa door verdamping verdwenen zijn, verandert de lijn met een sprong van ligging in het diagram. Men verkrijgt nu de verdampingslijn van een ander hydraat, die continu blijft, zoolang er zoutmoleculen van deze samenstelling in de zoutmassa aanwezig zijn; en zoo voort, totdat alle moleculen kristalwater verdwenen zijn.

Prof. v. BEMMELEN spreekt bij de gels van absorptie-verbindingen en onderscheidt ze scherp van scheikundige verbindingen. Bij de eerste heeft men niets te maken met de wetten der gewichtsverhoudingen, die voor de laatsten gelden. Het is dus af te keuren, als de chemici voor het geleiachtige ijzeroxyde de formule $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ schrijven, zulk een verbinding bestaat er niet. Men moet schrijven $\text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ coll. } n\text{H}_2\text{O}$. En dit geldt voor alle geleiachtige hydroxyden en andere verbindingen, waarvan men scheikundige formules in de leerboeken ziet prijken. Zulke formules passen alleen voor kristallyne verbindingen. Soms bestaan er absorptie-verbindingen en overeenkomstige scheikundige. Men heeft b.v. geleiachtig $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ coll. } n\text{H}_2\text{O}$ en kristallyn $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Ongelooflijk groot zijn de krachten, die bij de absorptie-verbindingen in werking treden. Een gram poreuze koolstof (dierlijke kool) heeft een absorbeerende oppervlakte van 4 M³. en de daardoor geabsorbeerde vloeistof verkeert onder een drukking van 7—10 duizend atmosfeeren. En niet minder is de drukking in de gels. Er ont-

wikkelt zich dan ook veel warmte. Onder zulke omstandigheden kunnen zich in de vloeistoffen, door den gel opgeslorpt, bijzondere processen afspelen; wellicht staan hiermede de katalytische werkingen in verband, die zij uitoefenen. Reeds is opgemerkt, dat men de ééne vloeistof in den gel door een andere kan vervangen. Prof. v. BEMMELEN heeft dit op groote schaal gedaan. Hij verdrong het water in de gels door alcohol, azijnzuur, zwavelzuur, glycerine, xylol enz. Sommige der gels, o.a. die van glycerine, hebben een bijzonder fraai voorkomen; zij zijn volkomen helder en doorschijnend. Prof. v. BEMMELEN bewaarde ook gels jaren lang onder vloeistoffen en bepaalde dan den verdampings-isotherm. Hij kwam zoo tot de uitkomst, dat het verloop van die lijn in hooge mate afhankelijk is van de geschiedenis (Vorgeschiedte) van den gel en bewees daarmede, dat de laatste aan een voortdurende toestandsverandering onderworpen is. Hoeveel water een gel kan absorbeeren bemerken wij tot onze schade aan de zeep, die 75 proc. water kan opnemen en nog tamelijk hard zijn. De bekende transparante zeepen zijn alcohol-gels.

Op dezelfde wijze absorbeert een gel basen, zuren en zouten en de ionen dier verbindingen. Ook dit heeft prof. v. BEMMELEN in zijn onderzoek opgenomen en de uitkomsten in woorden en diagrammen gepubliceerd. De geabsorbeerde stof kan uit een sol of uit een oplossing opgenomen worden. In het eerste geval gaat de absorptie gemakkelijk; er is geen tegenwerking. Poreuze stoffen als dierlijke kool nemen uit colloïdale vloeistoffen, b.v. uit den hydrosol van arsenicumtrisulfide, de stof geheel op. Schudt men tuinaarde met den hydrosol van een kleurstof en filtreert men af, dan is het filtraat geheel kleurloos. Hierop berust de zuiverende werking, die beenderenkool op troebele gekleurde vochten uitoefent en de klarende werking van eiwit, dat men in zulke vloeistoffen een gel laat vormen. Belangrijke processen van het verven van weefsels worden thans begrijpelijk. Zijde en wol worden uitgeverfd met fuchsine en congorood in waterige oplossing, waarin zij in den toestand van sol verkeeren. Linnē en katoenen weefsels worden voor het uitverven met bijtmiddelen, b.v. met verbindingen van tin en aluminium behandeld. Op de vezel blijft dan colloïdaal aluminium- en tinoxyde achter, dat vervolgens in het verfbad de kleurstoffen opslorpt. Voegt men bij de oplossing van een houtkleurstof een aluinoplossing en daarna loog, dan blijft bij het affiltreeren de gekleurde gel op het filter achter, terwijl het filtraat kleurloos is. Ook looistof vormt

met water een sol; zij wordt bij het looien door de dierlijke huid geabsorbeerd; de laatste verliest daardoor haar opnemingsvermogen voor water en is in leder veranderd, dat onder gewone omstandigheden niet meer aan bederf en rotting onderhevig is en toch de buigzaamheid en taaiheid der huid heeft behouden. De bovenstaande technische toepassingen van absorberende colloïden zijn zoo belangrijk, dat zij alleen reeds een studie van het proces noodzakelijk maken.

De chemici en technologiën zijn het er meerendeels over eens, dat wij met het bovenstaande te doen hebben met absorptie-verschijnselen van gels. Minder algemeen wordt de instemming, als ook de absorptie door gels uit oplossingen van kleurstoffen in de beschouwing wordt opgenomen. Velen meenen, dat men in dezen tak van de ververij aan het tot stand komen van scheikundige verbindingen tusschen vezel en kleurstof moet denken. Wij laten dit verschilpunt geheel rusten.¹

Bij de absorptie uit oplossingen hebben wij met elkander tegenwerkende krachten te doen; eenerzijds de moleculaire krachten van den absorberenden gel, anderzijds de aantrekking tusschen opgeloste stof en oplosmiddel. Hier komt een evenwicht tot stand en wordt als regel de stof tusschen den gel en het oplossingsmiddel verdeeld op een wijze, die van den bouw der colloïdale stof, van den aard van oplosingsmiddel en opgeloste stof, van de concentratie der oplossing bij het evenwicht en van de temperatuur afhankelijk is. Er is hier geen constante deelingscoëfficiënt zooals bij ware oplossingen, b.v. bij water en zwavelkoolstof, die jodium verdeelen.

Wij verwijzen verder naar de publicaties van prof. v. BEMMELN in het *Zeitschr. f. Anorg. Chemie*. Wie zich er van wil overtuigen, dat amorphe poreuze stoffen ook opgeloste stoffen opslorpen, filtreere een matig verdunde oplossing van een loodzout door beenderkool. Hij zal het lood in het filtraat niet terug vinden.

Wij merkten reeds op, dat bij het versnellen der gelvorming door electrolyten een gedeelte van de bestanddeelen van het zout in den gel

¹ Vergelijk: DR. FAHRION, Zur Theorie der Lederbildung, *Zeitschr. f. angew. Chemie*, Heft 28, 1903.

Een voorstander van de chemische theorie is Prof. DR. GEORGIEVICS. Zie zijn Theorie van d. Färbeprocess in Heft 24, Jg. 1903 van het *Zeitschr. f. angew. Chemie*. Een ander standpunt is dat van DR. KÖRNER, dat men uiteengezet vindt in het Jahresbericht der Deutschen Gerberschule zu Freiberg in Sachsen, 1899—1900. Vergelijk ook de theorie van de ververij van ZACHARIAS, *Zeitschr. f. Phys. Chem.*, Bd. 39, Jg. 1902.

teruggehouden wordt. Dit is ook absorptie. Wellicht gaat deze absorptie aan de coagulatie vooraf en is er de oorzaak van. Wij hebben hier niet alleen met opslorping maar ook met hydrolytische dissociatie te doen. Ook dit geval is door prof. v. BEMMELEN uitvoerig bestudeerd. Colloïdaal kiezelzuur absorbeert uit de waterige oplossing van kaliumcarbonaat een bepaalde hoeveelheid alkali, terwijl zich een aequivalente hoeveelheid hydrocarbonaat vormt. Colloïden kunnen ook bij de absorptie van zouten een gedeelte er van ontlede en het zuur absorbeeren, zoodat de base vrij komt. Dit is o. a. waargenomen met de hydrogels van aluminium- en ijzeroxyde in oplossingen van kalium- en ammoniumzouten. Zeer sterk is deze werking bij den rooden hydrogel van mangaanperoxyde, die de haloïdzouten der alkalimetalen en kaliumsulfaat ontleedt. Colloïdale humusstoffen kunnen een kleine hoeveelheid ammoniumchloride, zelfs opgeloste carbonaten, phosphaten en boraten ontlede en de base absorbeeren. Daarom verkrijgt men een zure oplossing, als men een humushoudende bouwaaarde met een salmiakoplossing digereert. Ook bij dierlijke weefsels heeft men zulk een hydrolytische splitsing van opgeloste zouten waargenomen. Wellicht komt langs dien weg het vrije zoutzuur in de maag. In de lebklieren moet dan kaliumchloride ontleed en het kaliumhydroxyde geabsorbeerd worden, terwijl het gevormde zoutzuur in de maag diffundeert.

Men begrijpt van welk belang de absorptie verschijnsels zijn met het oog op den bouwgrond. De laatste bevat in de humusstoffen en in vele silicaten absorbeerende colloïden, die water en zouten opnemen uit verdunde oplossingen in den bodem, ze vastleggen en aan de haarwortels der planten aanbieden. Hier heeft men echter weder nieuwe complicaties; er heeft met de absorptie ook substitutie van bestanddeelen plaats, die de uitkomsten minder eenvoudig maakt. Het waterhoudend vermogen dankt de bouwgrond voor een goed deel aan zijn colloïdale bestanddeelen. Wij weten hoeveel water klei en veen kunnen opzuigen en vasthouden. Prof. v. BEMMELEN heeft hier weder een belangrijken arbeid verricht. De studie van de eigenschappen van den bouwgrond is voor hem de aanleiding geweest, om dieper in het onderwerp, de colloïdale stoffen in het algemeen, door te dringen. Wij zijn hier op zulk een uitgestrekt terrein, dat ons niets anders overblijft dan te verwijzen naar den arbeid van prof. v. BEMMELEN, van latere onderzoekers en naar de nieuwste handboeken over landbouwscheikunde.

Wellicht evenwel zijn de studies van V. BEMMELEN, HARDY, PAULI, LOEB en BÜTSCHLI, om slechts de voornaamsten te noemen, door de biologen en physiologen met nog meer belangstelling gevolgd, dan door de landbouwkundigen en de beoefenaars der technische en toegepaste scheikunde. Ook de zuivere theoretici in de chemie kunnen er echter hun voordeel mede doen. Zij weten nu, dat door toevoeging van salmiak of een ander zout een colloïdaal neerslag op het filter teruggehouden kan worden. Zij leeren de formules, die voor amorphe verbindingen gegeven worden, wantrouwen. Het in de analytische scheikunde zoo bekende feit, dat tal van neerslagen in oplossingen van electrolyten een gedeelte van de laatste medesleepen en insluiten, waardoor een herhaald oplossen en precipiteeren noodig wordt, vindt nu zijn volledige verklaring. Het is een absorptieverschijnsel, te weeg gebracht door het amorphe of colloïdale neerslag. Het is nu duidelijk, dat wasschen noch decanteeren hier helpen kan en dat bijzondere kunstgrepen noodig zijn, om zoo gevormde amorphe precipitaten in zuiveren toestand te verkrijgen. En op de zuiverheid van het neerslag, dat men weegt, komt in de analytische scheikunde alles aan.

III

Keeren wij tot de biologen terug. Voor de mikroskopisten onder hen waren de uitkomsten van HARDY een zeer onaangename verrassing. Het is bekend hoe zij de mikroskopische preparaten, vooral die van dierlijke weefsels, met kleurstoffen en fixeermiddelen behandelen, om de verschillende elementen der cellen duidelijker te kunnen onderscheiden. Nu heeft HARDY aangetoond, dat met de gewone fixeermiddelen (sublimaat, osmiumzuur enz.) in eiwit, gelatine en agar mikroskopische structuren voortgebracht kunnen worden, die volkomen overeenkomen met die, welke de mikroskopisten na fixatie bij dierlijke cellen waarnamen en als kenmerkend er voor beschreven.

Men houde hierbij in het oog, dat het protoplasma der levende cel ook in colloïdalen toestand verkeert; men zou er van kunnen spreken als van een levende gelei. Zeer treffend is o.a. de overeenkomst van het beeld van een doorsnede van een met karmijnkorrels vermengde door sublimaat gefixeerde eiwitoplossing met haar netstructuur en met korrels in de knooppunten en de klierzellen met haar korrels van de pancreasklier van een kikvorsch, eveneens in doorsnede onder het mikroskoop gezien. De gedachte ligt voor de

hand, als men kunstmatig in gewone geleien door dezelfde middelen structuren kan doen ontstaan overeenkomstig met die, welke als kenmerkend voor bepaalde dierlijke weefsels beschreven zijn, zou men dan in beide gevallen niet met hetzelfde verschijnsel te doen hebben; zou m. a. w. de waargenomen protoplasma-structuur niet als in elke gelei eerst door de fixeermiddelen of van zelf na den dood ontstaan zijn? En zoo ja, wat blijft er dan over van hetgeen als kenmerkend en typisch voor het levend protoplasma door woord en teekenschrift gegeven is? HARDY maakte doorsneden van velerlei dierlijke weefsels, fixeerde ze met verschillende stoffen en onderzocht den bouw onder het mikroskoop. Hij kwam tot het besluit, dat in het algemeen de levende celstof op fixatieven op dezelfde wijze reageerde als vaste of vloeibare colloïden. Ook zag hij het protoplasma na den dood van zelf de typische structuren der geleien aannemen. Het onderzoek van HARDY is een krachtige aanmaning aan het adres der mikroskopisten om uitermate voorzichtig en sceptisch te zijn, waar zij uit waargenomen al of niet gefixeerde of gekleurde doode weefsels besluiten trekken betreffende de structuur van het levende actieve protoplasma.

Een andere quaestie is het, of het levende protoplasma al of niet een microstructuur bezit. De studie der gels, in het voorafgaande besproken, bracht dit vraagstuk in den laatsten tijd aan de orde. Het werd in bevestigenden en ontkennenden zin beantwoord.

De overeenkomst in eigenschappen tusschen protoplasma en gels, a priori waarschijnlijk, is inderdaad door de nieuwste onderzoekingen meer en meer uitgekomen. Merkwaardig is o. a. het onderzoek van WEBSTER¹ met kikvorschspieren in oplossingen van electrolyten. Hij kwam tot het besluit, dat de structuur van het spierplasma veel overeenkomst schijnt te bezitten met die van den kiezelzuur gel van VAN BEMMELN, d. i. een colloïdale netstructuur schijnt te zijn, die in de holten van zijn micellen en tusschenruimten door capillaire krachten door absorptie en adsorptie² een vloeistof vasthoudt. WEBSTER ging

¹ *Absorption of liquids by animal tissues* by WEBSTER. University of Chicago, The decennial Publications.

² Er heeft waarschijnlijk in de gels zoowel adsorptie als absorptie plaats. Er heeft m. a. w. in de micellen zoowel doordringen plaats van de moleculen van gels en geabsorbeerde stof als verdichting op de oppervlakken. Deze werkingen zijn echter niet te scheiden. Wij spreken daarom voortaan met PROF. V. B. alleen van absorptie, beiden bedoelend. Zie hierover Die Absorption. 6te Abhandlung s. 324.

proefondervindelijk de opslorping van water en van de ionen van electrolytisch gesplitste zouten door kikvorschspieren na. Hij stelde in het licht, dat de osmotische druk, waarvan men elke verklaring op dit gebied verwacht, slechts een gedeelte der verschijnselen begrijpelijk kan maken; dat men moet letten op de zeer verschillende mate van doordringbaarheid van het sarcolemma van de spier voor de verschillende ionen en boven alles op de ionic-effects, die de osmotic-effects in beteekenis ver overtreffen. De spier heeft een voorkeur voor bepaalde ionen en de opslorping van een bepaald ion brengt een bepaalde verandering teweeg in de eigenschappen van het spierprotoplasma, in het bijzonder in zijn absorptie-vermogen voor water. Hier zijn wij klaarblijkelijk geheel op het terrein van de absorptie van zouten door colloïden, die de gelvorming versnellen, het terrein door VAN BEMMELEN geëxploreerd. Electrolyten spelen ook hier een bijzondere rol. Bevindt de spier zich in de oplossing van een niet-electrolyt — van ureum of rietsuiker b.v. — dan zijn de absorptie-verschijnselen volkomen verklaarbaar door de wetten van den osmotischen druk of van de diffusie, naarmate het spiervlies niet al of doordringbaar is voor de opgeloste stof. Ligt de spier in de oplossing van een electrolyt, dan vloeien de verschijnselen grootendeels voort uit de specifieke werking der ionen, bepaaldelijk der kationen. Het spiervlies is b.v. in beide richtingen doordringbaar voor de ionen van natrium, kalium en calcium. WEBSTER legde een spier in isotonische oplossingen van natrium- kalium- en calciumchloride, de spier won aan gewicht in de eerste oplossing 7 proc., in de tweede 39 proc., terwijl hij in de derde 18 proc. in gewicht verloor. Het calcium-ion belette het opnemen van water door dierlijke weefsels. Zulke uitkomsten, zij 't ook niet met geheel dezelfde cijfers, leverden ook proeven van anderen op.

Welk een licht valt hiermede op de beteekenis van zouten voor het levend lichaam. Het schijnt, dat het opnemen van bepaalde ionen aan het protoplasma eerst de constitutie geeft, die vereischt wordt voor een normaal functioneeren. De ionen hechten zich aan de eiwitmoleculen en wijzigen hun eigenschappen en bepalen in 't bijzonder het opslorplingsvermogen voor water. Het bekende feit, dat kaliumzeepen week en natriumzeepen hard zijn, behoort tot deze orde van verschijnselen. Een kikvorschspier blijft in een oplossing van natriumchloride van 0,7 proc. zijn normaal volume en 40 tot 48 uren zijn prikkelbaarheid behouden, terwijl de laatste in een suikeroplossing van dezelfde

concentratie spoedig verloren gaat. In de genoemde oplossing van natriumchloride komt de kikvorschspier spoedig in rythmische contracties, die 24 uren aanhouden. Het natrium-ion alleen werkt giftig. Een tegengift vormen de bi- en trivalente ionen van calcium, barium en aluminium. Bevonden zich geen calcium- en magnesium-ionen in ons bloed, onze spieren zouden zich voortdurend samentrekken. Ook de kalium-ionen in onze lichaamsvochten werken gunstig op de normale werkzaamheid onzer musculatuur. Valt hier niet weder de groote overeenkomst tusschen de gewone gels en protoplasma in het oog? Wij zagen, dat gels ionen absorbeerden en tegen andere uitwisselden, het laatste o.a. bij de colloïdale stoffen van den bouwgrond. Aan het eiwit van het protoplasma zijn bepaalde metaal-ionen gehecht; wordt met zoutoplossingen het aantal of de soort er van door absorptie of uitwisseling gewijzigd, dan wordt de samenstelling en daarmee de werkzaamheid van de spier abnormaal.

De werking der ionen op colloïden vindt reeds haar plaats op therapeutisch gebied.¹ De analogie tusschen colloïdale toestandsveranderingen en processen in de levende stof leert pharmacodynamische betrekkingen vinden. HOFMEISTER vond samenhang tusschen de purgeerende werking van zouten en hun vermogen om eiwit te coaguleeren; waarbij de ionen een rol spelen. Anionen en kationen schijnen hier antagonisten te zijn; de eerste het coaguleeren belettend, de tweede het bevorderend. Het is inderdaad niet te verwonderen, dat men de lijnen nog verder gaat doortrekken en aan het levende protoplasma een mikrostructuur gaat toeschrijven overeenkomstig met die, welke bij vele gels gevonden is; dat men zoo als het ware de stofwisseling-processen in het protoplasma in micro-cellen gaat localiseeren en zoo hun samengaan tracht te verklaren in hetzelfde protoplasma zonder eenige wederzijdsche stoornis. Als verdediger van zulk een plasmatischen bouw heeft zich vooral de Leipziger physioloog BÜTSCHLI leeren kennen. Uitgemaakt is de zaak echter nog niet; sub judice res est. Onder meerderen meent dr. PAULI,² dat voorloopig aan de onderstelling van een mikroskopischen honigraatbouw van de levende stof nog een voldoende stevige grondslag ontbreekt. Hij meent de

¹ Vergelijk ook over de therapeutische toepassingen: PAULI *BIOCHEM. Centr.-Bl.*, No. 8 van 1 April 1903.

² *Der kolloïdale Zustand und die Vorgänge in der lebendige Substanz von Dr. W. PAULI*. Vortrag in das morph-physiol. Gesellschaft zu Wien.

verschijnselen van resorptie en van de differentieering der scheikundige processen in het protoplasma nog wel te kunnen verklaren zonder het aannemen van den fijnkamerigen bouw. Hij ontwikkelt dan de hypothese van omkeerbare processen van deels bijzonderen aard, die hij als homo- en heterodroom onderscheidt, en samenhangend acht met het karakter der colloïden, die den evenwichtstoestand gemakkelijk overschrijden (oversmelten van gelatine) en als 't ware een getrouwe herinnering bewaren van de veranderingen, die zij ondergingen. Wij wezen er reeds in het voorafgaande op, dat deze merkwaardige eigenschap van het protoplasma, waarop de verklaring van psychische verschijnselen als het geheugen moet berusten, ook bij de gels gevonden wordt, dat de eigenschappen, die zij met het oog op structuur, op opslorping van water, zouten enz. vertoonen, in hooge mate afhankelijk zijn van wat men met een vreemd woord hunne »Vorgeschiedte» genoemd heeft. Wie omtrent dit belangrijke punt nadere bijzonderheden wenscht te leeren kennen, verwijzen wij naar de studie van prof. VAN BEMMELEN. PAULI steunt daarbij op de leer, die HERING en MACH ontwikkeld hebben in zake de gewaarwording van bewegingen. Vooral MACH's *Grundlinien einer Lehre der Bewegungsempfindungen* haalt hij met instemming aan. Hij betreurt het, dat HELMHOLTZ door zijn groot gezag op dit gebied de theorie van HERING betreffende den licht- en kleurenzin zoo lang op den achtergrond drong. PAULI wijst ook op bezwaren, die de theorie van het gelatineeren der colloïden ontmoet, als zij zonder meer op het protoplasma wordt overgebracht. Zeker is de werking van zouten op eiwit geenszins altijd van denzelfden aard als die van electrolyten op gelatineerende colloïden. Zoo behoort o.a. het bekende uitzouten van eiwitoplossingen door magnesium- en natriumsulfaat, waar zulke geconcentreerde zoutoplossingen vereischt worden, zeker tot een andere groep van verschijnselen.

Eigenaardig is ook de werking, die het ééne colloïd op het gelatineeren van het andere kan uitoefenen; de »beschermende werking.»¹

¹ Zie A. MÜLLER, „Ueber Suspensionen in Mediën von hoher innerer Reibung.“ *Ber. d. deutschen Chem. Ges.*, 1904, Jg. XXXVII, § 11—16.

Volgens MÜLLER's onderzoek vereischen sols van metalen, sulfiden enz. toevoeging van grootere hoeveelheden electrolyt, om zich als gel af te scheiden, als in de vloeistof tevens aanwezig zijn colloïden van groote viscositeit zooals eiwit en gommen. Dit moet men in het oog houden bij de toepassingen op het levend lichaam. In het bloed o. a. zullen sols van metalen, b.v. van zilver, dus langer als zoodanig kunnen blijven bestaan dan in gewone waterige vloeistoffen.

De leer van de colloïdale mikro-structuur van de levende stof, door BÜTSCHLI en anderen verdedigd, behoort echter ongetwijfeld tot de meest belangwekkende gezichtspunten, die de biochemie in den laatsten tijd heeft gegeven; al gaat BÜTSCHLI wellicht te ver, als hij de stralingsfiguren, die in gelatine rondom gasblaasjes ontstaan, voor de verklaring der celdeeling gebruikt. De fraaie figuren, die o. a. LIESEGANG in gelei en met behulp van neerslagen wist te doen ontstaan, berusten waarschijnlijk op kernwerking en het is de vraag, of de verklaring van de verschijnselen door BÜTSCHLI beschreven, niet althans gedeeltelijk in deze richting moet gezocht worden. BÜTSCHLI werkte voornamelijk met gelatine. Het gelukte hem niet, om in de ongeprepareerde geleien de honigraatstructuur aan te toonen, zelfs niet met kleurmiddelen, die toch door lijn gemakkelijk worden opgenomen. BÜTSCHLI meent, dat het met ongeprepareerde geleien niet gaat, omdat de wanden der fijne schuimkamers door het verdwijnen van den inhoud door drogen samenvallen en het verschil in brekingsindex tusschen inhoud en wand te gering is, om ze onder het mikroskoop van elkander te kunnen onderscheiden. Door de werking der fixeermiddelen — alkohol, ether, chroomzuur — zouden de wanden dichter en vaster worden.

Wat hiervan ook zij; de leer van de micro-structuur van het protoplasma heeft als werkhypothese althans volle recht van bestaan. Veel onderzoek en veel wetenschappelijke discussie zijn te dezen opzichte nog noodig. Voorloopig behoeven de biochemici en de medici er nog weinig rekening mede te houden, maar de kans schijnt niet zoo gering, dat zij zich van een hypothese tot den rang van een theorie zal opwerken.

De hoogleeraar LANGELAAN, in zijn inaugurale redevoering sprekend over de methoden der morphologie, ruimt aan de genoemde studies een belangrijke plaats in. Hij wijst op de studie van de fijne schuimstructuren der gels en zegt, dat het levend en het gefixeerd organisme dezelfde structuren vertoonen. Hij onderscheidt drie hoofdtypen van \ fijneren anatomischen bouw van het cellichaam en sluit zich daarbij aan bij hetgeen bij de gels gevonden is. De grondstof van het levend organisme bestaat ten eerste uit netvormig verbonden vezels met een tussenstof in de mazen. Deze structuur is duidelijk bij gefixeerde eieren van zoogdieren en de levercellen van kikvorschen en in vele levende cellen. Iedere voorstelling van den fijneren bouw van het protoplasma zal er, zegt de hoogleeraar, rekening

mede moeten houden. Naast deze gestrekte elementen heeft men kleine korrels, gelegen in de knooppunten van het net, die volgens sommigen het eigenlijke vormelement van de levende grondstof zouden zijn. Ten tweede vertoont de levende stof den bouw van fijne schuimkamers. Dit is bij de meeste levende cellen niet duidelijk te zien wegens bijzondere omstandigheden. Deze structuur is vaak te herkennen, als de cel sterft. Gewezen wordt er dan op de overeenkomst met den fijnen schuimbouw der gels, op de korrels, die bij beiden slechts in de schuimwanden voorkomen, en zich ophoopen in de knooppunten op de constante hoeken, welke die schuimwanden vormen en meer van dien aard. Dit alles is vooral duidelijk waargenomen bij zee-wieren. Ten slotte vermeldt de hoogleeraar een combinatie van beide structuren, schuimwanden met draden of staafjes, die er zich in voortbewegen. Ook op de draadvormige elementen bij deeling der cel, de kernlissen van prof. HUGO DE VRIES, wordt in dit verband de aandacht gevestigd. Zij vertegenwoordigen de grens van het mikroskopisch waarneembare.

De studie van de sols en de gels is inderdaad bijna een biochemische. Zij heeft ons een stap verder gebracht op den weg, die tot een verklaring van het levende organisme moet leiden. Zonder den colloïdaaltoestand ware leven onmogelijk. Aan de ééne zijde hebben wij kristallen, vloeistoffen en echte oplossingen. Dit is het rijk van het anorganische, het doode. Aan de andere zijde staan de amorphe stoffen en de colloïden, die alleen de dragers van het leven kunnen zijn. De laatsten geven in hun veranderlijke natuur ook zoo juist weder het beeld van de levende in onafgebroken beweging en omzetting verkeerende materie. De vernieuwing door de stofwisseling maakt, dat de aflopende processen in de levende stof langen tijd herhaald kunnen worden. Ten slotte evenwel naderen deze processen en die van het dynamisch evenwicht tot het statische, d. i. tot den toestand van vloeistof en kristal, dan is het leven uitgebluscht en heerschen de wetten van het anorganische rijk onbetwist en onbestreden.

In zijn studiën „Zur Chemie der Eiweissstoffe” zegt Dr. SCHULZ: »Ich bin der Meinung dass eine gründliche Erforschung der colloïdalen Eigenschaften der Eiweisskörper das Räthsel der Eiweisschemie eher aufklären wird, als eine detaillirte Untersuchung der krystallinischen Eiweisspaltungsproducte.” Inderdaad de studie van de sols en de gels door VAN BEMMELEN, HARDY, QUINCKE, BÜTSCHLI en anderen, was het openen van een nieuw althans nog weinig bearbeid veld

voor het wetenschappelijk onderzoek. Wat RAOULT, VAN 'T HOFF, ARRHENIUS en BAKHUIS ROOZEBOOM deden voor de kristalloïden met hun osmotischen druk en electrolytische splitsing, dat hebben de genoemde onderzoekers gedaan voor de colloïdale stof. Het onderzoek op het laatste veld is in menig opzicht een tegenhanger van dat op het eerste, al vereischte het laatste meer de gaven van den praktischen werker, het eerste dat der geniale intuïtie. Van den luister, die de eerste groep van wetenschappelijke arbeiders sinds lang omgeeft, moet althans iets afstralen op de laatste.

Utrecht.