

CHEMISCH WEEKBLAD

ORGAAN VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE VEREENIGING EN VAN
DE VEREENIGING VAN DE NEDERLANDSCHE CHEMISCHE INDUSTRIE

Hoofdredacteur: Dr. W. P. JORISSEN, Leiden, Zoeterwoudsche Singel 18,
(part. adres: Hooze Rijnclijk 15, telefoon 1449, postrekening 3569).

Redactie-Commissie: Dr. G. de Bruin, Prof. Dr. H. G. Bungenberg de Jong, Dr. R. T. A. Mees,
Dr. J. W. Terwen en Ir. F. G. Waller.

N.V. D. B. CENTEN's Uitgevers-Maatschappij, Amsterdam C., O.Z. Voorburgwal 115, telefoon 48695,
postrekening 39514.

INHOUD: Mededeeling van het Algemeen Bestuur der Nederlandsche Chemische Vereeniging (74^{ste} Algemeene Vergadering te Leiden, 23—25 Mei 1934). — Dr. W. P. Jorissen, Frans Maurits Jaeger. — Dr. I. Lifschitz, F. M. Jaeger als anorganicus en physicochemicus, 1909—1934. — Prof. A. Simek, Het aandeel van Jaeger aan het exact physisch-chemisch onderzoek bij hooge temperaturen. — Dr. A. Terpstra, Jaeger als kristallograaf. — Dr. W. Dijkstra, Jaeger als historicus. — Drs. J. Beintema, Bibliografie van Prof. Dr. F. M. Jaeger. — Boekaankondiging. — Correspondentie.

74^{STE} ALGEMEENE VERGADERING te Leiden, 23—25 Mei 1934.

Leden, die in een van de ter gelegenheid der a.s. Algemeene Vergadering te houden sectiebijeenkomsten een voordracht willen houden of een mededeeling wenschen te doen, wordt verzocht zich *spoedig* met het betrokken sectiebestuur in verbinding te stellen.



Aet. 52.

Foto Steenmeyer.

FRANS MAURITS JAEGER.

54 : 92 J

FRANS MAURITS JAEGER.

Men heeft mij gevraagd een biografische inleiding te schrijven bij de verhandelingen over Jaeger's werk, die in deze aflevering zijn opgenomen.

Mijn antwoord luidde toestemmend, omdat dit werk door zijn verscheidenheid en algemeenschap mij steeds heeft aangetrokken en ik een groote bewondering koester voor de werkkraft en het vernuft van dezen onderzoeker en experimentator en voor zijn talent, om hetgeen zich daartoe leent in een smakelijken vorm te gieten.

Meer dan een biografische schets is het volgende echter niet geworden. Ik leerde Jaeger wel is waar reeds bij zijn aankomst als student te Leiden kennen (ik was toen assistent bij Franchimont) en heb zijn ontwikkeling en loopbaan steeds met belangstelling gevolgd, terwijl ik ook mijn persoonlijke indruk heb kunnen toetsen aan wat anderen mij over hem hebben medegedeeld. Maar de mij beschikbare tijd was te kort om van dit alles een werkelijke biografie te maken.

Jaeger is in 1877 geboren als oudste zoon van F. M. Jaeger, oud-officier der artillerie en docent in de wiskunde aan het gymnasium te 's-Gravenhage. Van zijn vader — die onder het pseudoniem Maurits Smit publiceerd — heeft hij niet alleen den literairen aanleg geërfd, maar ook een zekere mate van muzikaliteit.

Na de lagere school bezocht te hebben, lag het voor Jaeger voor de hand naar het gymnasium te gaan (1889). In de daar doorgebrachte jaren openbaarde zich echter een zoo sterke neiging voor de schilderkunst, dat hij ernstig van plan is geweest daaraan zijn leven te wijden. Op raad van den rector stelde hij echter een beslissing uit.

Intusschen begonnen de natuurwetenschappen, o.a. de sterrekunde, een groote aantrekking op hem uit te oefenen, waartoe het geschenk, dat hij van een vriend van zijn vader ontving, een kijker, stellig heeft bijgedragen. Men verhaalt ook, dat hij, toen hem op het gymnasium een prijs werd toegekend, een werk van von Helmholtz koos.

Dat de wetenschap het gewonnen heeft van de kunst, blijkt uit Jaeger's inschrijving als student in de faculteit des wis- en natuurkunde te Leiden in September 1895, met het doel in de scheikunde te studeeren. Tegelijkertijd met hem kwamen Moll van Charante en Ketner als student in de chemie aan.

In zijn Leidschen tijd trok Jaeger, als lid van het dispuut „Humboldt” (waarvan hij in 1898 ab-actis werd en in 1899 praeses), reeds de aandacht door zijn ijver. Hij hield goede voordrachten, die vaak naar de physische, mathematische of mineralogische zijde overhielden. Zijn studiegenooten merkten bovendien al spoedig op, dat hij zich een wetenschappelijke carrière als doel gesteld had.

Naast de chemie oefenden de mineralogie en kristallografie een zoodanigen invloed op hem uit, dat Jaeger tusschen zijn candidaatsexamen (11 Maart 1898) *) en zijn doctoraalexamen (18 October 1900) een deel van zijn tijd besteedde aan as-

*) Misschien reeds daarvoor.

sisteeren op het Geologisch Museum, waar hij ten slotte officieel assistent was.



± 1894.

In zijn studententijd vervulde Jaeger ook zijn militairen dienstplicht bij het reservekader. Men verhaalt, dat hij wel slaagde voor het theoretisch korporaalexamen, maar zakte voor het praktische gedeelte, hetgeen de examineerende sergeant de opmerking zou hebben ontlokt, dat het candidaatsexamen in de chemie blijkbaar gemakkelijker was. Een van den candidaat bestaande fotografie in uniform is hier daarom niet gereproduceerd.

Na het doctoraalexamen was Jaeger zoo gelukkig uit het Mr. H. Vollenhoven-fonds een toelage te ontvangen, die hem in staat stelde een studiereis naar Berlijn te maken, waar hij in de laboratoria van E. Fischer, E. Warburg en C. Klein werkte; bij laatstgenoemde breidde hij zijn kennis op kristallografisch gebied uit.

Een halfjaar voor het einde van zijn tweejarig verblijf te Berlijn vond Jaeger's huwelijk plaats; hij was sedert het najaar van 1899 met de zuster van zijn studievriend B. R. de Bruyn verloofd. Gedurende dit half jaar — waarin, naar ik vernam, ook 's avonds in de huiskamer de kristalmeting werd voortgezet — vallen pogingen om in het vaderland een betrekking te krijgen. Zoo vond per nachttrein een sollicitatiereis naar Deventer plaats, waar echter P. J. Montagne werd benoemd.

Den 17den October 1902 volgde Jaeger's aanstelling als leeraar te Zaandam. Daar bestond een hogere burgerschool met 4-jarigen cursus; de leerlingen, die het officieele eindexamen H.B.S. wenschten af te leggen, werkten twee jaren in de 4de klasse. In Jaeger's tijd kwam echter de verandering tot

een school met 5-jarigen cursus tot stand; een afzonderlijk leslokaal voor scheikunde en een practicumzaal werden ingericht. Daar zette de jonge leeraar, aan wien ook de contrôle van het gas der gasfabriek was opgedragen, de onderzoekingen voor zijn dissertatie voort — de goniometer had een plaats gevonden op de studeerkamer.

De promotie volgde een jaar later (9 October 1903) — zijn vrienden J. A. Vollgraff en A. J. Barnouw (thans hoogleeraar in de geschiedenis te New York) waren paranympfen. Het judicium van Franchimont over de degelijke dissertatie was begrijspelijkerwijs zeer mooi.

Na de promotie werd vol ijver doorgewerkt, waarnaast echter de liefhebberij van het sterrekijken bleef bestaan en ook, in de vacaties, het schilderen weer op den voorgrond kwam: Jaeger's artistieke band met de natuur.



1905.

Het lesgeven beviel hem maar matig; hij beschouwde het als een sleur. „De directeur sloft voorop en wij (de leeraren) sloffen er allemaal achteraan” is een uiting van hem uit dien tijd — waarmee hij echter in elk geval den energiekken directeur onrecht deed.

Gelukkig gaf zijn toelating als privaät-docent aan de Universiteit van Amsterdam (1904), waar hij den steun ondervond van Bakhuis Roozeboom, hem gelegenheid, gedurende een deel van zijn vrijen tijd in een meer wetenschappelijk milieu te verkeerren. De bibliografie (op blz. 206—207) geeft een indruk van de hoeveelheid en den aard der onderzoekingen, waarmee hij zich te Amsterdam en te Zaandam met succes bezighield.

Toch kon hij niet nalaten te mopperen (is Jaeger zonder dit denkbaar?); zijn verstandige en evenwichtige vrouw, die veel gevoel voor humor heeft, bracht hij echter meestal slechts tot hartelijk lachen met zijn vaak geestig geklaag.

Zij was ook zijn trouwe verpleegster toen hem een hevige febris typhoidea overviel — zoo ernstig, dat zijn medicus en vriend M. A. Pelt den juist benoemden hoogleeraar P. Ruitenga in consult riep.

Gelukkig nam de ziekte een gunstige wending. De periode van herstel is echter voor Jaeger stellig niet een tijd van volkomen rust geweest; wij kunnen ons toch zijn werkzamen geest niet anders voorstellen dan nadenkend over allerlei vraagstukken.

Bij gebrek aan andere toestellen experimenteerde hij — naar ik vernam — met een koortsthermometer. Hij meende een verschil van een paar tienden van een graad op te merken, naar gelang hij zijn temperatuur opnam, liggend op de linker- dan wel op de rechterzijde. Zeker dacht hij toen reeds na over de problemen van symmetrie en dissymetrie, die hem later o.a. tot zijn merkwaardig boek over „the principle of symmetry” zouden voeren.

Het overlijden van Bakhuis Roozeboom te Amsterdam (8 Februari 1907) opende voor hem een kans op een professoraat, toen Schreinemakers de uitnoodiging, om de vacature te vervullen, niet had aangenomen. Te zamen met Dr. A. Smits, hoogleeraar te Delft, werd hij door de faculteit aanbevolen.

In dezelfde maand (September 1907), waarin Prof. Smits' benoeming plaats vond, kwam er een vacature



Te Zaandam, 1907.

Foto Maas.

te Groningen. Dr. J. Böeseken, die daar in 1906 lector voor de propaedeutische chemie was geworden, werd nl. naar Delft beroepen als hoogleeraar voor de orga-

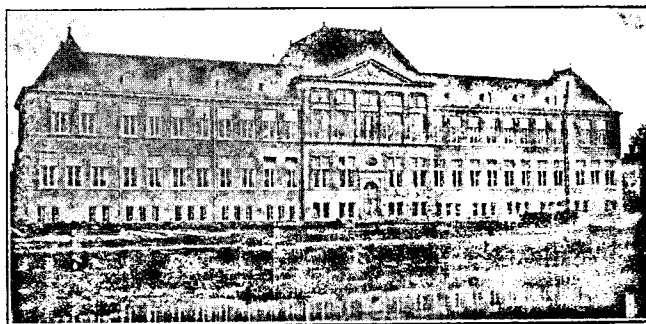


Toegangspoort tot het tijdelijk ingerichte Chem. Lab. (1906—1912) in het oude Militaire Hospitaal na den brand der Academie.

nische chemie. Ditmaal had Jaeger succes; hij werd n.l. bij Kon. besluit van 24 Januari 1908 tot Böeseken's opvolger benoemd en aanvaardde zijn ambt op 25 Maart van dat jaar met een openbare les over „Natuurkundige onderzoeksmethoden in het chemisch laboratorium”.

Het laboratorium, dat hij aantrof, was daarvoor echter niet bijzonder geschikt. Bij den grooten Academiebrand in Augustus 1906, was ook het Chemisch Laboratorium in vlammen opgegaan. Een tijdelijke werkplaats was ingericht in het oude Prinsenhof. Daar was vroeger reeds een Theatrum Chemicum geweest, doch dit was in 1811 verlaten, waarna het gebouw als militair hospitaal was gebruikt¹⁾.

Dat dit gebouw in geen deele beantwoordde aan Jaeger's wenschen, is te begrijpen; hij kreeg echter de opdracht plannen te ontwerpen voor een nieuw laboratorium. Met bekwamen spoed werden deze uitgewerkt; de bouw werd begonnen in 1910 en reeds in 1912 was alles gereed, zoodat op 23 November van dat jaar de feestelijke opening kon plaats vinden. Een geïllustreerde beschrijving van het laboratorium



Het nieuwe laboratorium voordat de bestrating gereed was, 1912.

is opgenomen in het Gedenboek, dat ter gelegenheid van het 300-jarig bestaan der Groningsche Universiteit is verschenen.

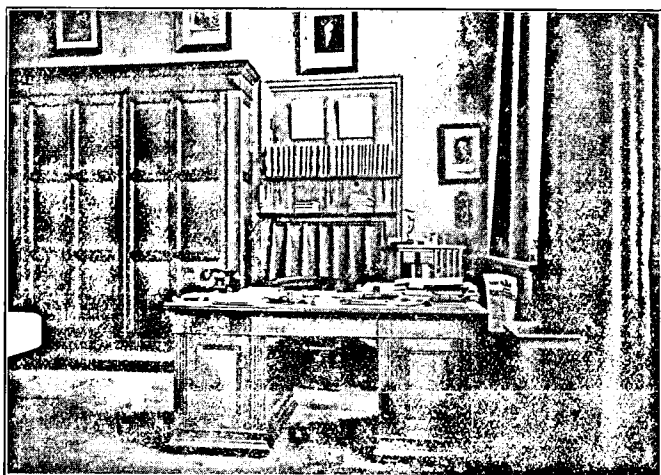
Het is stellig een zucht van verlichting geweest, die Jaeger bij het einde der verhuizing heeft geslaakt. Hij schreef toch nog in Juni 1912: „Sedert Paschen heb ik geen laboratorium meer, en' geef dus noch praktika, noch college. Overigens is die bouwrij eene grenzelooze ergernis; 't „paradijs” moet nog komen”.

In ander opzicht had Jaeger geen reden tot klagen: binnen een jaar na zijn komst te Groningen was zijn lectoraat veranderd in een professoraat voor anorganische en physische chemie en het propaedeutisch onderwijs in de chemie. De aanvaarding van dit ambt, die wij heden herdenken, geschiedde op 20 Maart 1909 met een rede over „Atomistische en energetische voorstellingen in den ontwikkelingsgang der algemeene chemie”.

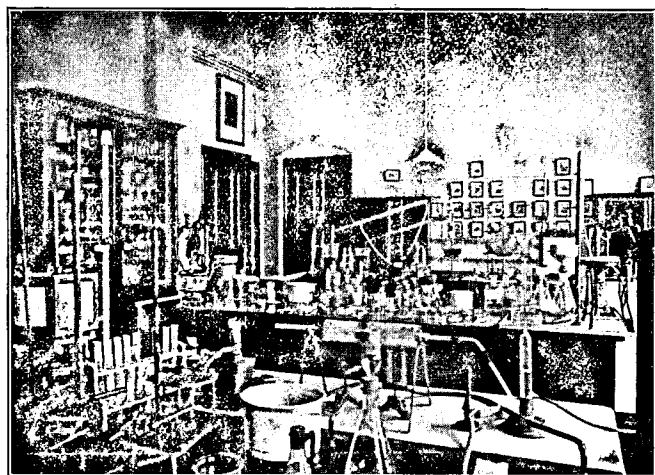
Het is een feit van beteekenis geweest voor het in wording zijnde laboratorium, dat Jaeger verlof kreeg om op 15 October van het volgend jaar (1910) voor een half jaar naar de Vereenigde Staten te gaan, ten einde als research-fellow te werken in de geophysische afdeling van The Carnegie Institution of Washington. Over dit onder leiding van Dr. A. L. Day staande laboratorium (dat in Juli 1917 gereed

¹⁾ F. M. Jaeger, Historische Studiën, Groningen, 1919, blz. 209, 210, 227; zie ook de afbeelding 39 aldaar op blz. 210.

was gekomen) en over de problemen, die men er bestudeert, heeft Jaeger belangrijke mededeelingen gepubliceerd in de voordracht, die hij op 15 Juli 1912 te Enschede voor de Nederl. Chem. Vereeniging heeft gehouden²⁾.



Zitkamer van Jaeger in het nieuwe laboratorium.



Privé-laboratorium van Jaeger.

Welke rol de te Washington opgedane ervaring heeft gespeeld bij de inrichting van Jaeger's nieuwe laboratorium kan men o.a. afleiden uit de mededeeling van Prof. Simek in deze aflevering over het te Groningen bij hoge temperaturen verrichte werk. Deze verhandeling en die van Dr. Lifschitz over Jaeger als anorganicus en physicochemicus, van Dr. Terpstra over Jaeger als kristallograaf en van Dr. Dijkstra over Jaeger als historicus geven niet alleen een overzicht over zijn belangrijke onderzoekingen maar tevens een inzicht in zijn persoonlijkheid — beter dan ik die hier zou kunnen schetsen.

Men zal bij lezing van eenige in die verhandelingen gemaakte opmerkingen misschien geneigd zijn de conclusie te trekken, dat Jaeger in de oorlogsjaren ernstig in zijn werk geremd is geweest. Slaat men echter de door Dr. Beintema bewerkte bibliografie op voor de jaren 1914 tot 1918, dan ziet men, dat de invloed niet groot kan zijn geweest. Er is geen hiaat in den stroom van publicaties. De historische verhandelingen, onder 1918 en 1919 vermeld, doen

²⁾ Chem. Weekblad 9, 580—604 (1912).

alleen zien, dat Jaeger een deel van zijn tijd in die richting heeft gebruikt.

Richt men het oog op Jaeger's leerlingen en medewerkers, dan merkt men op, dat een 15-tal zijner leerlingen onder zijn leiding een dissertatie hebben bewerkt. Een van hen, Dr. H. S. van Klooster, is thans professor voor metallografie aan het Rensselaer Polytechnic Institute te Troy (New York).

Naast een dozijn andere Nederlandsche leerlingen komen vooral op den voorgrond zijn medewerkers uit het buitenland van wien in de eerste plaats, naast Prof. Šimek (Brno) en Dr. Lifschitz (conservator), Dr. E. Rosenbohm (hoofdassistent) en Dr. Jul. Kahn (thans scheikundige bij de rubberfabriek Vredestein) genoemd moeten worden. Tijdens den oorlog waren ook eenige geïnterneerden, o.a. William Thomas, bij Jaeger werkzaam.

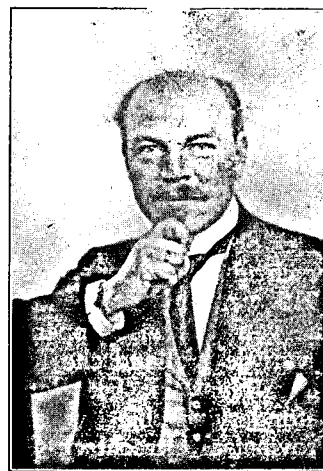
De hoge eischen, die hij aan zijn medewerkers stelt, houdt hun aantal binnen beperkte grenzen. Hij verwacht, dat zij bij hem komen alleen door belangstelling gedreven; maar toonen zij deze, dan genieten zij veel vrijheid. Voor hen allen is hij een voorbeeld door zijn ijver.

Hoewel Jaeger zich noode aan zijn onderzoekingen onttrekt om zijn colleges te geven, zijn deze toch zeer verzorgd. Zij munten uit door duidelijkheid. Het zal hem echter niet géspeten hebben, toen hij bij Kon. Besluit van 25 Maart 1916 ontheven werd van het geven van het propaedeutisch onderwijs in de chemie. Dit werd toen opgedragen aan Dr. H. J. Backer, op dien datum benoemd tot hoogleeraar in de organische chemie. Dat Jaeger's taak hierdoor verlicht werd, is hem goed te stade gekomen bij het schrijven van zijn boeken: *Lectures on the principle of symmetry and its applications in all natural sciences* (1917) — tweede druk 1920. *Elementen en atomen eens en thans* (1918). *Historische studiën* (1919). *Cornelis Drebbel en zijn tijdgenooten* (1922). *Inleiding tot de studie der kristalkunde* (1924). En eveneens bij het opstellen van de vele door hem hier te lande gehouden voordrachten. Genoemd mogen worden: *Over Pasteur's beginsel van het verband tusschen moleculaire en physische dissymmetrie* (1917), *De stikstofnood en de middelen tot zijne bestrijding* (1917), *Methoden en resultaten van het physisch-chemisch onderzoek in de laatste vijftien jaren* (1921), *De ouderdom der aarde* (1922), *Vulkanische actie en rotsvorming als chemische problemen* (1922), *Pasteur's eerste onderzoekingen en hunne beteekenis voor de moderne chemie* (1922), *Over de natuurlijke hulpbronnen in het heden en in de toekomst* (1928), *Over het symmetriebegrip en zijn belang voor de natuurwetenschap*, *Over rook en stof Nieuwere onderzoekingen over soortelijke warmte van metalen en hunne legeringen* (1932).

Ook zijn lidmaatschap van eenige commissies, o.a. de commissie van advies voor de Rijkslandbouwproefstations en het comité scientifique van het Institut International de Chimie Solvay kwam op een deel van zijn „vrijen” tijd beslag leggen, waarbij in den cursus 1921—1922 zich nog voegde zijn werk als rector magnificus.

In welke mate zijn onderzoekingen de aandacht in het buitenland trokken, blijkt wel uit de uitnodigingen voor het houden van voordrachten. Zoo hield hij als

„conférencier étranger” een voordracht voor de Société chimique de France „Sur le pouvoir rotatoire des composés chimiques en rapport avec leur



In het jaar van het rectoraat, 1921—1922.

configuration moléculaire et la théorie des atomes dits asymétriques” (18 Mei 1923). In een vergadering te Brussel van de Société chimique de Belgique sprak hij over „Les méthodes de recherche physico-chimique à très haute température” (2 Mei 1926). In 1929 (Januari—Juni) vervulde hij het „George Fisher Baker non-resident lectureship in chemistry” aan Cornell University (waarover in 1930 een boek verscheen, behandelende de onderwerpen: I. Spatial arrangements of atomic systems and optical activity. II. Methods, results and problems of precise measurements at high temperatures. III. The constitution and structure of ultramarins). In het volgende jaar (Febr. 1930) sprak hij te Praag op uitnodiging van het departement van onderwijs en volksopvoeding en van de natuurwetenschappelijke faculteit der Karel-Universiteit over „Molecular configuration and optical activity”, terwijl hij op uitnodiging van genoemde lichamen en van de Tsjecho-Slowaaksche vereeniging voor geologie en mineralogie de structuur van het ultramarijn behandelde. Te Brno sprak hij begin Maart voor de faculteit van wis- en natuurkunde der Masaryk-Universiteit over „Methoden, Probleme und Resultate der Präzisions-Messungen bei höheren Temperaturen” en voor de Mineralogische Gesellschaft aldaar over „Konstitution und Struktur der künstlichen und natürlichen Ultramarine”.

Deze drie voordrachten zijn later in het Tsjechisch verschenen.

De voordracht over „Methoden, Probleme, etc.”, hield hij op 7 Maart ook te Weenen voor de Chem.-physikalische Gesellschaft, waar hij den volgenden dag voor den Verein Oesterr. Chemiker over „Molekulare Konfiguration und optische Aktivität” sprak. Eenige dagen later (13 Maart) gaf hij de voordracht over „Methoden, Probleme etc.” nog eens voor de Naturwiss. Verein te Karlsruhe. In hetzelfde jaar heeft hij, op uitnodiging van de Société minéralogique française, ter gelegenheid van haar jubileum, gesproken over „les outremers naturels et artificiels”.

Einde 1931 hield hij te Brussel aan de Vrije Universiteit aldaar, ingevolge de bepalingen van het Nederlandsch-Belgisch intellectueel accoord, drie

voordrachten over „Le principe de la symétrie, appliqué à la chimie” en een over „La mesure exacte des constantes physico-chimiques aux températures très élevées”.

Kort daarop sprak hij te Leuven in het Nederlandsch over „De nauwkeurige meting van fysisch-chemische constanten bij hoge temperaturen”.

Ik ben er van overtuigd, dat deze lijst onvolledig is; maar de voornaamste voordrachten geeft zij toch wel weer en in elk geval doet zij zien, dat zijn werk zoowel binnenslands als in den vreemde veel waardeering heeft gevonden.

Deze heeft zich ook geuit in de aan Jaeger te beurt gevallen onderscheidingen.

Reeds in 1915 werd hij benoemd tot lid van de Kon. Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Dat hij lid is van de Hollandsche Maatschappij der wetenschappen te Haarlem, het Bataafsch Genootschap der proefondervinderlijke wijsbegeerte te Rotterdam, het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van kunsten en wetenschappen te Utrecht, het Genootschap ter bevordering van natuur-, genees- en heilkunde te Amsterdam, spreekt van zelf.

Toonde de Nederlandsche Regeering haar waardeering, toen zij Jaeger aan de Koningin voordroeg voor de benoeming tot ridder in de Orde van den Nederlandschen Leeuw, uit het buitenland werden hem aangeboden: de Nic. Leblanc-medaille van de Société chimique de France (1923), de eere-medaille van de Société chimique de Belgique (1926) en die van de Université Libre te Brussel (1931); bovendien werd Jaeger in 1932 benoemd tot buitenlandsch lid der Regia Societas Scientiarum te Upsala en tot eere-lid der Tsjechische Chemische Vereniging.

Zij die Jaeger buiten zijn laboratorium nader leeren kennen, merken al spoedig op, dat hij iemand is met een uitgebreide kennis in allerlei richtingen en met een groote belangstelling voor onderwerpen, die ver buiten zijn studiegebied liggen.

Zijn liefde voor de schilderkunst noemde ik reeds; hij heeft er zich wel eens over uitgelaten, dat hij liever schilder had moeten worden, maar dat zou te betreuren zijn geweest voor de chemie. Zijn muzikale aanleg veroorlooft hem op de piano op niet onverdienstelijke wijze anderen te begeleiden — het samenspel met Simek (cello) en wijlen G. H. Leopold (viool) hoorde ik als voorbeeld aanhalen. Zijn literaire begaafdheid blijkt uit menig gedeelte van zijn boeken.

Voor systematiseren en verzamelen heeft hij een sterke neiging. Zoo bezit hij een mooie verzameling medailles en reliëfs, waarbij prachtige stukken, o.a. van Fransche kunstenaars. Ook verzamelde hij gedurende den oorlog allerlei merkwaardige stukken (noodgeld, enz.).

Zijn liefde voor de natuur uit zich niet alleen in zijn schilderstukken, maar ook in zijn belangstelling voor honden, katten, bijen en planten, o.a. cactussen.

Voor hen, die met Jaeger het beste bekend zijn, is de trouwe zorg, die hij menig familielid heeft betoond, geen geheim.

Deze trek van samenhoorigheid heeft hem er stellig toe geleid, zich in den oorlogstijd met taaien ijver aan het bestudeeren te zetten van de genealogie zijner familie, in verband waarmee hij talloze brie-

ven schreef. Takken der familie bleken te recht te zijn gekomen in Amerika, Australië en Zuid-Afrika. In Engeland woonden en wonen nog volle neven en nichten, waarmee hij in vrij geregeld contact kwam. Ook bezocht hij eenige verwanten in Duitschland en, naar men mij mededeelde, kon hij „op leuke, pittige, geestige wijze” vertellen van een achterachterneef, die hem op zijn „Rittergut” had ontvangen.

Ook anderen hebben trouwe vriendschap van hem ondervonden. Zeer sympathiek was hem zijn blinde college, de botanicus Moll, dien hij geregeld bezocht om hem voor te lezen.



Prof. Jaeger met Prof. Moll.

Zoo denken wij gaarne aan de zuiver menschelijke zijde van den chemicus Jaeger, die zoo geniaal mopperen kan, maar onder een soms stroef lijkend uiterlijk een warm kloppend hart verbergt.

W. P. JORISSEN.

Leiden, Maart 1934.

54 : 92 J

F. M. JAEGER ALS ANORGANICUS EN
PHYSICOCHEMICUS
1909—1934

door

I. LIFSCHITZ.

I. Inleiding, algemeen karakter van Jaeger's werk.

Het is verre van gemakkelijk, om binnen het kader van een extra-aflevering van het Chemisch Weekblad een overzicht te geven van de onderzoekingen, die F. M. Jaeger gedurende de laatste 25 jaren heeft verricht, en hun beteekenis in het licht te stellen. Ook wanneer men het groote aantal publicaties gedurende dezen tijd (men zie de Bibliographie door J. Beintema in dit nummer) over verschillende bewerkers verdeelt, staat ieder van hen altijd nog tegenover een ongewoon groote veelvuldigheid van denkbeelden en proeven, getallen en resultaten. En men zal pas ten volle beseffen, welk een enorme werk-prestatie achter dit alles staat, wanneer men overdenkt, dat het aantal publicaties een vrij onzekere maatstaf is voor het werk van een natuuronderzoeker. Publicaties toch geven over het algemeen slechts een keuze uit het totale werken en denken van den proefnemer.

Wanneer een probleem weliswaar begrepen en doordacht, maar niet is opgelost, wanneer het experiment, zij het ook na overwinning — en soms ingenieuze overwinning — van alle mogelijke moeilijkheden, niet tot het doel kan leiden, dan wordt dikwijls het werk gestaakt en slechts aan een laboratorium-journaal toevertrouwd. Nog altijd missen wij onder de chemische periodica, zooals een van mijn leermeesters al opmerkte, een journaal voor onderzoekingen, die „niets opleverden”. En nooit heb ik zoo dikwijls dit gemis betreurd, als juist gedurende de jaren in het Groningsche laboratorium. Hoeveel plannen, ideeën en boeiende problemen werden daar niet besproken en in onderzoek genomen die nooit werden gepubliceerd, en slechts een kostbare opwekking en herinnering van weinige bevoorrechten bleven.

Belangrijker echter dan de quantiteit van het door Jaeger gepubliceerde is de veelzijdigheid van het daarin behandelde. In de lijst van Beintema vinden wij immers onderzoekingen uit nagenoeg alle gebieden der zuivere en physische, ja zelfs der toegepaste scheikunde. Een dergelijke veelzijdigheid, ik zou haast willen zeggen universaliteit, is in onzen tijd en zeldzaam en bewonderenswaardig. Terwijl de hedendaagsche organicus zelden, en dan nog met vrij onzekere stappen, buiten zijn boekje (d. i. Beilstein) gaat, de anorganicus meestal genoegen neemt met systematisch detailwerk, en de physicochemicus zich tot een zoo nauw mogelijk gebied van onderzoek beperkt, kan van Jaeger met variatie van een bekend Latijnsch woord gezegd worden, dat hem niets, dat met scheikunde heeft te maken, vreemd is.

En ook dit plaatst den referent voor een bijzondere moeilijkheid. Het kan immers zijn taak niet zijn om „Zentralblatt”-referaten aaneen te rijgen. Iedere bespreking eischt een uitleg over den toestand

en de vraagstukken van het betrokken gebied. De gebieden echter, die hier waren te schetsen, omvatten nagenoeg het geheel der hedendaagsche scheikunde en haar verband met andere wetenschappen.

Bovendien is het bij de onderzoekingen van Jaeger dikwijls zoo uiterst lastig, om ook iedere publicatie op zich zelf in een bepaald gebied van onderzoek te rangschikken. Altijd staat bij zijn studies een vraagstuk vooraan. Dit arbeidsdoel nu tracht hij met de uiteenlopendste methoden en middelen te bereiken, er ook niet voor schromend belangwekkende zijpaden in te slaan. Zodoende bevatten praeparatieve onderzoekingen een uitgebreid kristallografisch en optisch materiaal; in onderzoekingen over anisotrope vloeistoffen vinden wij praeparatief en electrochemisch werk, en zelfs toepassingen voor het onderzoek van natuurboter en margarine. Zoo ook leidde Jaegers calorimetrisch onderzoek tot dat der metalen en alliages in het algemeen. En wij zouden meer voorbeelden kunnen aanhalen om aan te toonen, hoe ook in ieder afzonderlijk onderzoek de breede belangstelling tot uiting komt, die het totale gebied der chemische wetenschappen tracht te omvatten.

„Wenn der moderne Chemiker sich wohlgelaunt vom Lager erhebt und eine wissenschaftliche Untersuchung beginnen will”, aldus een geestige vakcollega, „dann ist das erste Buch, das er zu Rate zieht, meistens — — — der Kahlbaum-Katalog”. Wanneer deze spottende opmerking echter in één geval niet opgaat, dan is het voor F. M. Jaeger. Ontbreken geschikte objecten van onderzoek, dan gaat hij hun bereiding ter hand nemen. Meer dan dit. Ook de methoden van onderzoek, die het vraagstuk eischt, worden dikwijls eerst uitgewerkt. Zoo heeft Jaeger in de kwarteeuw sedert 1909 tal van esters gesynthetiseerd, die anisotrope phases leveren, nieuwe reeksen van complexe zouten leeren kennen, kunstmatige silicaten, sulfantimonieten en ultramarijnen voor het eerst beschreven, de bereiding van optisch actieve diaminen uitgewerkt enz. Aan den anderen kant danken wij aan hem b. v. methoden om de oppervlaktespanning, het soortelijk gewicht en het geleidingsvermogen bij temperaturen tusschen -80°C . en $+1600^{\circ}\text{C}$. te meten, en vooral buitengewoon exacte calorimetrische methoden tot de hoogste, practisch hierbij in aanmerking komende temperaturen enz.

Men zou echter de waarde van Jaegers publicaties verkeerd beoordeelen, als men uitsluitend op de directe resultaten afging, hoe belangrijk deze op zich zelf ook zijn. Een probleem ontwikkelen, een doel stellen, methoden scheppen is dikwijls veel verdienstelijker dan het geven van een reeks, zij het dan ook zeer exacte getallen. Van grootere beteekenis nog is het, den weg te wijzen tot nieuwe vraagstukken en mogelijkheden. Juist hierin schuilt m. i. de bijzondere waarde van Jaegers werk, het is actueel en levend, omdat het meestal niet met een afsluitend resultaat eindigt, maar integendeel de baan vrij maakt voor verder en dieper onderzoek.

Wanneer in het volgende getracht zal worden het zoo juist geschetste aan de hand van eenige reeksen van onderzoek te illustreeren, dan moeten vooraf nog twee kenmerkende algemeene trekken van F. M. Jaegers publicaties worden genoemd. Beide

kenmerken zijn, helaas, in een zeer groot gedeelte van de chemische literatuur zoek. In de eerste plaats zal de lezer in de lange lijst van J. Beintema geen enkel zuiver polemisch stuk vinden. Nooit is kritiek op of afbreken van het werk van anderen doel van een publicatie, terwijl op aanvallen altijd rustig en beleefd, vooral echter aan de hand van nieuw experimenteel onderzoek wordt geantwoord. Opmerkelijk is bovendien de keurige stijl en de elegante wijze van uitleg in alle stukken. Zonder eenigen twijfel behoort Jaeger tot de beste Nederlandsche schrijvers en sprekers op wetenschappelijk gebied. Dit heeft wel eens tot gevolg gehad, dat hij aan leerlingen en medewerkers eischen in literair opzicht stelde, die moeilijk te vervullen waren. De schrijver dezes twijfelt er dan ook in het minst niet aan, dat stijl en taal van dit artikel weinig genade in de oogen van den jubilaris zullen vinden. En alleen met het oog op zijn goeden wil pleit hij clementie — „ut desint vires”.

II. Historische studies. Elementen en Atomen. Isotopen.

Universaliteit van begripen, veelzijdigheid van belangstelling en eigen werk gepaard met uitbeeldingsgave, zijn op geen enkel gebied van zoo onmiddellijke waarde als in de geschiedenis der scheikunde. Talenten als deze praedestineeren a.h.w. tot historische studies. In zijn omvangrijke bijdragen tot de geschiedenis der scheikunde toont zich echter Jaeger bovendien van een nieuwe zijde. De geschiedenis van een wetenschap is toch nooit volop te begripen, laat staan dan uit te beelden, zonder uitgebreide kennis van, en inzicht in de algemeene geschiedenis van het menschelijk denken. In welke mate Jaeger echter niet alleen scheikundige, maar tevens wijsgeerig gevormde en veelzijdige kenner van het wetenschappelijke denken van verleden tijden is, blijkt duidelijk uit zijn monographieën over historische onderwerpen en vooral uit zijn boek „Elementen en Atomen eens en thans”.

Wij hebben in dit boek in geen deele een volledig en gedetailleerd werk voor ons, zooals b.v. Lasswitz in zijn „Geschichte der Atomistik im Mittelalter” poogde te geven. Jaeger tracht in groote lijnen de ontwikkeling der begrippen element en atoom te schetsen en geeft zoo inplaats van een hooggeleerd maar onleesbaar handboek, een buitengewoon elegante en boeiende verhandeling, die zelfs voor een niet-scheikundige toegankelijk is. Onwillekeurig gaat de lezer, student of verder afstaande ontwikkelde, belang stellen in het onderwerp; telkens weer nemen nieuwe indrukken, perspectieven, tot nog toe vrij onbekende aanwijzingen, hem in beslag, voelt hij den wensch er meer van te weten en te hooren. Opwekking tot diepgaande eigen studie, het geven van een leidraad voor het wijde gebied zijner wetenschap behoort echter tot het kostbaarste, dat een academische leeraar kan geven. Op een zeer gelukkige wijze heeft Jaeger in zijn voorwoord tot „Elementen en Atomen” het doel van zijn boek geschetst. Wij zullen zijn woorden hier niet herhalen, doch slechts met hem het woord van Demokritos aanhalen: „Tracht niet zoozeer veel te weten, maar veel te waardeeren en veel te verstaan”. Inderdaad heeft Jaeger in zijn historische studies op zeer heldere manier het voorbeeld gegeven en anderen geleerd,

hoe men den raad van den Griekschen denker moet opvolgen.

De problemen der atomistiek zijn overigens voor Jaeger niet alleen onderwerp van historische en wijsgeerige beschouwing geweest, zooals uit zijn onderzoek over de siliciumisotopen (met D. W. Dijkstra) blijkt. Hij gaat uit van het feit, dat de meeste elementen mengsels van isotopen zijn. Nu is bij de meeste elementen, met uitzondering van diegenen, die door radioactieve overgangen worden verkregen, de verhouding der isotopen in het mengsel, en daardoor ook het atoomgewicht, constant. Men kan hiervoor niet dadelijk een verklaring geven. Men kan zich afvragen, of deze constante verhouding wordt veroorzaakt door de dooreenmenging der materie binnen het zonnestelsel of wel, een verklaring zoeken in de bijzondere innerlijke geaardheid der elementaire atomen. Aan den anderen kant was het een open vraag, of bij specimina van elementen van kosmische afkomst de verhouding der isotopen ook constant en gelijk aan de verhouding bij aardsche specimina zou zijn. Om op al deze vragen een antwoord te vinden, werd het atoomgewicht van silicium van verschillende aardsche vindplaatsen en van kosmischen oorsprong, dus uit meteorieten, met uiterste nauwkeurigheid onderzocht. Het is voldoende mede te deelen, dat het soortelijk gewicht van $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ met een nauwkeurigheid van 1 : 1000000 werd bepaald, terwijl tevens de brekingsindices interferometrisch werden vergeleken. De mogelijke fout in het eindresultaat was niet grooter dan 0.004 % der gemeten soortelijke gewichten. Overbodig te vertellen, dat hiervoor speciale methoden van zuivering moesten worden uitgewerkt, en de methoden van meting tot het uiterste geperfectionneerd. Het bleek tenslotte, dat inderdaad de verhouding der isotopen steeds dezelfde was, en wel met een honderd keer grootere nauwkeurigheid dan ooit te voren was bereikt. De atoomgewichten zijn dus bij de elementen van niet radioactieven oorsprong inderdaad natuurkonstanten.

De precisie van dit experimenteele werk vormt een schitterenden tegenhanger tot de elegante en soms schetsachtig aandoende behandeling in „Elementen en Atomen”. Men beseft hier, dat in het boek op boeiende en gemakkelijke wijze vruchten van diepgaandestudie en hard werk aan velen worden geboden.

Ook aan de scheikunde der elementen heeft Jaeger, zooals terloops hier worde opgemerkt, verschillende onderzoekingen gewijd. Genoemd mogen hier worden zijn studies over seleen, telluur en zwavel, waarin hij de verbindingen dezer elementen onder elkaar en met halogenen heeft nagegaan en hun analoge verbindingen heeft vergeleken.

III. Principe de Symétrie. Principe de Pasteur. Optisch-actieve stoffen en stereochemisch onderzoek.

Tot soortgelijke beschouwingen als bij „Elementen en Atomen” wordt men gebracht bij de lezing van Jaegers „Lectures on the principle of symmetry” (Fransche uitgave in 1923). Hierbij verrast echter tevens de durf, waarmede een enkele natuuronderzoeker het onderneemt een zoo uitgebreid onderwerp als symmetrie en haar rol in alle natuurwetenschappen te behandelen. Door de geheele bonte wereld der verschijnselen tot in haar wiskundige grondslagen wordt de symmetrie nagegaan, altijd de groote lijnen op elegante en boeiende

manier uitstippelend. Ook dit boek is uit den aard der zaak geen volledig of al te „gründliches” handboek. Details, tenzij dan bekoorlijke details, kunnen onmogelijk worden behandeld. Het is een inleiding en overzicht van geweldigen rijkdom, een meeslepend boek, dat den lezer wint voor het onderwerp, zijn belangstelling wekt, tot verdere studie aanspoort en den weg wijst. Ook dit boek echter is niets minder dan een op zich zelf staande literaire prestatie van een natuurphilosoof.

Het geeft samenvattend een beeld van het gebied, waartoe Jaeger lange reeksen van experimenteel onderzoek in krystallographische en stereochemische richting heeft geleverd. Alleen de laatste, zijn onderzoekingen op stereochemisch en complexchemisch gebied zullen wij hier trachten te schetsen, al zijn ook deze niet gemakkelijk los te maken van het geheele werk, dat in het „Principe de Symétrie” is samengevat.

Het is bijvoorbeeld typisch, dat Jaeger bij een krystallographisch onderzoek der cobaltcomplexen (1904) tevens de verhouding tusschen krystalsymmetrie, electrochemisch gedrag en constitutie tracht na te gaan.

Op nog grootschere wijze poogt hij in zijn onderzoekingen over het principe van den zeer door hem bewonderden Pasteur een vergelijking tusschen krystallographische eigenschappen, symmetrie van rooster en molecuul en optische activiteit mogelijk te maken.

Pasteur heeft zijn principe, zooals bekend, in een wel zeer algemeenen vorm gegoten. Dit werd ook de aanleiding tot nogal uiteenlopende interpretaties en zelfs tot belangrijke vergissingen.

Meer in het bijzonder had men b.v. onder den indruk der geniale theorieën van Van 't Hoff en Le Bel dikwijls gemeend, dat optische isomerie alleen bij die stoffen kon optreden, die een minstens vierwaardig atoom bevatten, dat aan vier chemisch verschillende atomen of groepen is gebonden. Men zocht dan naar een verband tusschen den „graad der activiteit”, meestal het bedrag der moleculaire draaiing, aan den eenen en het chemische contrast of de massa's der substituenten (Guye) aan den anderen kant. Bovendien concludeerde men, dat een molecuul, dat met een dergelijk „asymmetrisch” atoom begiftigd was, heelemaal geen symmetrie meer zou bezitten. Geen van deze opvattingen is echter altijd juist.

Jaeger begon nu in de eerste plaats met na te gaan, waardoor de „disymétrie moléculaire”, die tot het optreden van enantiomorphe vormen aanleiding gaf, gekarakteriseerd was. Het bleek, dat de symmetrie van dergelijke disymmetrische moleculen nog vrij hoog kan zijn. Zij mogen alleen geen symmetrie-elementen van de tweede soort, namelijk vlakken, centra en alterneerende assen van symmetrie bezitten. Is echter deze voorwaarde vervuld, dan is noch chemisch contrast noch verschil van massa noodzakelijk; enantiotropie, optische activiteit, disymmetrie volgens Pasteur, kan zelfs optreden met liganden, of gebonden groepen, die dus alle identiek zijn.

Bovendien ziet men hierdoor direct in, dat de disymmetrische opbouw aan den eenen kant, het chemische contrast der substituenten en liganden aan den anderen kant twee zelfstandige factoren zijn, waarvan de invloeden op krystalvorm, draaiings-

vermogen enz. ieder afzonderlijk dienen te worden nagegaan en gescheiden.

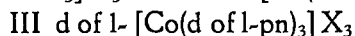
Wij kennen nu tal van voorbeelden, waarbij uitsluitend de disymmetrische rangschikking van op zich zelve gelijke groepen of liganden oorzaak der enantiotropie en activiteit is. Hier bestaat dus een mogelijkheid om een der beide factoren zuiver na te gaan. In de eerste plaats leveren de door A. Werner voor het eerst in groot aantal beschreven en, wat hun constitutie betreft, opgehelderde complexe zouten hier een uitstekend materiaal. Jaeger heeft daarom een lange reeks van onderzoekingen over bereiding, splitsing, rotatievermogen en verdere eigenschappen van deze complexe zouten met Co, Cr, Fe, Pt, Rh en Ir als centrale atomen en diaminen en tweebasische zuren als liganden uitgevoerd. Wij zullen hier slechts enkele van de hierbij verkregen resultaten van meer algemeene beteekenis noemen.

Ionen van de algemeene formule $[\text{Met}^{\text{III}} \text{L}^{\text{II}}_3]$, waarin Met^{III} een der genoemde driewaardige metalen, L^{II} een der coördinatief tweewaardige liganden beteekent, kunnen, zooals reeds eerder bekend was, niet alleen optisch actief zijn, maar zelfs een bijzonder hoog draaiingsvermogen bezitten. De grootte van het draaiingsvermogen hangt dus, in overeenstemming met het principe van Pasteur, niet af van het chemische contrast der liganden¹⁾.

Hemiëdrie is bij kristallen van optisch actieve stoffen misschien wel altijd aanwezig, ze is echter dikwijls nauwelijks of heelemaal niet meer aan te toonen bij de genoemde complexen. Dit geldt vooral bij diamine bevattende ionen. Het optreden van hemiëdrie hangt dus in veel hogere mate af van het bestaan van een chemisch contrast der liganden.

Van het groot aantal onderzoekingen, die of direct of meer indirect in verband staan met de studies over het principe van Pasteur kunnen slechts enkele hier worden genoemd. Zoo verkregen Jaeger en Koets door inwerking van triamidotriaethylamine op praseo- of violeo-cobaltizouten een reeks van complexen, die in hun negenwaardige ionen drie atomen cobalt in eigenaardige binding bevatten. De constitutie van deze merkwaardige stoffen werd door bepaling van moleculair gewicht, electrolytisch geleidings- en vlokingsvermogen bewezen.

Bijzonder belangrijke onderzoekingen heeft Jaeger later uitgevoerd over complexe zouten met actieve liganden. Het is voldoende hier er aan te herinneren, dat een luteozout²⁾, als b.v. I, zijn optische



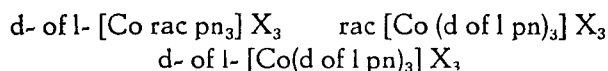
activiteit uitsluitend en alleen aan den dissymmetrischen opbouw van het kation danken kan. Anders is het bij de analoge stoffen II en III. In II wordt de activiteit alleen veroorzaakt door het actieve diamine, dat in het op zichzelf racemische complex is ingebouwd, terwijl in III dit actieve diamine in een op zich zelf reeds actief complex is ingevoegd. Wij kunnen I „complex actief”, II „ligandenactief”, III „totaal actief” noemen.

Met propyleendiamine als ligand, en hetzelfde geldt voor andere splitsbare diaminen, kunnen dus

¹⁾ Bij organische stoffen treedt de invloed van dit contrast weliswaar veel meer op den voorgrond.

²⁾ en = aethyleendiamine, pn = propyleendiamine.

theoretisch drie paren van optisch isomere complexen gevormd worden, en wel:

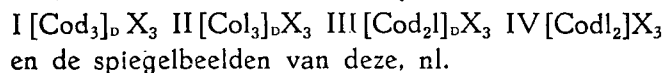


hierbij komen nog partiele en volledige racematen.

Het zou uiteraard belangrijk zijn om na te gaan, of al deze complexen werkelijk te bereiden zijn en zoo ja langs welke wegen. Tevens zou men dan hun rotatievermogen kunnen onderzoeken en onderling vergelijken.

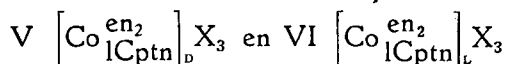
Jaeger heeft nu het onderzoek van een bijzonder eenvoudig en daarom juist belangwekkend geval van dergelijke complexvorming mogelijk gemaakt, door in de eerste plaats een methode voor de bereiding van trans-diaminocyclopentaa (Cptn) en diaminopentaa, en in racemischen en in actieven vorm, uit te werken (met C. A. J. Dippel).

Hij heeft daarna getracht in $[\text{Co en}_3] X_3$ en $[\text{Rh en}_3] X_3$ een, twee en tenslotte alle drie aethyleendiaminmolekulen door b.v. Cptn te vervangen. Reeds bij de vervanging van alle drie en-moleculen door dit amine kan men een heele reeks van isomeren verwachten en wel, wanneer men inplaats van d-Cptn en l-Cptn resp. schrijft d en l, de volgende³⁾:

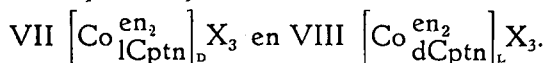


hierbij komen nog vier racematen en eventueel partiele racematen. Vervangt men slechts een of twee moleculen en door Cptn dan wordt het aantal isomeren nog grooter.

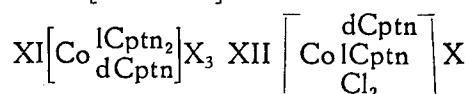
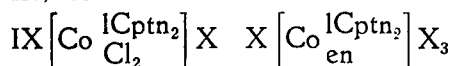
Experimenteel bleek nu, dat bij de inwerking van d- of l- Cptn op racemisch cobalt- of rhodiumzout, en daaropvolgende splitsing, telkens slechts een enkel zout wordt gevormd, en wel een L-zout met drie moleculen d Cptn en een D-zout met drie moleculen l Cptn (II en II'). Zouten van de types III, III', IV, IV', die d- naast l-base bevatten konden niet worden verkregen. Evenmin echter kon men D-complexen met drie moleculen d-Cptn, of L-complexen met drie moleculen l-base verkrijgen. Wel echter ontstaat bij inwerking van l- of d-Cptn op violeo- of praseo-diaethyleendiaminezout een partieel racemaat, dat in twee actieve zouten kan gesplitst worden, n.l. b.v. met l-Cptn:



Deze zijn echter geen spiegelbeelden. Aan den anderen kant levert racemisch diamine een racemaat, dat in antipoden splitsbaar is, n.l. in:



Het is echter opmerkelijk, dat men, uitgaande van IX, noch



³⁾ De indices D en L beteekenen, dat het complex op zich zelf resp. in zijn rechts- of linksvorm aanwezig is.

X kan verkrijgen, noch XI. Evenmin kan men in XII (uit racemische base) de twee Cl-atomen door een derde molecuul d of l Cptn vervangen. Men verkrijgt altijd slechts mengsels van $[\text{Coddd}] X_3$ resp. $\text{Co}[\text{III}] X_3$ en $[\text{Co en}_3] X_3$. De stereochemische tegenstelling tusschen d en l Cptn is dus nog grooter dan die tusschen een dezer en aethyleendiamine.

Het rotatievermogen dezer complexen is veel en veel hoger, dan dat der aethyleendiamine-complexen. De overige details van het zeer uitgebreide onderzoek kunnen hier niet worden behandeld.

De analoge studies over de complexen met pentaandiamine hebben tot nog toe niet zoo belangrijke resultaten opgeleverd; het was nog niet mogelijk de verkregen complexen te splitsen. Zeer zeker mag echter gezegd worden, dat de hier betreden weg nog tot talrijke verrassende inzichten in den intiemsten sterischen opbouw der complexen zal leiden.

Ook tot de stereochemie der koolstofverbindingen heeft Jaeger bijdragen geleverd. Afgezien van zijn splitsing der bovengenoemde diaminen heeft hij belangrijke röntgenographische metingen over de veel omstreden opbouw van pentaerythriet het licht doen zien.

IV. Ultramarijnen, capillair- en colloïdchemisch onderzoek.

Zuiver scheikundige naast röntgenographische onderzoekingen heeft Jaeger gewijd aan de ultramarijn-pigmenten. Na gevonden te hebben, dat alle ultramarijnen eenzelfde röntgenspektrum bezitten als noseaan en hauijn, heeft hij succesrijke proeven uitgevoerd, om het natrium in de ultramarijn en door zilver en door andere metalen, zwavel door seleen of telluur te vervangen. Het bleek, dat bij de vervanging van Ag door Na en omgekeerd evenwichten worden bereikt van soortgelijk karakter als bij permutieten („Basenaustausch"). Ook aliphatische resten kon hij inplaats van Na en Ag invoeren. Zoo werd b.v. o. m. een butylultramarijn $(\text{C}_4\text{H}_9)_5\text{AgAl}_6\text{Si}_6\text{O}_{30}\text{S}$ van violet-grijzen tint verkregen. Tevens werden de ultramarijnen der alkali- en aardalkalimetalen van zink, cadmium, magnesium enz., eindelijk seleen- en telluur-ultramarijnen bereid. De algemeene aard dezer pigmenten is door deze onderzoekingen vrij volledig opgehelderd; hun kleur wordt veroorzaakt door reversibel afsplitsbare zwavel (resp. Se of Te), waaraan immers ook andere zwavelverbindingen, b.v. verhit KCNS, hun kleur danken.

De onderzoekingen over ultramarijnen liggen gedeeltelijk reeds op colloïdchemisch gebied. Als zuiver colloïdchemische studie is te noemen een onderzoek over colloïde rutheniumsulfiden (met J. H. de Boer). In weerwil van de onbestendigheid van deze solen konden ook hierbij verschillende resultaten worden bereikt.

Uitgebreid onderzoek heeft Jaeger uitgevoerd over de oppervlakte-energie en haar temperatuurcoëfficiënt. Hiervoor heeft hij niet alleen een methode van meting tusschen -70° en $+1600^\circ \text{C}$ uitgewerkt, maar bovendien (gedeeltelijk met Kahn e. a.) niet minder dan 200 organische en 50 anorganische stoffen gemeten. Ook van de resultaten dezer, wat omvang en strekking betreft, niet vaak geëvenaarde onderzoekingen mogen slechts enkele hier worden aangehaald.

Het bleek, dat de lineaire afhankelijkheid der

oppervlakte-energie van de temperatuur in geen deele algemeen bestaat. De berekening van den associatiegraad van vloeistoffen op grond van een veronderstelden lineairen temperatuurcoëfficiënt der oppervlakte-energie is slechts met het inacht nemen van groote voorzichtigheid en met veel kritiek, en soms heelemaal niet, geoorloofd. Meer in het bijzonder behoeft de abnormaal kleine waarde van dezen temperatuurcoëfficiënt bij gesmolten zouten niet noodzakelijk te wijzen op een hooge associatie. Verder werden bij isomeren en substitutieproducten in de organische reeks tal van regelmatigheden vastgesteld.

De onderzoekingen, die wij zoo juist hebben geschetst, behooren gedeeltelijk reeds tot Jaeger's studiën over de physische chemie der hooge temperaturen. Naast een onderzoek over het geleidingsvermogen van gesmolten zouten (met Kapma) heeft hij in de laatste 12 jaren vooral de soortelijke warmten der metalen tot 1600° onderzocht. Deze uitgebreide onderzoekingen (met medewerking van E. Rosenbohm), die veelal unieke en overigens de nauwkeurigste data op dit gebied leveren, worden in een afzonderlijke verhandeling in deze aflevering besproken. Wij kunnen daarom volstaan met te wijzen op den methodischen vooruitgang aan den eenen kant, de theoretische beteekenis van de verkregen resultaten ook voor de scheikunde in het algemeen aan den anderen kant; tal van nieuwe inzichten en vraagstukken, die verder reiken dan het speciale gebied der calorimetrie bij hooge temperatuur, zijn daarbij voor den dag gekomen.

V. Photochemische onderzoekingen.

Ook op het gebied der photochemie, dat anders, meer dan de meeste onderdeelen der physische chemie, een speciaal gebied is, heeft Jaeger belangrijke vondsten gedaan.

In de eerste plaats moet hier aan zijn ontdekking van het lichtelectrisch geleidingsvermogen van natuurlijk antimoniet worden herinnerd (1907). Dit verschijnsel en zijn afhankelijkheid van golflengte, temperatuur, assenrichting enz. werd zorgvuldig onderzocht. De haast stormachtige ontwikkeling der photo-electriciteit heeft weliswaar het gevolg gehad, dat dit onderzoek nu reeds tot de oudere literatuur wordt gerekend. In tegenstelling hiermede zijn de eigenlijke photochemische studies van Jaeger nog volkomen actueel. Zoo zijn de onderzoekingen over de photolyse van ferritrichlooracetaat bijv. ook heden nog van veel belang, omdat Jaeger daarin duidelijk aantoonde, dat deze een specifieke photochemische reactie is, die noch door temperatuurverhooging, noch door electrolyse kan worden veroorzaakt. In het daglicht wordt CO_2 en C_2Cl_6 , bij aanwezigheid van lucht ook wel wat CHCl_3 gevormd. Verwarming daarentegen veroorzaakt alleen vorming van CHCl_3 en bruinkleuring der oplossing, terwijl electrolyse van trichloorazijnzuur aan de anode CO , CO_2 , Cl_2 , COCl_2 en O_2 en den ester $\text{Cl}_3 \cdot \text{C} \cdot \text{COOCCl}_3$ levert, een isomeer dus van penta-chloormierenzure ester.

Ook de photolyse van een aantal andere carbonzuren werd later (gedeeltelijk met G. Berger) onderzocht en hiermede werden bijdragen geleverd tot een gebied, dat nog in geen deele voldoende is bewerkt.

Ten slotte heeft ook het soms zoo belangwek-

kende, echter weinig onderzochte photochemische gedrag der anorganische complexe zouten Jaegers aandacht getrokken. Zoo heeft hij o.m. de lichtgevoeligheid van de triaethyleendiamine-chromi-zouten waargenomen. Verder heeft hij (met G. Berger) de photolyse van kaliumcobaltioxalaat onderzocht en het belangrijke resultaat verkregen, dat, in tegenstelling met wat Vránek vond, in geconcentreerde oplossingen een duidelijke en zeer eigenaardige invloed van toegevoegde neutrale zouten op de photolyse bestaat.

Het hier aangehaalde en zeer schetsmatig behandelde materiaal mag voldoende zijn om van de veelzijdigheid, originaliteit en werkkraft van den jubilaris een indruk te geven; het omvat echter maar een gedeelte van alles wat Jaeger, ook afgescheiden van zijn werk over hooge temperaturen en op krystallographisch gebied, heeft gedaan en zelfs gepubliceerd.

Met eenig recht hebben wij hier niet behandeld zijn onderzoekingen over silicaten (gedeeltelijk met H. S. van Klooster en A. Simek); deze kunnen immers worden beschouwd als voorbereidende studies voor het werk bij hooge temperaturen. Dit geldt echter niet b.v. van Jaegers uitgebreide proeven over de kunstmatige bereiding van sulfantimonieten en arsenieten. Hierbij kwam hij o.m. tot het inzicht, dat de natuurlijke zilversulfantimonieten niet uit een gesmolten mengsel der componenten kunnen zijn voortgekomen. Ook de zeer fraaie onderzoekingen over stoffen, die anisotrope vloeistofphasen leveren, en over de eigenschappen en overgangen van deze fasen kunnen hier slechts worden genoemd.

Daarbij komen nog zijn werkzaamheid als hoogleeraar, vrij langdurige verblijven in het buitenland, tal van voordrachten en redevoeringen van wetenschappelijk of meer populair karakter, echter altijd belangwekkend, altijd keurig uitgewerkt en voorbereid, meestal door demonstraties opgeluisterd. Het stemt tot blijdschap, dat de geleerde en proefnemer, die dit alles kon klaarspelen, in volle kracht en onvermoeide liefde tot verder werk in ons midden staat. Ook heden zien wij hem telkens nieuwe gebieden van onderzoek met de oude durf en energie aanpakken, altijd er op bedacht op oude en nieuwe wegen vooruit te komen, met onveranderde toewijding naar nieuwe inzichten streven. Terugziende op een menschenleeftijd vol werk en succes, overschrijdt F. M. Jaeger den drempel van een nieuwe kwarteeuw als een jeugdig en altijd nog geestdriftig natuuronderzoeker.

En wij kunnen hem niets toewenschen, dat zoo volkomen bij zijn werkzamen en altijd belangstellenden geest past, dan lange jaren van vruchtbaar en succesvol zoeken, streven en vinden.

541.118 : 92 J

HET AANDEEL VAN PROF. F. M. JAEGER'S
LABORATORIUM AAN HET EXACT
PHYSISCH-CHEMISCH ONDERZOEK BIJ
HOOGE TEMPERATUREN

door
A. ŠIMEK.

De schrijver dezes heeft het altijd een bijzonder voorrecht geacht gedurende drie jaren onder Prof. F. M. Jaeger's leiding te hebben mogen werken. Nu hij, bij gelegenheid der herdenking van het 25-jarig professoraat van zijn leermeester, de taak op zich neemt, een overzicht te geven van een der belangrijkste gebieden van Prof. Jaeger's uitgebreid en veelzijdig werk, doet hij dat met een gevoel van groote dankbaarheid, waarmee hem de herinnering aan de leerjaren te Groningen vervult, maar tevens ook in het volle bewustzijn van zijn eigen zeer bescheiden aandeel aan de precisieingen, toen in het anorganisch- en fysisch-chemisch laboratorium aldaar verricht. Deze taak is hem echter aanzienlijk verlicht, doordat Prof. Jaeger zelf herhaaldelijk uitvoerige berichten heeft geschreven over de uitkomsten van de onderzoekingen, die hij met zijne leerlingen bij hoge temperaturen heeft volbracht.¹⁾

De omvang van het veld, bestreken door de activiteit van Prof. Jaeger en zijne medewerkers, zelfs in deze enkele richting, is zoo groot, dat van eene volledige behandeling van het onderwerp in dit beknopt verslag moet worden afgezien. Gelukkig is er een markante grensmaal in het werk van den jubilaris, die volgens opvatting van den schrijver eene rationeele beperking of liever scheiding mogelijk maakt. De grens is getrokken door het boek: „Eine Anleitung zur Ausführung exakter physiko-chemischer Messungen bei höheren Temperaturen“^{*)}, in het volgende geciteerd als „Anleitung“, dat Prof. Jaeger voor het gebruik van zijne leerlingen en alle belanghebbenden bij het onderzoek van dezen aard geschreven heeft, toen hij zich door persoonlijke controle gedurende zijn werkzaamheid in het Geophysical Laboratory of the Carnegie Institution te Washington²⁾ van de waarde had kunnen overtuigen der toen in Europa nog niet gebezigde methoden, welke een schrandere staf van onderzoekers onder leiding van Dr. A. L. Day sedert 1907 met succes ontwikkelde en die toen langzamerhand ook de aandacht van Europeesche chemici begonnen te trekken.³⁾

De genoemde „Anleitung“ is niet alleen een uitstekende handleiding voor een beginnening, die er

vele kostbare wenken in vindt over de uitvoering van de soms zeer moeilijke en dikwijls van den waarnemer veel geduld vergende proefnemingen bij hoge temperaturen, en een geheel betrouwbare gids voor dengene, die naar een zoo groot mogelijke nauwkeurigheid van de methoden streeft, welke hij voor zijn doel noodig heeft en welke ook door den auteur zorgvuldig op de proef zijn gesteld, maar zij bevat vooral in het laatste hoofdstuk eveneens een programma van onderzoek, dat op blz. 119 in de volgende woorden omschreven is: „Bei sehr hohen Temperaturen aber gibt es einige andere Probleme, welche einer näheren Betrachtung unterzogen werden können, und zwar: a. Die kalorimetrischen Bestimmungen⁴⁾, b. Die Messung des spezifischen Gewichtes⁴⁾, c. Die Messung der Oberflächenspannung⁴⁾, d. Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit⁴⁾. Ein fünftes, ebenfalls sehr wichtiges Problem: das der Viskositätsmessung⁴⁾ bei solchen extremen Temperaturen muss leider noch unberücksichtigt bleiben, weil doch heutzutage noch nicht daran zu denken ist, diese äusserst schwierige Bestimmung mit einiger Hoffnung auf Genauigkeit der zu erhaltenden Resultate unternehmen zu können.“ Dit plan is in de volgende twintig jaren in 'het Groningsch laboratorium in alle punten grootendeels, d.w.z. zoover het ten minste realiseerbaar was, ook verwezenlijkt.

Wanneer wij nu in het volgende speciale aandacht wijden aan het werk, verricht met behulp van de nieuwere en veel exactere methoden, zoo voortreffelijk behandeld in de „Anleitung“, willen wij er de onderzoekingen, op het gebied der heterogene evenwichten en der kunstmatige mineraalsynthese, uitgevoerd door Prof. Jaeger en zijne school vóór 1913 geenszins mee te kort doen, want zij zijn gedaan met de beste der toen ter beschikking staande middelen en hebben ook menig nieuw en belangrijk feit aan den dag gebracht, waarmee vele gegevens van oudere onderzoekers voor goed gecorrigeerd blijken te zijn.⁵⁾

Vooreerst zullen wij eenige opmerkingen laten voorafgaan over de beteekenis van den door Dr. A. L. Day in Amerika ingeslagen en door Prof. F. M. Jaeger in Europa met zooveel succes voortgezeten weg van de zoo groot mogelijke exactheid van fysisch-chemische metingen bij zelfs zeer hooë temperaturen, om dan de uitkomsten van het werk, onder leiding van laatstgenoemde gedaan, systematisch te behandelen.

Men kan gerust zeggen, dat de moeilijkheden van het experimenteel fysisch-chemisch onderzoek bij hoge temperaturen, te beginnen bij weinige honderden graden boven het nulpunt, met een hooë macht van de stijgende temperatuur toenemen, vooral wanneer de grootheden, die te meten zijn, met een in elke richting voldoende nauwkeurigheid moeten gewaarborgd worden, d.w.z. in hooë mate quantitatief reproduceerbaar dienen te zijn. Deze volkomen reproduceerbaarheid is zeer gewichtig, niet alleen voor het zuiver wetenschappelijke werk, maar dikwijls ook voor zijne toepassing bij het oplossen van technische vraagstukken, welke soms een zeer zorgvuldige studie van phasenevenwichten onder extreme

¹⁾ Zie bijv. F. M. Jaeger: Rev. gén. sci. 30, 5 (1919), Bull. soc. chim. Belg. 35, 211 (1926), ibid. 41, 30 (1932), Sbornik prirodovedecký, Cs. Akad. ved. Praha 1930, No. VII, en vooral F. M. Jaeger: Methods, results and problems of precise measurements at high temperatures, p. 233—401 als het tweede deel van Vol. 7 van The George Fisher Baker non-resident lectureship in chemistry at Cornell University (Mc. Graw-Hill Book Comp., New York, 1930), voortaan geciteerd kort als „H.T.M.“. — Zie ook H. S. van Klooster: Ein Dezzennium moderner Silikatforschung, Naturwissenschaften 2, 877 (1914).

^{*)} Bij J. B. Wolters' U. M., Groningen, 1913.

²⁾ Zie F. M. Jaeger's rede over deze instelling in Chem. Weekblad 9, 580 (1912).

³⁾ R. Marc, Z. Elektrochem. 18, 2, 156, 282 (1912).

⁴⁾ Onderstreept door den auteur der „Anleitung“.

⁵⁾ Zie de bibliographie in dit Jaeger-nummer voor de jaren 1910, 1911 en 1912.

voorwaarden vereischen, vooral in die industrieën, welke hun producten bij hoge temperaturen vervaardigen, zooals bijv. de verschillende silikaatindustrieën. Het bestaansgebied eener verbinding kan bijv. zoo klein zijn, dat een onderzoeker in den loop van de thermische analyse, uitgevoerd volgens de veel minder nauwkeurige afkoelingsmethode die in de metallographie nog steeds gebruikt wordt, zulk een verbinding over 't hoofd kan zien, terwijl haar klein stabiliteitsveld nauwkeurig begrensd kan worden door middel van de veel exactere methoden, vooral de statische methode van plotselinge afkoeling na langdurige verhitting op constante temperatuur ⁶⁾, welke zoo uitstekende diensten bewees bij het onderzoek van verschillende silikaatsystemen zoowel te Washington, als ook te Groningen, ofschoon bij deze methode de nauwkeurigheid verkregen wordt ten koste van veel tijdverlies ⁷⁾.

Een ander voorbeeld van de superieure kwaliteit der methoden, gebezigd door de school van Dr. A. L. Day en Prof. F. M. Jaeger ter bepaling van evenwichtstemperaturen, moge uit de eigen ervaring van den schrijver genomen worden. Door toepassing van de door Prof. Jaeger ⁸⁾ uitvoerig beschreven verhittingsmethode kon bewezen worden, dat het smeltpunt van tellurium (452.0° C.) 0.15° C. verlaagd wordt ten opzichte van het smeltpunt van zuiver tellurium in vacuo, wanneer men het in waterstof onder den druk van een atmosfeer bepaalt. ⁹⁾ Deze verlaging bleek geheel reproduceerbaar te zijn, en er kon worden aangetoond, dat zij door oplossen van het gas in het metaal veroorzaakt wordt. ¹⁰⁾ De gewone afkoelingsmethode had dit feit zelfs met gevoelige meetinstrumenten nauwelijks aan het licht gebracht.

Over het algemeen kan nog worden opgemerkt, dat in het ontwerpen van een geschikte methode voor een bepaald werk bij hoge temperaturen de onderzoeker zeer beperkt is in de keuze van materialen voor de constructie van de noodige toestellen en vaten voor het opnemen van de substanties, wier eigenschappen moeten worden gemeten, tengevolge van het met de temperatuur enorm stijgend reactievermogen en de bij hoge temperaturen grondig gewijzigde mechanische, elektrische en andere eigenschappen dier materialen. Zuiver, iridiumvrij platina is haast het eenige materiaal, waarmee de bestudeerde substanties in directe aanraking kunnen komen zonder besmet te worden. Omdat echter zuiver platina al onder 1650° C. zeer week wordt, is deze temperatuur zoowat de grens, boven welke de precisie noodzakelijk sterk van orde verandert. Bovendien, en dus ook onder deze temperatuur, hangt de exactheid der metingen in handen van een ervaren onderzoeker vooral af van de nauwkeurigheid, waar-

mee de temperatuurschaal in het betrokken gebied is gedefinieerd. Vandaar het groote belang, om de temperatuur zoo nauwkeurig mogelijk te meten ¹¹⁾, n.l. met behulp van zorgvuldig gehomogeniseerde en herhaaldelijk geijkte thermoelementen van 't Le Chatelier-type uit zeer zuiver iridiumvrij platina en een legering van platina-rhodium in verbinding met een precisiepotentiometer en een gevoeligen spiegelgalvanometer. Ook de binnenwikkeling van den weerstandsoven moet uit iridiumvrij platina bestaan, om de zeer schadelijke besmetting van de thermoelementen te voorkomen, waardoor de temperatuur foutief aangewezen zou worden. Voor het ijken van deze thermoelementen gebruikt men om dezelfde redenen liefst niet metalen, maar zuivere zouten. Een heele reeks van zulke geschikte „vaste punten” is zoowel door de werkers van het Geophysical Laboratory, als ook door Prof. Jaeger voorgesteld. De oven moet natuurlijk de functie van een echten thermostaat vervullen, op welke eigenschap hij ook periodiek zorgvuldig gecontroleerd moet worden. ¹²⁾ Vandaar ook de noodzakelijkheid, om de apparaten met stoffen, die op constante hoge temperaturen gehouden of regelmatig verhit moeten worden, zoo klein mogelijk en symmetrisch te houden, omdat het gebied van den oven, waar de temperatuur constant is, heel klein is.

Dit zijn in het algemeen voorwaarden, die het werk bij hoge temperaturen uiterst moeilijk maken. Gaat men nog de speciale eischen na van elken bijzonderen tak van onderzoek, verricht sedert 1911 in Prof. Jaeger's instituut, dan is het geen wonder, dat bijv. bijna zeven jaren verlopen zijn, voor de eerste resultaten van de metingen der soortelijke warmte bij hoge temperaturen konden worden gepubliceerd, maar het moet aan den anderen kant ook grooten eerbied inboezemen, dat zóóveel op het gebied der hoge temperaturen is gepresteerd, want dit is niet de eenige richting, in welke de menigvuldige werkzaamheden in zijn laboratorium worden voortgezet.

Het werk over hoge temperaturen van Prof. Jaeger en zijne leerlingen kan als volgt worden ingedeeld:

I. Onderzoekingen op het gebied der silikaatchemie en der thermische analyse van andere zouten.

II. Onderzoekingen over de temperatuur-coëfficiënten der vrije moleculaire oppervlakte-energie van vloeistoffen tusschen —80° en + 1650° C., benevens metingen van het soortelijk gewicht van gesmolten zouten.

III. Onderzoekingen over het electrisch geleidingsvermogen van gesmolten zouten.

IV. Nauwkeurige meting der coëfficiënten der inwendige wrijving van gesmolten zouten.

V. Exacte meting der soortelijke warmte van vaste stoffen in groote temperatuurgebieden boven het nulpunt.

¹¹⁾ Alle opgaven over temperatuur in F. M. Jaeger's werk zijn herleid op de stikstof-gas-thermometerschaal van het Geophysical Laboratory te Washington: A. L. Day and R. B. Sosman, Publ. Carnegie Inst. Washington 1912, No. 157; Am. J. Sci. 33, 517 (1912).

¹²⁾ Voor deze alinea zie vooral „Anleitung”, Kapittel I en

¹⁰⁾ A. Simek en J. Smida, Ibid. 3, 93 (1931).

⁶⁾ „Anleitung”, blz. 73, „H.T.M.”, blz. 250.

⁷⁾ Vergelijk in verband hiermede het diagram van het binaire stelsel $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, Fig. 14 op blz. 80 van het proefschrift van H. S. van Klooster: „Over eenige binaire systemen van anorganische zouten en oxyden” 1910, Groningen (experimenteel uitgevoerd in G. Tammann's laboratorium te Göttingen) met Fig. 1 van de verhandeling van F. M. Jaeger en H. S. van Klooster: Verslag Akad. Wetenschappen Amsterdam 22, 907 (1914) over hetzelfde systeem.

⁸⁾ „Anleitung”, blz. 53 en volg., „H.T.M.”, blz. 237—247.

⁹⁾ A. Simek en B. Stehliký, Collection Czech. Chem. Comm. 2, 304 (1930).

¹⁰⁾ A. Simek en J. Smida, Ibid. 3, 93 (1931).

Wij zullen nu in deze, min of meer historische volgorde, dit werk bespreken.

I. De studiën op het gebied der silikaatchemie zijn eigenlijk een voortzetting van het werk, begonnen door Prof. Jaeger in het Geophysical Laboratory te Washington over de synthese en het thermisch gedrag van het natrium- en het lithiummetasilikaat¹³⁾; de laatste, in geheel zuiveren, toestand uitstekend kristalliserende en zeer scherp bij 1201° C. smeltende verbinding wordt sedert dien als een voortreffelijke ijkstof voor thermoelementen gebruikt. Het eerste gedeelte van deze studiën¹⁴⁾ behandelt het binaire stelsel lithiumoxyde-kiezelzuur met Li_4SiO_4 , Li_2SiO_3 en $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ als verbindingen. Het bisilikaat is gekenmerkt door bijzonder nauwe grenzen van zijn stabiliteitsveld (slechts ongeveer 5°), wat reeds in de algemeene inleiding over de waarde der gebezigde methode van onderzoek in 't licht gesteld is. De mengsels, rijker aan Li_2O dan het orthosilikaat, en het zuivere lithiumoxyde werden onderzocht in speciale dichtgesmolten platinakroesjes, die tegelijk als thermoelementen dienden; zij bleken geheel onhandelbaar te zijn wegens de groote dampspanning van het lithiumoxyde, dat echter zelfs bij 126° C. nog niet gesmolten is.

Verder werden de ternaire verbindingen LiAlSiO_4 en $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ onderzocht, benevens verschillende variëteiten van de natuurlijke mineralen eukryptiet en spodumeen, waarmee ze in samenstelling overeenkomen.¹⁵⁾ Bij de synthese, die veel moeilijkheden opleverde wegens de reeds vermelde groote vluchtigheid van het lithiumoxyde, werd als steeds van de zuiverste preparaten (kwarts, aluminiumoxyde en lithiumcarbonaat) uitgegaan.¹⁶⁾ De nauwkeurig onderzochte fysische eigenschappen van de kunstproducten zijn in beide gevallen verschillend van die der natuurlijke mineralen en door een nader nauwkeurig onderzoek is aangetoond, dat de kunstmatige vormen tot de natuurlijke modificaties in de verhouding van monotropie staan. Dit werd later bevestigd in het geval van spodumeen in G. Tammann's laboratorium door F. Meissner¹⁷⁾, die echter het vroeger werk der Groningsche auteurs niet gekend schijnt te hebben.¹⁸⁾ De studie van het ternaire stelsel $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, tijdelijk onderbroken door den wereldoorlog, werd weer voortgezet in 1919 en 1920, maar ten slotte opgegeven tengevolge van groote moeilijkheden veroorzaakt door de buitengewoon langzame instelling van evenwichten in de ternaire mengsels van dit silikaatsysteem.

In het vierde gedeelte¹⁹⁾ worden de kunstmatige en natuurlijke meta- en orthosilikaten der tweewaardige metalen beryllium, calcium, strontium, barium, zink, cadmium en mangaan bestudeerd en de afhankelijkheid van hun eigenschappen van het atoomge-

wicht van het metaal nagegaan. Terwijl bijv. de smeltpunten der metasilikaten van de calciumsubgroep met het atoomgewicht stijgen, dalen zij in de magnesiumsubgroep met stijgend atoomgewicht. Het snel kristalliserende en scherp bij 1604° C. smeltende bariummetasilikaat is weer een uiterst geschikte en welkome ijkstof voor het kalibreren van thermoelementen.

Aan de juist besproken studiën over silikaten sluiten zich die over het thermisch gedrag van loodsulfaat, -chromaat, -molybdaat, -wolframaat en van hun binaire combinaties aan²⁰⁾, eveneens een onderzoek over de omzettingpunten van de sulfaten, molybdaten en wolframaten van natrium en kalium²¹⁾. Ook hier hebben zich de van Washington naar Groningen overgebrachte methoden van de thermische analyse van kleine hoeveelheden der onderzochte stof de meerderen van de oude afkoelingsmethode getoond, ofschoon eene geschikte combinatie van beide soms voordelig is. Zoo kon bijv. bij het natriumwolframaat met de verhittingsmethode slechts een enkele omzetting gevonden worden, terwijl op de afkoelingskrommen steeds twee warmte-effecten duidelijk optraden, waarvan het tweede als een vertragsverschijnsel geïnterpreteerd werd. Een later nauwgezet onderzoek²²⁾ toonde aan, dat onder bijzondere voorzorgen het tweede omzettingpunt ook met de verhittingsmethode kan worden gevonden. Bij een gewone verhitting wordt namelijk het veel kleinere, spoedig volgende tweede warmte-effect door het eerste gecamoufleerd (temperatuurverschil van slechts 4°), terwijl bij afkoeling beide effecten duidelijk van elkaar gescheiden worden tengevolge van een sterkere onderkoeling van het lagere effect. Maar terwijl de uitkomsten, gevonden met behulp van de afkoelingsmethode, slechts grof kwalitatief zijn, levert de verhittingsmethode preciese, quantitatief reproduceerbare gegevens.

Nog een onderzoek van een meer natuurkundigen aard kan misschien het best in deze rij geplaatst worden.²³⁾ Het betreft de temperatuurmeting van anisotrope lichamen met behulp van een stralingspyrometer. Een gloeiend toermalijnschijfje, geslepen evenwijdig aan de optische as, moet volgens de wet van Kirchhoff een hogere schijnbare temperatuur vertoonen, wanneer een analysator tusschen het plaatje en den pyrometer zoodanig geplaatst is, dat hij slechts den gewonen straal doorlaat, die sterker geabsorbeerd en dus ook sterker geëmitteerd wordt dan de buitengewone. De proef heeft deze veronderstelling bevestigd: de temperatuur was 15° C. hooger dan wanneer de analysator den buitengewonen straal doorliet.

Waren de methoden, gebezigd bij de tot zoover vermelde onderzoeken, op eenige bijzondere gevallen na, zoo al niet geheel ontleend aan het pionierswerk der medewerkers van Dr. A. L. Day te Washington, in de volgende reeksen komt al meer en meer de persoonlijke noot van den jubilaris te voorschijn. Het voorgenomen programma begint stuk voor stuk verwezenlijkt te worden, om met het chef d'oeuvre

¹³⁾ F. M. Jaeger: J. Washington Acad. Sci. 1, 49 (1911).

¹⁴⁾ F. M. Jaeger en H. S. van Klooster, Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 22, 900 (1914).

¹⁵⁾ F. M. Jaeger en A. Simek, Ibid. 23, 119 en 131 (1914).

¹⁶⁾ De wijze, waarop dit soort van werk werd uitgevoerd, is uitvoerig beschreven in de „Anleitung“, blz. 68—71.

¹⁷⁾ Z. anorg. allgem. Chem. 110, 187 (1920).

¹⁸⁾ Ook W. Eitel, Physikalische Chemie der Silikate: L. Voss, Leipzig, 1929, verdeelt de diensten van verschillende onderzoekers over het gedrag van de verbindingen onder discussie niet heel juist.

¹⁹⁾ F. M. Jaeger en H. S. van Klooster: Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 24, 921 (1915). Zie ook: Sprechsaal 52, 256 (1919); J. Soc. Glass Tech. 3, 234 (1919).

²⁰⁾ F. M. Jaeger en H. C. Germs: Z. anorg. allgem. Chem. 119, 145 (1921), H. C. Germs: Proefschrift, Groningen, 1917.

²¹⁾ H. S. van Klooster: Z. anorg. Chem. 85, 49 (1914).

²²⁾ H. S. van Klooster en H. C. Germs: Ibid. 86, 369 (1914).

²³⁾ F. M. Jaeger en A. Simek, Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 22, 762 (1914).

van de calorimetrische metingen bij hoge temperaturen tot een voorloopig eind te komen.

II. Het schijnt den schrijver overbodig voor de lezers in het land van J. D. van der Waals een bijzonder nadruk te leggen op de groote betekenis, welke een nauwkeurige kennis van de vrije moleculaire oppervlakte-energie en hare afhankelijkheid van de temperatuur, heeft voor de beoordeeling van den innerlijken toestand van vloeistoffen. Het is dus een groote verdienste van Prof. Jaeger, de grenzen dezer kennis in een zoo ongewoon hooge mate te hebben verruimd.

Om redenen, die al terloops in de inleiding ²⁴⁾ aangeduid werden, viel, na de voorloopige proeven reeds gedurende zijn verblijf in het Geophysical Laboratory gedaan, de keuze van een bruikbare methode voor het meten van de temperatuur-koëfficiënten der vrije moleculaire oppervlakte-energie van vloeistoffen ²⁵⁾ tusschen de zoo wijde temperatuurgrenzen van -80° en $+1650^\circ$ C. op de methode der langzame en geleidelijke verhooging van den druk in een blaasje van een indifferent gas (zuivere stikstof) gevormd op den scherpen en zoo precies mogelijk cirkelvormigen kant van een kapillaire buis uit zeer zuiver iridiumvrij platina (of beter uit eene alliage van platina met 10—20 % rhodium), ingedoppeld tot op een nauwkeurig gemeten kleine diepte in de onderzochte vloeistof, totdat het blaasje juist barst. Onder de voorwaarde, dat de as van de kapillaire buis precies loodrecht staat op de oppervlakte der vloeistof, kan men dan de vrije oppervlakte-energie berekenen uit eene betrekking van Cantor ²⁶⁾, gecorrigeerd door Schrödinger ²⁷⁾.

$$\chi = \frac{r \cdot P_m}{2} - \frac{1}{3} r^2 \cdot d - \frac{1}{12} \cdot \frac{r^3 \cdot d^2}{P_m}$$

waarin, behalve de vrije oppervlakte-energie χ , de maximale druk van het gas in het blaasje P_m , en de straal der kapillaire buis r , ook het soortelijk gewicht d van de vloeistof bij de temperatuur van het experiment voorkomt. De samenhang van de exacte kennis van het soortelijk gewicht van de bestudeerde vloeistoffen in een zoo wijd mogelijk temperatuurgebied met de nauwkeurige bepaling der temperatuur-koëfficiënten van de vrije oppervlakte-energie ligt dus voor de hand; daargelaten, dat de kennis van deze gewichtige grootheid ook noodig is voor het berekenen van het moleculair volume, hetwelk weer voorkomt in de formules voor verschillende moleculaire grootheden, zooals de vrije moleculaire oppervlakte-energie, het moleculair geleidingsvermogen, enz. Het soortelijk gewicht moet bekend zijn ook voor de bepaling van den maximalen druk P_m , die verkregen wordt door aftrekking van den hydrostatischen druk der vloeistoflaag — welker dikte gelijk is aan de indompelingsdiepte der kapillaire buis — van den maximalen druk. Deze wordt met behulp van een exacten manometer met twee vloeistoffen (kwik

en octaan), ingebouwd in een glycerine-thermostaat, op 0.005 mm Hg nauwkeurig gemeten.

Wanneer men bedenkt, dat in dit soort van werk verscheidene grootheden, zooals druk, temperatuur, indompelingsdiepte van de kapillaire buis, zoo precies mogelijk gemeten moeten worden, en op hoe vele bronnen van mogelijke stoornissen — bijv. het absolute droog houden der organische vloeistoffen gedurende de proefnemingen enz. — gelet moet worden, vooral bij hoge temperaturen, is het niet te verwonderen, dat de heele apparatuur verbazend ingewikkeld en onoverzichtelijk wordt. In het kort bestek van dit artikel is het niet mogelijk, op menig interessant experimenteel detail in te gaan, en wij moeten genoegen nemen met een korte bespreking van de voornaamste resultaten, verkregen met ongeveer twee honderd organische en vijftig anorganische, bijzonder zorgvuldig gezuiverde vloeistoffen. Eerst zullen wij nog een en ander bespreken van de door Prof. Jaeger uitgewerkte speciale methode ter bepaling van het soortelijk gewicht van gesmolten zouten. ²⁸⁾

Terwijl het soortelijk gewicht van stoffen, vloeibaar bij gewone temperatuur, met behulp van de pyknometrische en bij veel lagere temperaturen met behulp van een volumetrische methode bepaald kan worden, moest voor hooger smeltende stoffen een hydrostatische methode gebezigd worden. Als drijver werd gebruikt een massieve dubbel-kegel uit iridiumvrij platina, hangende aan een langen platina-draad van passende dikte, bevestigd aan een schaal van een gevoelige analytische balans, die boven den oven geplaatst en behoorlijk beschermt werd tegen zijne straling. De drijver kan gedompeld worden in het op constante temperatuur gehouden gesmolten zout, en zijn gewichtsverlies wordt bepaald. De meting, welke niet zoo eenvoudig is, als zij misschien schijnt, wordt herhaald bij verschillende constante temperaturen, het soortelijk gewicht berekend na de noodige correcties, en de resultaten worden uitgedrukt door een empirische formule met twee of hoogstens drie constanten, waaruit het specifiek gewicht voor elke willekeurige temperatuur binnen bepaalde grenzen berekend kan worden. Het is in de meeste gevallen lineair, in andere bijna lineair afhankelijk van de temperatuur. De tweede decimaal der verkregen waarden van het soortelijk gewicht is nog volkomen zeker.

De exactheid der metingen van de temperatuur-koëfficiënten der moleculaire vrije oppervlakte-energie is volgens Prof. Jaeger practisch gelijk binnen het geheele temperatuurgebied, waarin de bepalingen zijn verricht, wanneer de viscositeit der bestudeerde vloeistof niet te groot is; de onzekerheid is nooit grooter dan 1 % van de absolute waarde der vrije oppervlakte-energie en kan zelfs tot 0.4 % dalen, wanneer de waarde van P_m zeer groot is, zooals bij vele gesmolten zouten.

De belangrijkste resultaten dezer onderzoeken, ondernomen onder gedeeltelijke experimenteele medewerking van M. J. Smit en J. Kahn, om een beter inzicht te verkrijgen in den innerlijken toestand van vloeistoffen, zoowel van chemisch overeenstemmende als van zeer uiteenlopenden aard, zijn nu de volgende:

²⁸⁾ Z. Elektrochem. 14, 713 (1908); Z. physik. Chem. 65, 257 (1909); F. M. Jaeger, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 25, 308 (1916).

²⁴⁾ Mogelijkheid van verontreiniging, kleinheid van het gebied der constante temperatuur in den oven bij hoge temperaturen, enz.

²⁵⁾ Voor dit deel van dit overzicht zie vooral: F. M. Jaeger: Z. anorg. Chem. 101, 1—214 (1917), „H.T.M.“, Chapter XV en XVI, blz. 252—307; „Anleitung“, blz. 128—132. De oorspronkelijke verhandelingen over dit onderwerp in Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 23-25 (1914—1916) zijn afzonderlijk in de bibliographie van Prof. Jaeger vermeld.

²⁶⁾ Ann. Physik 47, 3909 (1892).

²⁷⁾ Ann. Physik (4) 46, 413 (1915).

1. De vrije oppervlakte-energie χ , en de moleculaire vrije oppervlakte-energie $\mu = \chi \cdot \left(\frac{M}{d}\right)^{2/3}$, nemen in alle gevallen af met stijgende temperatuur, zooals te verwachten is, maar zijn in 't algemeen niet lineair afhankelijk van de temperatuur T . De temperatuur-koëfficiënten $\frac{\delta\chi}{\delta T}$ en $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ kunnen met stijgende temperaturen of toenemen, of constant blijven, of afnemen, en zelfs combinaties van deze gevallen zijn waargenomen. De absolute waarden van χ of μ , van $\frac{\delta\chi}{\delta T}$ of $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ hebben blijkbaar geen invloed op het gedrag van vloeistoffen in dit opzicht.

2. De onderzochte vloeistoffen kunnen wel is waar worden ingedeeld in twee groepen, eene — van vloeistoffen, gewoonlijk als „normaal” beschouwd — met de „constante” uit de bekende vergelijking van Eötvös ongeveer gelijk aan 2.24 erg per graad C., de andere — van vloeistoffen, meestal als „geassocieerd” beschouwd — met een merkbaar kleinere waarde van deze „constante”. Maar de betrekking tusschen μ en T in de eerste groep is meestal lineair in slechts tamelijk nauwe temperatuurgebieden en de waarde van $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ is dikwijls ongewoon laag bij hogere temperaturen, terwijl in de tweede groep, die naast water, verschillende alcoholen, enz. ook de gesmolten alkali zouten bevat, $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ aanzienlijk grotere waarden bereikt bij lagere temperaturen. Bij het meerendeel van de bestudeerde vloeistoffen neemt $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ met stijgende temperatuur af.

Betekent nu, overeenkomstig de gebruikelijke opvatting, een kleinere waarde van $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ een hooger associatiegraad dan moest bij de meeste vloeistoffen de associatie met de temperatuur toenemen, wat moeilijk te begrijpen is, aangezien de associatie in de meeste gevallen een exotherm proces is. Bij een aantal vloeistoffen, bij welke op grond van andere ervaringen de associatiegraad met stijgende temperatuur afneemt (b.v. bij het water), stijgt $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ met de temperatuur, zooals ook naar de juist gemaakte veronderstelling over den samenhang van $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ en de associatie te verwachten is, maar het azijnzuur, van hetwelk moet worden aangenomen, dat het met stijgende temperatuur minder complex wordt, is integendeel een merkwaardig voorbeeld van een vloeistof, wier $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ tot aan het kookpunt constant blijft.

In 't licht van deze experimentele feiten besluit Prof. Jaeger, dat de daling van $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ met de temperatuur in geen rechtstreeksch verband staat met den associatiegraad van vloeistoffen. Ook uit de thermodynamische betrekking $\frac{\delta c}{\delta \omega} = -T \frac{\delta^2 \chi}{\delta T^2}$,

waarin c de soortelijke warmte en ω de grootte van het oppervlak is, volgt, dat wanneer χ niet lineair met de temperatuur verandert, zooals het ook gewoonlijk het geval is, de soortelijke warmte van de vloeistof in het oppervlak verschillen zal van die der overige massa. Daarom kan men ook moeilijk vooraf zeggen, hoe de oppervlakte-energie met de moleculaire complexiteit van de vloeistof veranderen zal. Evenmin kan men volgens Prof. Jaeger ook uit de lage waarde van $\frac{\delta\mu}{\delta T}$ en zijne geringe veranderlijkheid met de temperatuur bij gesmolten zouten een hoogen associatiegraad dier zouten in vloeibaren toestand afleiden.

Wanneer men nu de resultaten der metingen beziet met het oog op hun verband met de chemische samenstelling en constitutie van de onderzochte verbindingen, dan valt op te merken, dat bij gesmolten zouten de specifieke vrije oppervlakte-energie den invloed van deze factoren beter weergeeft dan de moleculaire. Interessante betrekkingen zijn voor den dag gekomen bij de vergelijking van het gedrag der halogeenderivaten van organische verbindingen met het gedrag van andere groepen van halogeenvormingen, zooals die der metalloiden, — bijv. van de vijfde groep van het periodiek stelsel — aan den eenen, en de gesmolten alkali-halogeniden aan den anderen kant. De specifieke oppervlakte-energie stijgt, wanneer men in de eerste twee groepen van verbindingen het halogeen van een kleiner atoomnummer door het daaropvolgende met grooter atoomnummer vervangt. Het gedrag van de gesmolten halogeniden van een en hetzelfde alkali-metaal is juist omgekeerd. Ook wanneer men bijv. in de groep van de alkalichloriden een lichter metaal-atoom door een zwaarder vervangt, wordt bij gelijke temperatuur de oppervlakte-energie verlaagd. Dit alles is te verklaren door het verschil in den aard van de chemische binding, die in de eerste twee groepen van verbindingen homoeopolaire, in de alkali-halogeniden echter heteropolaire en ionogene is. De oppervlakte-energie van gesmolten electrolyten wordt dus voornamelijk bepaald door de electrostatistische energie der ionen; hun invloed zal des te grooter zijn, naarmate de straal van het gelijkwaardige ion in een homologe groep van elementen kleiner is, en dus ook hoe kleiner de afstand tusschen de ionen in de oppervlakte is. In homoeopolaire verbindingen daarentegen wordt de oppervlakte-energie hoofdzakelijk bepaald door de energie der krachten, welke met de polariseerbaarheid der atomen samenhangen en die des te grooter is, naarmate de buitensfeer van electronen grooter, d.w.z. het atoomnummer van het halogeen hooger is.

Deze gevolgtrekkingen worden bevestigd door zekere schijnbare uitzonderingen, zooals de kleinere oppervlakte-energie van het trichloorazijnzuur, vergeleken met die van het dichloorazijnzuur, welke op haar beurt weer kleiner is dan die van het monochloorazijnzuur, ofschoon de oppervlakte-energie van al deze zuren boven die van het azijnzuur bij dezelfde temperatuur ligt. Evenzoo door de kleinere oppervlakte-energie van het bismuthbromide, vergeleken met die van het bismuthchloride. In het laatste geval komt het meer metallieke karakter van bismuth te voorschijn, in het eerste de hogere ionisatiegraad van het dichloor- en trichloorazijnzuur in ver-

gelijking met dien van het monochloorazijnzuur en azijnzuur.

Dat de beteekenis van de specifieke oppervlakte-energie bij gesmolten zouten grooter is dan die van de moleculaire in verband met hun samenstelling, constitutie en innerlijken toestand (de oppervlakte inbegrepen); valt ook in het oog, wanneer men de z.g.n. moleculaire cohesie van de onderzochte vloeistoffen bij het smeltpunt en bij het kookpunt,

$$Ma_{sm}^2 = \frac{2 \chi_{sm} \cdot M}{g \cdot d_{sm} \cdot T_{sm}} \text{ en } Ma_k^2 = \frac{2 \chi_k \cdot M}{g \cdot d_k \cdot T_k}$$

berekent. Deze grootheden hebben volgens Walden²⁸⁾ voor z.g.n. „normale” vloeistoffen een approximatief constante waarde van 3.65, resp. 1.156. De eerste grootheid heeft volgens de resultaten van F. M. Jaeger, verkregen met typische gesmolten electrolyten (en ook met de bismuthzouten) op weinige uitzonderingen na een veel lagere waarde, b.v. 0.66—1.39 bij de alkalihalogeniden, bij welke groep van verbindingen zij grooter wordt met het stijgend atoomnummer van de betrokken atomen, vooral van het halogeen. Bijzonder groote waarden van Ma_{sm}^2 n.l. 10.6—29.7, hebben integendeel de neutrale glyceriden der vetzuren, wat waarschijnlijk met hun zeer groot molecuulair gewicht samenhangt.

III. Een verdere stap naar de richting van het successievelijk aanpakken der moeilijke kwestie van den innerlijken toestand der vloeistoffen werd in het Groningsch laboratorium gedaan door de onderzoekingen van Jaeger met B. Kapma²⁹⁾ over het geleidingsvermogen van electrolyten bij hoge temperaturen tot aan 1625° C.

De constructie van eene geschikte apparatuur, waarmee een voldoende nauwkeurigheid der metingen bij hoge temperaturen werkelijk bereikt kan worden, is een zeer moeilijk vraagstuk, want het toestel, dat de gesmolten massa en de elektroden bevat, mag tijdens eene reeks van waarnemingen geen door berekening of meting niet controleerbare verandering ondergaan. Het moet uit een materiaal bestaan, dat eene verontreiniging van den electrolyt ook bij extreme temperaturen uitsluit, en van zulke afmetingen en van een dusdanigen vorm zijn, dat de heele massa van den electrolyt gedurende de meting op een gelijkmatige temperatuur blijft. Bovendien is het noodzakelijk, dat geen onbepaalbare overgangswaarden tusschen den electrolyt en de elektroden optreden.

De opgave, deze hindernissen uit den weg te ruimen, hebben de onderzoekers op een ingenieuze wijze opgelost, door de eene van de volkomen symmetrisch gevormde elektroden (een cylinder met een daaraan bevestigden halven bol als bodem, uit zeer zuiver iridiumvrij platina vervaardigd) tegelijk als vat voor den electrolyt te gebruiken. Het is overbodig, hier nadere bijzonderheden dezer zorgvuldig doordachte apparatuur te beschrijven, zooals bijv. de inrichting voor het centreeren en justeren der elektroden en andere voorzorgen, die genomen werden, om zich tegen alle mogelijke stoornissen te verzekeren; wij moeten ons tot de opmerking beperken, dat de capa-

citeit van het meet-toestel berekend kan worden uit een gemakkelijk af te leiden formule

$$C = \frac{1}{0.8686 \pi h} \cdot 10 \log \frac{R(r+h)}{r(R+h)}$$

Hierin stelt R de binnenstraal van de buitenelectrode, r de buitenstraal van de binnenelectrode voor, en is h de diepte van den gesmolten electrolyt in het cylindervormig gedeelte van het vat. De capaciteit, die bij gewone temperatuur gemakkelijk experimenteel gecontroleerd kan worden door meting van het geleidingsvermogen van een bekende hoeveelheid eener oplossing van kalium-chloride van bekende concentratie, verandert natuurlijk met de temperatuur, maar dit is geen bezwaar, omdat de thermische uitzettingscoëfficiënt van platina nauwkeurig bekend is en de afhankelijkheid van het soortelijk gewicht der bestudeerde zouten van de temperatuur bij een vroegere gelegenheid, zooals reeds vermeld, door Jaeger met J. Kahn bepaald was.

Volgens de auteurs is de nauwkeurigheid van de methode 0.2—0.1 %, zelfs bij de hoogste temperaturen; hier is het gevaar van misvorming der elektroden echter al groot wegens de weekheid van zuiver platina onder deze omstandigheden. Dit kon misschien gemakkelijk worden verhinderd door de elektroden iets steviger te maken en uit een platina-rhodiumalliage te vervaardigen. In elk geval vereischt de methode, volgens de ervaring van den schrijver, een zeer goed ingewijden en stipten onderzoeker.

Volgens de verkregen resultaten is het specifiek en molecuulair geleidingsvermogen van de elf onderzochte alkalizouten in 't algemeen lineair afhankelijk van de temperatuur, zooals reeds de minder nauwkeurige metingen van vroegere onderzoekers lieten vermoeden. Slechts bij natriummolybdaat en wolframaat neemt de temperatuur-coëfficiënt met stijgende temperatuur iets af. Uit de metingen is ook duidelijk, dat in een reeks van zouten, afgeleid van een en hetzelfde zuur of een en hetzelfde metaal, het specifiek geleidingsvermogen bij dezelfde temperatuur, evenals zijn temperatuur-coëfficiënt des te lager is, naarmate het atoomnummer van het element, dat niet gemeen is aan alle leden der reeks hooger is. Het molecuulair geleidingsvermogen toont in het geval van chloriden niet deze regelmatigheid, wat geheel analoog is aan het gedrag van gesmolten zouten ten opzichte van de moleculaire oppervlakte-energie.

De lineaire afhankelijkheid van den temperatuur-coëfficiënt van het geleidingsvermogen der gesmolten electrolyten pleit zeer voor een eenvoudige en overeenstemmende moleculaire constitutie dezer vloeistoffen, aangezien ook andere eigenschappen, zooals het soortelijk gewicht en de vrije oppervlakte-energie, zich overeenkomstig gedragen. De dissociatiegraad van gesmolten zouten varieert waarschijnlijk zeer weinig met de temperatuur, en daar dit ook op grond van andere kennis, bijv. der kristalstructuur (van ionenroosters) aangenomen moet worden, bleef nog over om te onderzoeken, of het hooger worden van het electrisch geleidingsvermogen met de temperatuur niet slechts met een corresponderende daling van de viscositeit dier vloeistoffen samenhangt, welke tot dusverre niet met voldoende nauwkeurigheid in wijde temperatuurgebieden bestudeerd was.

²⁸⁾ F. M. Jaeger en B. Kapma, Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 26, 16 (1917); Z. anorg. Chem. 113, 27 (1920). B. Kapma: Proefschrift, Groningen 1917, „H.T.M.”, Chapter XVIII, blz. 308—322.

IV. Om deze redenen en op grond van den mogelijken samenhang met de verandering van de andere al onderzochte eigenschappen van gesmolten zouten met de temperatuur is nu ook de inwendige wrijving in het laboratorium van Prof. Jaeger aan de beurt gekomen. Aan R. S. Dantuma ³⁰⁾ werd opgedragen om voor de meting van de coëfficiënten van deze fysische grootheid ook onder zulke ongewone voorwaarden eene precisiemethode uit te werken.

De gebruikelijke methode van doorstroming van een bekend volumen vloeistof door een kapillaire buis is zeer ongeschikt voor het gestelde doel, en wel om dezelfde redenen als de methode van opstijging der vloeistoffen in kapillaire buizen voor de meting van de oppervlaktespanning bij hoge temperaturen. Men nam dus zijn toevlucht tot een speciale methode, welke grondslag juist tegengesteld is aan dien van de afgekeurde werkwijze. Zij berust op de bepaling van het z.g.n. „logarithmisch decrement” der deviaties van de door de wrijving gedempte torsieslinteringen van een in de vloeistof ingedompelden bol van iridiumvrij platina van 2 cm doorsnede met een ingeschroefd platinastaafje, verbonden met een stalen ophangdraad. Een dergelijke methode was reeds vroeger, ofschoon niet met voldoende nauwkeurigheid bij gesmolten zouten toegepast door verscheidene onderzoekers, zooals Fawcitt ³¹⁾ en R. Lorenz en Höchberg ³²⁾. Gunstig was, dat sedert eenigen tijd de methode door J. E. Verschaffelt die haar met Nicaise ³³⁾ bij het onderzoek van gecondenseerde gassen gebezigd had, theoretisch goed gefundeerd was.

Ook hier moeten wij van de beschrijving van vele mooie details der experimenteele inrichting afzien. Het spreekt vanzelf, dat alle pogingen in het werk werden gesteld om ook hier alle mogelijke bronnen van fouten en stoornissen, die bij hoge temperaturen op kunnen treden, te vermijden. De uitwijkingen van den bol werden automatisch geregistreerd op photographisch papier, dat tegelijk ook de regelmatige tijdsignalen opnam, opdat de waarnemer voor het reguleeren der temperatuur van den oven kon zorgen. De bijzonder voor dit onderzoek gebouwde oven moest een zoo groote warmtecapaciteit hebben, dat de verhittingsstroom gedurende de meting kon worden uitgeschakeld, zonder dat de temperatuur merkbaar daalde, om het optreden van Foucaultsche stroomen in het slingerend systeem te verhinderen. De temperatuurverdeling in de binnenruimte van den oven moest ook bijzonder gelijkmatig zijn.

Nadat de methode bij gewone temperatuur met vloeistoffen van goed bekende viscositeit zeer bevredigende resultaten had opgeleverd, heeft men de coëfficiënten der inwendige wrijving van gesmolten kalium-, natrium- en lithiumnitraat, evenals van het gesmolten natriumchloride in afhankelijkheid van de temperatuur tot aan de hoogste door de experimenteele inrichting en het speciaal gedrag der gebezigde zouten toelaatbare grens (1000° C. bij het natriumchloride) gemeten. De uitkomsten stemmen voor de

nitraten goed overeen met die van Goodwin en Mailey ³⁴⁾ en R. Lorenz en Kalmus ³⁵⁾. Alleen die voor het lithiumzout zijn aanzienlijk hooger, waarschijnlijk tengevolge van een bijzonder zorgvuldige zuivering, waaraan het zout moest worden onderworpen, om het volkomen watervrij te maken.

De onafhankelijkheid der wrijvingscoëfficiënten van de temperatuur is, op grond van de verkregen resultaten, bij geen van de bestudeerde zouten lineair, en de afwijkingen van de lineariteit zijn, vooral bij het lithiumnitraat, zoo groot, dat er geen sprake kan zijn van eene evenredigheid tusschen de fluiditeit en het electrisch geleidingsvermogen van gesmolten zouten.

V. De verwezenlijking van het in de „Anleitung” aangekondigd programma wordt bekroond door de grootsch aangelegde en zorgvuldig voorbereide onderzoekingen over de nauwkeurige bepaling der soortelijke warmte van vaste stoffen tusschen 0° en 1625° C., uitgevoerd onder experimenteele medewerking voornamelijk van E. Rosenbohm en gedeeltelijk ook van J. A. Bottema en W. A. Feenstra. Deze onderzoekingen zijn ondernomen zoowel met het oog op de ontoereikende en onnauwkeurige experimenteele kennis der soortelijke warmte van vaste stoffen en van hare afhankelijkheid van de temperatuur in het gebied van hoge temperaturen, welke weinige jaren geleden nog zeer gering was, als ook op grond van den zeer onbevredigenden staat der desbetreffende theorieën, die wel het thermisch gedrag van vaste stoffen in dit opzicht, vooral bij zeer lage temperaturen, op een frappant volmaakte wijze verklaren, doch reeds bij middelmatig hoge temperaturen den experimenteele onderzoeker volkomen in den steek laten. Immers, de theoretische „grenswaarde” $3R$ der atoomwarmte C_v van vaste elementen wordt dikwijls reeds in de nabijheid van de kamertemperatuur overschreden! Ook de wet van de additiviteit der atoomwarmten van de elementen in vaste chemische verbindingen en in mengkristallen was tot voor kort niet met voldoende nauwkeurigheid aan de ervaring getoetst.

De calorimeters, waarmee op 't oogenblik Prof. Jaeger, steunende op de groote, reeds meer dan twintig jaren groeiende ervaring in het moeizame werk bij hoge temperaturen bezig is, om althans de eerste en de laatste van de juist genoemde leemten in onze kennis op het zoo juist omschreven gebied der fysische chemie — of beter misschien der chemische physica — aan te vullen, zijn van het metaalblok-type. Dergelijke apparaten werden het eerst gebruikt door Nernst, Koref en Lindemann ³⁷⁾; zij lijken op het eerste gezicht het meest op het toestel

³⁴⁾ Phys. Rev. 26, 28 (1908).

³⁵⁾ Z. physik. Chem. 59, 244 (1907).

³⁶⁾ De eerste resultaten tot 1930 zijn samengevat in „H.T.M.”, blz. 343—401. Voor de apparatuur en methode zie vooral: F. M. Jaeger en E. Rosenbohm: Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 36, 763 (1927); Rec. trav. chim. 47, 513 (1928); Proc. Acad. Sci. Amsterdam 33, 457 (1930); Rec. trav. chim. 51, 457 (1932). F. M. Jaeger, E. Rosenbohm en J. A. Bottema, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 35, 347 (1932); Rec. trav. chim. 52, 61 (1933). Een nieuwer overzicht is verschenen in Bull. soc. chim. Belg. 41, 30 (1932). Zie ook: Handel. Ned. Nat.-Geneesk. Congr. 1933, 130.

³⁷⁾ Sitz. ber. Akad. Wiss. Berlin 1910, blz. 247; Ann. Physik (4) 36, 49 (1911).

³⁰⁾ R. S. Dantuma: Proefschrift, Groningen, 1927; Z. anorg. Chem. 175, 1 (1929), „H.T.M.”, Chapter XVIII, p. 323—342.

³¹⁾ Proc. Roy. Soc. London A, 80, 290 (1908).

³²⁾ Z. anorg. Chem. 94, 317 (1916).

³³⁾ Comm. Phys. Lab. Leiden, 1915—19, No. 148, 149, 151 en 153.

van A. Magnus ³⁸⁾, maar zijn grooter en in menige richting doordachter en volmaakter. In de laatste jaren zijn er ook vele verbeteringen van principieel aard aangebracht, zoodat de tegenwoordige onzekerheid der bepalingen van soortelijke warmten bij constanten druk 0.1 tot hoogstens 0.2 % van hun absolute waarden uitmaakt in het ruime temperatuurgebied van 0° tot 1625° C. De capaciteit van het toestel is reproduceerbaar op 1 : 15000 nauwkeurig ³⁹⁾, dus met eene exactheid, die meer dan voldoende is, aangezien de temperatuur van den verhittingsoven niet met zulke nauwkeurigheid bepaald kan worden.

De eigenlijke calorimeter is een zwaar cilindrisch roodkoperen blok, van buiten door een laag nikkel beschut; zijn conische holte is met zeer zuiver platina bekleed. Het blok is in een wijd Dewar-vat geplaatst; de nauwe tusschenruimte moet met een materiaal dat de warmte goed geleidt, zooals graphiet, gevuld zijn. De buitenwand van het Dewar-vat is in directe aanraking met het stilstaand water van den binnensten watermantel, die omgeven is door een groot waterreservoir; het water — 260 kg — wordt krachtig geroerd en tegelijk door het holle buitendeksel — bevattende 29 kg water — gepompt. Het Dewar-vat is van boven afgesloten door een ebonieten deksel, voorzien van een porceleinen valbuis, waardoor de geëvacueerde, met de te bestudeeren stof gevulde en in den oven op bepaalde temperatuur verhitte dichtgesmolten kroes uit iridiumvrij platina van denzelfden vorm als die van de boring van het koperen blok, in den calorimeter valt en tegelijkertijd een speciaal afsluitingsmechanisme losmaakt. De temperatuur van het calorimeterblok wordt gemeten met behulp van 60 thermoelementen uit koper-constantaan, die in vier seriën met de eene soldeerplaats in de wanden van het calorimeterblok op een bijzondere manier symmetrisch zijn ingezet; hun andere soldeerplaatsen zijn op dezelfde wijze in een kleiner koperen blok, gemonteerd, dat in een ander Dewar-vat geplaatst is; dit laatste is eveneens omgeven door het water van den binnen-watermantel. Men leze de vele andere interessante bijzonderheden van de constructie in de origineele verhandelingen na.

De temperatuur van het water-reservoir, dat van buiten nog behoorlijk geïsoleerd is, kan met behulp van een zeer gevoeligen thermoreguleur, verbonden met een speciaal relais-systeem, op 0.00001° C. na constant worden gehouden. Elke microvolt der met de zestig thermoelementen gemeten thermokracht komt overeen met 0.000413° C., en daar 0.02 microvolt nog goed op de galvanometerschaal af te lezen is, bestaat de mogelijkheid, om een temperatuurverandering van slechts 8.10–6° C. met zekerheid vast te stellen. Bijzondere voorzorgen werden genomen om de warmtestraling van den oven door geschikt geplaatste waterschermen van den calorimeter af te houden en om de kamertemperatuur op de vereischte constante waarde te houden.

In het volgende moeten wij ons beperken tot eene korte vermelding der tot dusverre verkregen alge-

meene resultaten van deze belangrijke onderzoekingen; wij zullen iets langer stilstaan bij die uitkomsten, welke in het bijzonder de aandacht van chemici kunnen trekken en ons niet bezighouden met de wijze, waarop de soortelijke warmten uit de direct gemeten grootheden berekend zijn.

Van de elementen zijn tot nu toe bestudeerd vooral de zes metalen der platina-groep, ruthenium, rhodium, palladium, osmium, iridium en platina, en verder wolfram, rhenium, koper, zilver, goud en beryllium. Voor zoover het mogelijk was, zijn ook de soortelijke warmten bij constant volume berekend met behulp van de bekende thermodynamische formule

$$c_p - c_v = \frac{0.0234 (3\alpha)^2 T}{\kappa \cdot d}$$

voor metalen, wier kubieke uitzettingscoëfficiënten voor de warmte 3α en compressibiliteiten κ in kg/cm² goed bekend zijn.

Bij de meeste van de onderzochte metalen wordt de theoretische limiet 5.958 cal. der atoomwarmte bij constant volume al tusschen 0° en 150° C. overschreden, om ver voor het smeltpunt nog veel grotere waarden te bereiken. Zoo heeft bijv. bij 1600° C. voor platina C_v een waarde van 7.079, voor wolfram 6.850, voor iridium 7.860 cal. De atoomwarmte bij constanten druk C_p bereikt soms zelfs enorme waarden, bijv. van 12 cal. voor het ijzer bij 1405° C. en 13 cal. voor het kobalt bij 1200° C.

Een merkwaardig en onverwacht verschijnsel deed zich het eerst bij het palladium ⁴¹⁾ (smeltpunt 1549.2° C.) voor, n.l. het volkomen reproduceerbaar optreden van een duidelijk maximum in de C_p — t -kromme bij ongeveer 1520° C., dat op de berekende C_v — t -kromme reeds in de buurt van 1320° C. verschijnt. Veel meer geprononceerd is zulk een maximum bij het rhodium ⁴²⁾ (smeltpunt 1970° C.), waar het voor C_p bij 1200° C. en voor C_v bij ongeveer 1100° C. gevonden is. Terwijl men nu het maximum in het geval van palladium in verband zou kunnen brengen met het feit, dat het smeltpunt zoo nabij is, bestaat deze mogelijkheid bij rhodium niet. Rhodium toont ook, in tegenstelling tot palladium, in de omgeving der temperatuur van het maximum een interessante inflexie van de kromme, die de verandering van den elektrischen weerstand met de temperatuur weergeeft ⁴³⁾. Ook zijn andere eigenschappen, bijv. de photoelectrische en thermionische emissie ⁴⁴⁾ en de warmtestraling ⁴⁵⁾ toonen karakteristieke onregelmatigheden boven 1000° C., wanneer men ze in afhankelijkheid van de temperatuur bestudeert.

Bij het roentgenographisch onderzoek der kristalstructuur van rhodium vonden F. M. Jaeger en J. E. Zaanstra ⁴⁶⁾, dat een rhodiumdraad bij hogere temperaturen een kubieke planicentrische structuur ($\alpha_0 = 3.79 \text{ \AA}$) heeft, terwijl het electrolytisch bereide metaal een mengsel is van twee verschillende modificaties in veranderlijke hoeveelheden. Hiervan is de eene met de reeds vermelde β -modificatie iden-

³⁸⁾ Physik. Z. 14, 5 (1913), Ann. Physik (4) 48, 193 (1915); ibid. 70, 333 (1923), A. Magnus en A. Hodler, Ibid. (4) 80, 808 (1926).

³⁹⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 808 (1931).

⁴⁰⁾ Voor deze gewichtige en tamelijk verrassende bijzonderheid zie: Rec. trav. chim. 51, 3—4 (1932); ibid. 52, 66 (1933).

⁴¹⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 33, 462 (1930); Rec. trav. chim. 51, 13 (1932).

⁴²⁾ Dezelfden: Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 88 (1931); Rec. trav. chim. 51, 18 (1932).

⁴³⁾ Ibid. blz. 93, resp. 20.

⁴⁴⁾ E. H. Dixon, Phys. Rev. 37, 60 (1931).

⁴⁵⁾ Mendenhall en Ingersoll, Phil. Mag. 15, 205 (1908).

⁴⁶⁾ Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 15 (1931).

tiek, terwijl de andere — de α -modificatie, die ook kubisch is, maar met $a = 9.211 \text{ \AA}$ — bij alle temperaturen beneden 1000° C. naast de eerste bestaat. Hare hoeveelheid vermindert met stijgende temperatuur, om boven 1400° C. heelemaal te verdwijnen. Deze allotropie bezit alle kentekenen van een dynamisch evenwicht, dat zich geleidelijk verplaatst met de temperatuur.

Heel anders is het gedrag van het derde lid dezer triade, het ruthenium⁴⁷⁾, waar de C_p -t-kromme met haar scherpe richtingswisselingen buitengewoon duidelijk de existentie van vier verschillende allotrope modificaties verraad; een mooi bewijs voor de gevoeligheid en uitstekende bruikbaarheid van de gebezigde calorimetrische methode voor het onderzoek van zulke verschijnselen. De overgangstemperaturen konden echter niet met een bijzonder groote nauwkeurigheid bepaald worden; zij liggen voor den overgang $\alpha \rightarrow \beta$ bij 1035° C. , voor $\beta \rightarrow \gamma$ beneden 1200° C. en voor $\gamma \rightarrow \delta$ bij ongev. 1500° C. Slechts de hexagonale α -modificatie is goed bekend, omdat het broze metaal niet geschikt is voor een structuuronderzoek bij hogere temperaturen.

Wanneer men nu de gegevens van andere auteurs omtrent de afhankelijkheid der atoomwarmten van de elementen der ijzer-triade van de temperatuur nagaat⁴⁸⁾, valt dadelijk een duidelijk parallelisme met het gedrag van rhodium in het oog, vooral bij het ijzer, dat ook drie overgangen toont, overeenkomend met de vier goed bekende modificaties α -, β -, γ - en δ -Fe. Ook kobalt en nikkel hebben ieder minstens drie verschillende modificaties, ofschoon hier de overgangstemperaturen niet zoo nauwkeurig bekend zijn als bij het ijzer. Bij al deze drie metalen en bij het ruthenium heeft elke van de allotrope modificaties een min of meer scherp begrensde existentiegebied, waarin zij uitsluitend stabiel is.

Bij de metalen der derde, zwaarste triade, osmium, iridium en platina is de atoomwarmte strikt lineair afhankelijk van de temperatuur.⁴⁹⁾ Geen van hun andere fysische eigenschappen wijst ook op eene allotropie. Wij hebben dus in de reeks der elementen der achtste groep van het periodiek systeem een geregelde overgang van de elementen met een geprotonceerde statische allotropie — Fe, Co, Ni, Ru — over de elementen met dynamische allotropie — Rh, Pd, waarbij die van het palladium minder duidelijk is — tot de elementen zonder eenige allotropie — Os, Ir, Pt —. Ruthenium blijkt in dit opzicht een echte homoloog van het ijzer te zijn; niet alleen hebben beide vier goed gedefinieerde allotrope modificaties, maar ook de temperatuur-koëfficiënt der atoomwarmte heeft de kleinste waarde in hunne β -modificaties.

Het is niet zonder interesse, dat de metalen wolfraam⁵⁰⁾, hetwelk oorspronkelijk vele moeilijkheden

opleverde wegens oxydatie⁵¹⁾, en rhenium⁵²⁾, dat 3.5 % van het vluchtig heptoxyde bevatte, zich in het lineair verloop van hun C_p -t-functies geheel aan de daaropvolgende elementen osmium, iridium en platina aansluiten.⁵³⁾

Een andere gewichtige ervaring, opgedaan gedurende deze uitgebreide onderzoekingen, is, dat nauwkeurig reproduceerbare waarden van soortelijke warmten der metalen, ook in de gevallen waar geen allotropie bestaat, slechts dan verkregen kunnen worden, wanneer de metalen door een lange verhitting bij een hooge temperatuur gestabiliseerd zijn.⁵⁴⁾ Dit feit verklaart ook de soms tamelijk groote verschillen in de gegevens van verscheidene onderzoekers en vereischt eigenlijk, dat zelfs in hetzelfde laboratorium twee met eigen apparatuur onafhankelijk werkende waarnemers elkaar controleeren. Zoo gaf b.v. platina in den vorm van snel gekoelde kogeltjes aanzienlijk lagere waarden der soortelijke warmte, die echter geheel normaal werden, nadat het metaal gedurende eenige uren op 1600° C. verhit was. Ook koper en goud⁵⁵⁾ gedroegen zich verschillend al naar de voorbewerking. Bij het zilver konden later⁵⁶⁾ de hogere waarden der soortelijke warmte, verkregen bij hogere temperaturen, na een langere verhitting onder toetreding van lucht gedeeltelijk verklaard worden door opneming van zuurstof. Bij laten liggen van zulk zilver bij gewone temperatuur wordt de zuurstof weer langzaam afgegeven, zoodat dan de opnieuw bepaalde specifieke warmte gelijk is aan die, welke met het in vacuo verhit metaal verkregen wordt. Na verhitting in lucht op 940° C. wordt de soortelijke warmte weer verhoogd.

Zeër merkwaardig is echter het gedrag van beryllium⁵⁷⁾ en zirkoon⁵⁸⁾ na eene voorafgaande verhitting boven 420° C. De afgifte van warmte aan den calorimeter geschiedt dan buitengewoon veel langzamer, en het duurt zeer lang ($\pm$ een jaar), voor het metaal weer in den normalen toestand terugkeert en deze eigenschap verliest, die noch door een warmte-effect, noch door eene daling van het geleidingsvermogen voor de warmte veroorzaakt wordt, zooals door speciale proeven te bewijzen was. Ook de soortelijke gewichten van verhit en van normaal beryllium zijn practisch gelijk. Een nader roentgenometrisch structuur-onderzoek⁵⁹⁾ toonde aan, dat door verhitting bij 650° C. een nieuwe modificatie (β -Be) met meetbare snelheid ontstaat, wier „concentratie” echter niet boven 10 % stijgt, en die bij lage temperaturen slechts langzaam in de α -modificatie overgaat, zonder heelemaal te verdwijnen. Hiermee kan men ook verklaren, waarom de fysische eigenschappen van beryllium niet geheel constant zijn.

⁵¹⁾ Ibid. 46, 30, 1096 (1927), resp. 47, 546 (1928).

⁵²⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 36, 786 (1933).

⁵³⁾ Zie onder ⁴⁸⁾.

⁵⁴⁾ F. M. Jaeger, E. Rosenbohm en J. A. Bottema, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 35, 763 (1932).

⁵⁵⁾ Dezelfden: Ibid. 35, 772 (1932).

⁵⁶⁾ F. M. Jaeger, E. Rosenbohm en W. A. Veenstra: Ibid. 36, 291 (1933).

⁵⁷⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 35, 1055 (1932).

⁵⁸⁾ F. M. Jaeger, Handel. Ned. Nat.-Geneesk. Congr. 1933, 130.

⁵⁹⁾ F. M. Jaeger en J. E. Zanstra, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 36, 636 (1933).

⁴⁷⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm: Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 812 (1934), Rec. trav. chim. 51, 32 (1932).

⁴⁸⁾ Dezelfden: Proc. Acad. Sci. Amsterdam 34, 808 (1931); Rec. trav. chim. 51, 38 (1932); F. M. Jaeger Z. anorg. allgem. 203, 97 (1931).

⁴⁹⁾ Ibid. blz. 822, resp. 45.

⁵⁰⁾ F. M. Jaeger en E. Rosenbohm, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 33, 467 (1930), Rec. trav. chim. 51, 7 (1932).

Daar echter de eigenaardige hysteresis der afgifte van warmte zich bij beryllium en zirkoon reeds lang openbaart, vóór een overgang voltooid is en daar verder de veranderingen in het metaal langzaam reversibel zijn en in tegenwoordigheid van sporen oxyde niet plaats grijpen, denkt Prof. Jaeger, dat zij in verband moeten staan met ingrijpende veranderingen niet slechts der roosterstructuur, maar ook der atoomstructuur.

Er blijft nog een en ander te zeggen over de resultaten der onderzoekingen, die verricht werden, om de wet van Neumann, Regnault, Joule, Kopp en anderen omtrent de additiviteit der atoomwarmten in chemische verbindingen op de proef te stellen. ⁶⁰⁾ Bovendien dienen wij na te gaan, in hoeverre de atoomwarmten gewijzigd worden, wanneer twee metalen een onafgebroken mengkristalreeks vormen ⁶¹⁾, wat niet gemakkelijk is, omdat hiervoor zeer nauwkeurige en ook bij hoge temperaturen goed reproduceerbare gegevens van atoomwarmten, verkregen met „gestabiliseerde” metalen, noodig zijn, en de bestudeerde verbindingen zeer zuiver en volkomen vrij van bijgemengde componenten moeten wezen. Dit laatste kan met behulp van Roentgen-stralen worden onderzocht.

Er is gebleken, dat de genoemde additiviteitswet voor intermetallieke verbindingen van platina en tin (PtSn), van goud en tin (AuSn) en van goud en antimoon (AuSb₂) niet geldig is. De afwijkingen zijn zoowel negatief — C_p^{PtSn} is kleiner dan de som $C_p^{Pt} + C_p^{Sn}$, afwijking 4.5—8.7 % van de som der atoomwarmten; C_p^{AuSn} is kleiner dan $C_p^{Au} + C_p^{Sn}$, afwijking 12 % — als positief — $C_p^{AuSb_2}$ is groter dan $C_p^{Au} + 2 C_p^{Sb}$ — en zijn niet symbaat met de afwijkingen van het moleculair volumen der verbinding van de som der atoomvolumina der elementen, zooals soms wordt verondersteld. ⁶²⁾ De afwijkingen stijgen regelmatig met de temperatuur. Grote complicaties treden op, wanneer de verbinding polymorph is, zooals AuSb₂. Bovendien kan de „virtuele” atoomwarmte van een en hetzelfde element in twee zelfs geheel analoog gebouwde verbindingen, bijv. van tin in PtSn en AuSn, die men krijgt door van de moleculaire warmte de atoomwarmte van het andere element af te trekken, zeer verschillend zijn (bijv. in AuSn hooger dan in PtSn). Dit bewijst ook de berekening ⁶³⁾ der schijnbare atoomwarmte voor zuurstof door van de door L. Wöhler en N. Nochem ⁶⁴⁾ verkregen waarden voor CuO, Cu₂O, IrO₂, Rh₂O₃, RhO en Rh₂O de in het Groningsch laboratorium gemeten atoomwarmten der betrokken metalen voor overeenstemmende temperatuurgebieden af te trekken. Zoowel de absolute waarden van de berekende schijnbare atoomwarmten, als hun afhankelijkheid van de temperatuur, zijn voor verschillende oxyden, zelfs van een en hetzelfde element in diverse valentietoestanden, verschillend. Eigenlijk worden volgens deze uitkomsten de atoomwarmten van alle elementen, waaruit de verbinding gevormd is, op een

moeilijk berekenbare wijze veranderd en is de trilingstoestand van een bepaald soort van atomen, zelfs in zeer verwante verbindingen, in hooge mate afhankelijk van de consorten, die zich er mee hebben verbonden.

Bij mengkristallen zijn de afwijkingen van de additiviteit der atoomwarmten veel kleiner en beginnen bij de vaste oplossingen van zilver en goud eerst boven 600° C. groter te worden dan de onzekerheid der berekening.

De boven vermelde, door Prof. F. M. Jaeger en zijne leerlingen ontdekte en tot kort geleden grootendeels onvoorziene verschijnselen, die den innerlijken toestand der metalen veel minder eenvoudig doen blijken, dan men gewoonlijk geneigd is te veronderstellen, en die tot een zekeren graad de conjecturen van E. Cohen ⁶⁵⁾ over de metastabiliteit van stoffen in den „zuiveren” toestand bevestigen, zullen zeker een fundamentele rol spelen in de ontwikkeling van een toekomstige theorie der soortelijke warmten van vaste stoffen bij hoge temperaturen, die vroeger of later de tegenwoordige voor hogere temperaturen ontoereikende theorieën zal moeten aanvullen of vervangen.

Wij zijn aan het eind gekomen van ons compact overzicht over een rijken oogst, ingehaald door een moeizaam, volhardend werk op den geenszins gemakkelijk te bebouwen grond der physische chemie van de hoge temperaturen. Professor F. M. Jaeger, zijne medewerkers en zijn vaderland mogen er trotsch op zijn, en wij moeten slechts den wensch koesteren, dat het onzen jubilaris nog lang moge gegund zijn te doen, wat de zinspreuk was ook van een Michael Faraday: „Work, finish, publish!”

B r n o. Fysisch-chemisch laboratorium der Masayk-Universiteit, Februari 1934.

548 : 92 J

JAEGER ALS KRISTALLOGRAAF.

Nadat in het begin van de 19de eeuw door Mitscherlich het begrip isomorfie was ingevoerd, volgde voor de chemische kristallografie een tijd van verwarring en twijfel. Men vond meermalen tusschen analoge chemische verbindingen treffende kristallografische gelijkenissen, maar men slaagde er niet in, eenig overzicht over de gevonden feiten te verkrijgen. Dit gelukte pas tot zekere hoogte toen Groth, voortbouwende op het werk van Hjortdahl, het begrip morfotropie had ingevoerd en duidelijk het verschil met isomorfie naar voren had gebracht. Het trof gelukkig, dat deze verheldering der chemisch-kristallografische inzichten viel in een tijdperk, dat een enorm opbloei bracht van de organische scheikunde. De kristallografen kregen daardoor de beschikking over een groot aantal goed kristalliseerende stoffen, waarvan de samenstelling en chemische verwantschap door de scheikundigen waren vastgesteld. Zoo was er tegen het einde van de 19de eeuw een enorm stuk kristallografisch werk voor den boeg. Het moet met een onbedaarlijke werklust en een bergen verzet

⁶⁰⁾ F. M. Jaeger en J. A. Bottema, Proc. Acad. Sci. Amsterdam 35, 352 (1932), ibid. 35, 916; Rec. trav. chim. 52, 89 (1933).

⁶¹⁾ Dezelfden: Ibid. 35, 929 (1932), resp. 52, 109 (1933).

⁶²⁾ G. Tammann en A. Rohmann: Z. anorg. allgem. Chem. 190, 227 (1930).

⁶³⁾ F. M. Jaeger: Chem. Weekblad 31, 60 (1934).

⁶⁴⁾ Z. physik. Chem. 167 A, 169 (1933).

⁶⁵⁾ E. Cohen: Z. Elektrochem. 31, 539 (1925).

tende werkkraft geweest zijn, dat Jaeger zich op het toen in het middelpunt van de belangstelling staande vraagstuk der morfotropie wierp. Er moesten een zeer groot aantal stoffen kristallografisch worden onderzocht en beschreven. Dat is geen kleinigheid: zône voor zône ieder kristalletje op den goniometer dóórmeten; daarna de gemeten hoeken controleeren door vaak zeer vervelende trigonometrische berekeningen en ten slotte in een nauwkeurig geconstrueerde kristalteekening de vlakkenontwikkeling samenvatten. Bij vlakkenrijke kristallen kan de meting zeer tijdroovend worden, vooreerst door het groote aantal zônes, die gemeten moeten worden, maar vooral doordat men zoo uiterst voorzichtig moet zijn met het samenvoegen der gemeten zônes. De door Jaeger gevolgde meetmethode toch bestaat in het uiteenleggen van het ruimtelijk probleem in een aantal vlakke problemen en het daarna samenvoegen der gevonden waarden tot het gevraagde ruimtelijke resultaat. Men ziet gemakkelijk in, dat, als verschillende zônes ongeveer gelijke hoekwaarden vertoonen, er groote opletendheid noodig is om vergissingen in het samenvoegen der zônes te voorkomen. Victor Goldschmidt (Heidelberg) zei eens hiervan ".....: it consisted, of one-circle measurement of crystals, calculation with spherical trigonometry, and drawing on the axes, so difficult an art that only masters like Gerhard vom Rath could handle complicated cases". Van de 8 à 9 duizend kristalbeschrijvingen nu, die vóór 1920 gepubliceerd zijn door een tweehonderdtal auteurs, zijn er bijna 450 afkomstig van Jaeger (ongeveer 90% daarvan behooren tot de trimetrische stelsels!).

Voor morphotropische onderzoekingen heeft men reeksen noodig, waarvan de leden door zekere substituties uit elkaar kunnen worden afgeleid. De eerste en allergrootste moeilijkheid voor den kristallograaf is dikwijls het verkrijgen van deze stoffen. Het is nu merkwaardig te zien, hoe spoedig Jaeger na zijn eerste kristallografische publicaties van wijd en zijd zeldzame en nieuwe stoffen voor kristallografisch onderzoek krijgt toegezonden. Zoo wordt hij in staat gesteld een groot aantal reeksen te onderzoeken, waarvan de voornaamste zijn:

de tribroomtoluolen, de dinitromonobroomtoluolen, de mononitrodibroomtoluolen, genitreeerde anisolen, halogeenderivaten van benzoëzuur, zure alkalizouten van trichloorazijnzuur, aethylsulfaten der zeldzame aarden, derivaten van benzophenon, e. a.

Eenige opmerkelijke resultaten van deze onderzoekingen mogen hier volgen. Op bldz. 191 van „Kristallografische en moleculaire symmetrie van plaatsings-isomere benzolderivaten“, Proefschrift, Leiden 9 Oktober 1903, leest men: „De chemische molekulen van 1-2-3-5-, en 1-2-4-6-tribroomtoluol bezitten eenen slechts zeer weinig verschillende molekulair bouw dit nauwe verband tusschen beide molekulen zal wellicht kunnen voortspuiten uit een zeer groote overeenkomst, — in zekeren zin althans, — b.v. in ruimtelijke uitgebreidheid, tusschen (CH₃) en Br op de plaatsen 1 en 2“. Ziedaar een uitspraak, 10 jaar vóór de ontdekking van Laue, die thans ná 20 jaar röntgenografisch onderzoek van kristalstructuren volmaakt modern aandoet.

Een onderzoek van een aantal nitro- en nitroso-substitutieproducten voerde in 1906 o.a. tot de uitspraak: „Der Hauptfactor, welcher den Zusammenhang zwischen Krystallform und chemischer Natur organischer Körper beherrscht, ist nicht der chemische Gesamtcharakter der Verbindung, sondern ihre räumliche Configuration“. Het artikel: „Über einen bemerkenswerten Fall von Isopolymorphie bei den Salzen der Alkalimetalle“ eindigt met: „Aus diesen und früheren Untersuchungen über die morphotropische Verwandtschaft der Alkalimetalle wird der Schluss gezogen, dass es nicht zutrifft, jetzt schon gewisse Gesetzmäßigkeiten bei einzelnen Reihen als allgemein in den Vordergrund zu stellen. Vielmehr müssen bei der ausserordentlichen Verwickeltheit des ganzen Problems alle solche Versuche als verfrüht bezeichnet werden“. Deze wel gefundeerde opmerking was vooral gericht tegen den beroemden Engelschen kristallograaf Tutton, die, met negatie der resultaten van anderen, maar steeds doorging de uitkomsten van zijn onderzoek der alkalisulfaten, -selenaten, -dubbelsulfaten en -dubbelselenaten als de geopenbaarde waarheid te pousseeren. Jaeger zag daarentegen zeer duidelijk, dat de kwestie der morfotropie eigenlijk wanhopig gecompliceerd is; vandaar zeker ook zijn eerlijke verzuchting in 1916:

„Es ist nicht leicht einen allgemein gültigen morphotropischen Zusammenhang bei den Benzophenon-derivaten fest zu stellen“.

Het door zijn morfotropische studies gewonnen inzicht omtrent het primaire belang der ruimtelijke configuratie was het wellicht dat maakte, dat juist Jaeger zoo scherp een principieel verschil zag tusschen den inhoud van Pasteur's beginsel en die van de leer der asymmetrische atomen van Le Bel en Van 't Hoff. Hij heeft dat o.a. in dit weekblad (1917) duidelijk uiteengezet. Een reeks zeer fraaie kristallografische onderzoekingen van een aantal koördinatieve metaalverbindingen was het gevolg. Zij leidden tot de uitspraak: „C'est donc bien le manque de contraste chimique entre les radicaux attachés à l'atome métallique central, qui se fait sentir, cette fois, par la faiblesse du développement des formes méroédriques; tandis que l'activité optique, de son côté, semble être principalement dominé par l'arrangement dissymétrique, qui est à son tour indépendant des différences ou de l'identité de ces substituants“.

De voortzetting van dit onderzoek leidde tot de synthese van de koördinatieve verbindingen van kobalt en rhodium met de axiale isomeren van diaminocyclopentaan. De eigenschappen van deze stoffen zijn buitengemeen interessant: ten eerste: "this reminds us althogether of the well-known highly specific action of optically-active ferments and enzymes on attackable substrates of enantiomorphous configurations" en ten tweede hebben we hier gevallen voor ons van "different absorption of a right- and lefthanded circular vibration by an optically-active medium; — a fact which is at the very bottom of the solution of the famous problem of the so-called total asymmetrical synthesis in the vegetable cells under the influence of light-radiation, i.e. by photochemical processes going on in them".

Voor al ook naar aanleiding van deze onderzoeken nam Jaeger herhaaldelijk de gelegenheid waar om de scheikundigen te wijzen op het uitnemend belang, dat voor hen de studie der symmetrieleer heeft. Met zijn boek „Lectures on the principle of symmetry” stelde hij hun in de gelegenheid, zich de voordeelen van een juist inzicht in deze zaken op boeiende wijze te verwerven. (Het is opmerkelijk, dat in Jaeger's proefschrift reeds a. h. w. een „prodromus” van dit boek is te vinden).

Bij de studie der tribroomtoluolen, enz. werden tevens smeltpunten van verschillende mengsels bepaald. Waar Jaeger daardoor gewoon was met een z.g. kristallisatiemikroskoop te werken, is het geen wonder hem ook te vinden onder de belangrijkste oudere waarnemers op het gebied der z.g. vloeibare kristallen. Men zie daarvoor o.a. Zeitschrift für Kristallographie Band 45, bldz. 412. Later schijnen deze stoffen hem minder te hebben geboeid, evenals dit het geval was met zijn vroegere, vruchtbare onderzoeken omtrent het geleidingsvermogen van kristallen voor warmte en electriciteit. Hij ontdekte hierbij o.a., dat het electrisch geleidingsvermogen van het mineraal antimoniet sterken invloed ondervindt van den aard en de sterkte der belichting.

Er is een (lichtelijk spottende) uitspraak van den ouden Goldschmidt: „The morphologists are old-fashioned folk; their methods are superseded. They have their place since we can take our material to them to have it arranged, but we, the physicists and the mathematicians, pursue the true science”. Jaeger's werk is wel het beste bewijs, dat er omtrent de plaats van de röntgenografie ook een andere opvatting mogelijk is: de opvatting n.l., die de röntgenografie ziet als een belangrijk hoofdstuk der kristallografie, waarop de taak blijft rusten, haar thans soms alles overstralende successen ten slotte in te voegen tusschen de wel vastgelegde waarnemingsresultaten der morfologen. Jaeger's uitgebreide en diepgaande „ouderwetsche” kennis van kristallen en kristallografische methoden was voor hem geen hinderlijke bagage, toen, na de ontdekking van Laue, het nieuw geopende gebied moest worden verkend. Integendeel, juist die bagage stelde hem in staat, van begin af aan mee aan de spits te marcheerden. Zoo ontstond de reeks onderzoeken van Haga en Jaeger omtrent de toepassing van Laue-photo's voor symmetriebepalingen van kristallen. Daardoor werden de mogelijkheden en de grenzen der nieuwe methoden aan het licht gebracht. Een oplettend kennisnemen van deze resultaten had later menigen struktuuronderzoeker er voor kunnen behoeden, om met negatie van de waarnemingen der oudere morfologen op zijn doel los te trekken.

Zoodra Jaeger in zijn eigen laboratorium de beschikking kreeg over een röntgen-installatie, werd begonnen met het vaststellen van kristalstrukturen. Direct het eerste resultaat reeds, n.l. dat omtrent de struktuur van het germanium-tetrajodide, droeg belangrijk bij tot het beslechten van een strijd tusschen twee onderzoekers over de struktuur van het tin-tetrajodide.

De andere, met verschillende medewerkers verkregen, resultaten liggen nog voldoende versch in

het geheugen, om hier geen nieuwe vermelding noodig te hebben. Zij betreffen de kristalstrukturen van gallium, de kubische nitraten van calcium, strontium, barium en lood; de ultramarijnen; stikstof-tetrasulfide; tetrahydrostikstofsulfide; de alkali-osmiamaten; tetra- en triphosphonitrichloriden en de alkali-perrhenaten.

Een uitzondering wil ik slechts maken voor het onderzoek der ultramarijnen, waarvan de resultaten zoozeer de aandacht hebben getrokken. Op grond van een uitgebreid röntgenografisch onderzoek dezer mysterieuse stoffen werd geconcludeerd, dat zij alle het radicaal $(\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})^{+}$ bevatten. Dit radicaal is opgebouwd als een „luchtig”, driedimensionaal netwerk van SiO_4 - en AlO_4 -tetraeders. In de „holten” daarvan zijn de overige atomen ondergebracht; sommige „vast”, andere „ambulant”. Het zijn nu juist deze ambulante bestanddeelen, die in hoofdzaak de verklaring der merkwaardige eigenschappen van de ultramarijnen leveren. „Certainement, il y a encore beaucoup de mystères dans la manière de se comporter des outremers, et il faudra encore un travail assidu et s'étendant dans des directions variées, avant que le problème étudié ici puisse être considéré comme finalement résolu. Mais les faits constatés et les vues exposées ici semblent avoir déjà largement avancé nos pas et élargi nos conceptions sur la constitution et la structure de ces substances intéressantes, et on peut maintenant espérer qu'un avenir pas trop éloigné apportera la solution complète des difficultés encore existantes dans ce domaine”.

Zeet heeft Jaeger den Nederlandschen student, die de kristallografie wil of moet bestudeeren, aan zich verplicht door het schrijven van zijn rijk verzorgd leerboek „Inleiding tot de studie der kristalkunde”. Komt de dankbaarheid van dezen student evenwel gewoonlijk slechts schuchter tot uiting, anders is het met de internationale waardeering, die Jaeger geniet als kristallograaf. Op het omslag toch van elke aflevering van het Zeitschrift für Kristallographie staat zijn naam in het lijstje van de medewerkers. Slechts één chemicus is er onder deze „big fourteen” en dat is Jaeger!

P. TERPSTRA.

Groningen, Kristallografisch Instituut.

54(091) : 92 J

JAEGER ALS HISTORICUS.

door

D. W. DIJKSTRA.

Bij een overzicht van Jaeger's wetenschappelijken arbeid mogen zijn historische onderzoeken niet vergeten worden.

De publicaties op dit gebied vallen voornamelijk in de laatste jaren van den wereldoorlog, en dit niet zonder reden, daar de toenmalige tijdsomstandigheden voor een groot deel de aanleiding tot de historische studiën zijn geweest. In de onderzoeken bij hooge temperatuur was stagnatie gekomen; buitenlandse medewerkers als Šimek waren bij het uitbreken van den oorlog naar hun land teruggeroepen, en het destijds toch al kleine aantal studenten

was door de mobilisatie tot een enkeling gereduceerd. Met de hulpmiddelen moest de uiterste zuinigheid betracht worden, de elektrische stroom was gerantsoeneerd, en daar de omvormers, die den gelijkstroom leverden voor het verhitten der ovens, zeer veel elektrische energie verbruikten, besloot Jaeger het werk bij hoge temperaturen in het algemeen belang uit te stellen tot een gunstiger tijd zou zijn aangebroken.

Toen nu de vastgestelde koers niet meer kon worden volgehouden, werd het roer resoluut omgegooid en de historie van de chemie vond in hem een zeer belangstellend en competent beoefenaar.

Vreemd was hem dit gebied geenszins. Reeds een jaar of tien placht hij zijn leerlingen in beknopte vorm een overzicht te geven van de geschiedenis der chemie. De aanwezigheid in de bibliotheek van het Anorganisch Laboratorium van menig werk over de geschiedenis van de chemie en de alchimisten getuigt van zijn belangstelling in dezen. Ook een oppervlakkig bezoeker van het laboratorium ontgaat het niet dat de directeur ervan een liefhebber van de historie is: de lichte gangen en vele lokalen worden verlevendigd door een overvloed van portretten en reproducties, een in die omgeving zeer passende versiering. Aan eenige korte notities aan den achterkant van het lijstje omtrent leven en werken van den afgebeelde kan de bezoeker zijn weetgierigheid bevredigen.

En deze studiën passen bij Jaeger's aanleg, waartoe ook behoort liefde voor de humaniora. Niet tevreden met alleen de kennis van den stand der wetenschap op dit oogenblik, wil hij ook weten hoe de huidige denkbeelden en voorstellingen hun vorm hebben gekregen, en hij verdiept zich er gaarne in hoe deze voorstellingen door het werk der opeenvolgende onderzoekers zich tot hun tegenwoordigen vorm hebben ontwikkeld. En niet alleen de objectieve beschouwing van de wisseling onzer ideeën, ook de levensbijzonderheden der vroegere onderzoekers hebben zijne belangstelling. Hij maakt zich een beeld van den tijd waarin zij leefden, van de condities waaronder zij werkten, van den stand der wetenschap in hun tijd, en zoo vergelijkt hij hen met hunne tijdgenooten, tracht te reconstrueeren hoe groot het deel is dat zij aan den vooruitgang der wetenschap hebben gehad en zoo hen een rechtvaardiger beoordeeling deelachtig te doen worden dan in vele gevallen door de vaak vertroebelde overlevering is geschied.

De geschiedenis der chemie is dan ook wel zeer fascinerend, in het bijzonder voor den meergevorderde, die zich eenigen tijd gunt voor de beschouwing van het geheel. Hoe boeiend is het zich te verplaatsen in een vroegeren tijd, en na te gaan welke feiten toen den onderzoekers ter beschikking stonden om hunne hypothesen op te bouwen, en waar hun grenzen gesteld werden door het niet kennen van gegevens die pas door later onderzoek aan het licht gebracht zouden worden. Wanneer men dan ziet, hoe het gelukt — soms na tijdperken van hopelooze verwarring — de verbijsterende menigvuldigheid der stoffen terug te brengen tot combinaties van slechts een klein aantal elementen, en hoe men er in slaagt de samenstelling en de structuur der moleculen door redeneering uit de waarnemingen af te leiden, dan wekt dat bij den tegenwoordigen beschouwer wel groote bewondering voor de scherp-

zinnigheid en de subtiële bewijsvoering die hiervoor werden vereischt.

De beginner in het vak is vaak te begeerig naar het vele belangwekkende, waarmee hij nog kennis moet maken, dan dat hij deze beschouwende houding recht kan waardeeren. Het oude is oud en afgedaan en hij wil vooruit. Toch is het goed, dat ook bij den beginner de smaak voor dit genot wordt aangekweekt; en niet alleen uit hedonistische motieven, maar ook uit overwegingen van utiliteit. Het zegt veel, dat de grootsten onder de natuurgeleerden allen ijverige navorschers waren van het werk en de ideeën hunner voorgangers. De groote pioniers, hoewel in feitenkennis de minderen, waren intellectueel de gelijken van de besten van onzen tijd. De meening van Jaeger hierover blijkt duidelijk uit het volgende citaat: ¹⁾ „.....de ontwikkelingshistorie der natuurwetenschappen,..... dit zoo noodzakelijke deel in de opvoeding onzer jonge natuurgeleerden..... Ik zeg: noodzakelijk deel; want inderdaad is het mijne volle overtuiging, dat men alle kansen loopt, om bij de studenten der natuurwetenschap in plaats van waren wetenschappelijken zin, eene enge vak-kennis aan te kweken, indien men het historisch element der wetenschap niet voortdurend en sterk bij hen ontwikkelt..... Hoe ware 't mogelijk, om bij onze jonge natuurwetenschappelijke studenten den vollen eerbied aan te kweken voor den geestes-arbeid der groote grondleggers, hen te wijzen op 't vergankelijke van zelfs eenmaal vurig aangehangen meeningen, hen te waarschuwen tegen zelf-overschatting of tegen vertroeteling van eigene of momentaan overheerschende denkbeelden, — indien men hen niet wijst op den langen en kronkelenden weg, dien 't menschelijk intellect te gaan had, alvorens het thans voorhandene werkelijk „veroverd“ kon heeten? En juist in onze wetenschap, waar door de technische zijde en vooruitzichten daarin, het gevaar zoo groot is, dat hare beoefenaren getrokken worden in de sfeer van routine-arbeid en rein technische vaardigheid, is 't zoo hoog noodig, om aan de hand der ontwikkelingsgeschiedenis dier wetenschappen, bij voortduring het meer filosofische element op den voorgrond te brengen.”

Min of meer als afronding van het op het college behandelde, verscheen in 1918 van Jaeger's hand: „Elementen en atomen eens en thans”. Hierin volgt hij de ontwikkeling der begrippen element en atoom, eigenlijk de belangrijkste in de chemie, van de oudheid tot heden en door aanvullende bijzonderheden geeft hij den lezer een vrij volledig overzicht van de historie der chemie. Het van groote belezenheid getuigende werk demonstreert tevens Jaeger's levendigen stijl; de welgevormde zinnen en een groote woordenschat verhoogen het genoegen van de lectuur.

Met deze voorkennis toegerust begint Jaeger aan zelfstandig archiefonderzoek, zich tot taak stellende na te gaan wat ons land aan de totstandkoming der chemische wetenschap in vroeger tijden heeft bijgedragen. Een begin was al gemaakt in de reeds genoemde rede, in 1912 gehouden bij de officiële opening van het nieuwgebouwde laboratorium. Hierin wordt de plaats van de chemie onder de academische leervakken, het onderwijs in de chemie door de

¹⁾ Een en ander uit de ontwikkelingsgeschiedenis van het Chemische onderwijs aan de Groningsche Universiteit, 1912, pag. 8.

verschillende hoogleraren en, in verband met de gelegenheid, vooral de hun ten dienste staande hulpmiddelen en inrichtingen beschreven.

Er volgen dan in 1918 opstellen over den Zuid-Nederlander Anselmus Boëtius de Boodt, den in Batavia geboren Willem Homberg, den Zeeuw Theobald van Hogelande, den Groningschen alchimist Berend Coenders van Helpen, en dat over David van Goorle, van vaderszijde uit een Zuid-Nederlandsch geslacht, van moederszijde uit een der aanzienlijkste adelgeslachten van Friesland.

Geen dezer behoort tot de groote geleerden van zijn tijd, maar enkelen hunner verdienen beter dan aan de vergetelheid te worden prijsgegeven en kunnen de vergelijking met meer bekende tijdgenooten wel doorstaan. In het bijzonder geldt dit voor den op 21-jarigen leeftijd te Cornjum gestorven van Goorle, die het eerst een atomistischen opbouw der materie verdedigde; een daad van moed, daar in die dagen op het verkondigen van de atomistische leerstellingen van Epicurus en Lucretius aan de Universiteit van Parijs nog de doodstraf stond. Van Goorle moet dan ook als de directe voorlooper van Descartes beschouwd worden.

Schrijver dezes weet, dat dit werk ook door beoefenaars der philologie zeer werd gewaardeerd om de wijze, waarop een chemicus zich de methode der historische nasporing had eigen gemaakt. Voor den leek vormen deze artikelen boeiende, vaak amusante lectuur; misschien zal een chemicus wel eens vinden, dat het genealogisch onderzoek soms wat ver is uitgestrekt.

Genoemde stukken, iets aangevuld en omgewerkt, verschenen in boekvorm als „Historische studiën”. Ook de rede van 1912, aangevuld o. a. met de portretten en silhouetten van de vroegere hoogleraren, is hierin opgenomen.

De onderzoekingen op het gebied der historie worden afgesloten door een omvangrijke studie over Cornelis Drebbel en zijn tijdgenooten, in 1922 in boekvorm verschenen. De veelbewogen levensloop van deze onrustige figuur maakten het noodig niet alleen vele archieven hier te lande (waaronder ook familiepapieren in het bezit van een afstammeling van Drebbel) te raadplegen, maar de nasporingen moesten worden uitgestrekt tot archieven in Engeland, Frankrijk, Duitschland, Weenen en Praag. Het resultaat is dan ook, dat door dit op authentieke gegevens berustend onderzoek de belangrijkheid van Drebbel's verrichtingen tot meer juiste proporties is gereduceerd, en dat van de aureool van genialiteit, waarmee Drebbel door sommigen is omgeven, weinig overblijft.

Het werk over Drebbel, een onderzoek op groter schaal aangelegd dan de eerstgenoemde publicaties, is de sluitsteen van Jaeger's historischen arbeid geworden. Toen eenige jaren na den oorlog de werkzaamheden op het laboratorium weer meer normaal werden, hebben deze Jaeger het geschiedkundig werk vaarwel doen zeggen. Ik vermoed, dat het afscheid niet met een zucht van verlichting is gegaan, maar dat Jaeger veeleer betreurd zal hebben, dat gebrek aan tijd de voortzetting onmogelijk maakte. Laten wij hopen, dat een eventuele hervatting niet door zoo betreurenswaardige gebeurtenissen zal worden veroorzaakt als die welke de aanleiding waren tot het begin.

Rotterdam, Februari 1934.

O 12 J

BIBLIOGRAPHIE VAN Prof. Dr. F. M. JAEGER

door

J. BEINTEMA.

A. Boeken, Voordrachten, etc.

1. Kristallografische en moleculaire symmetrie van plaatsings-isomere benzolderivaten. Dissertatie, Leiden, 1903.
2. Natuurkundige onderzoekingsmethoden in het chemisch laboratorium. Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het lectoraat in de chemie aan 's Rijks Universiteit te Groningen op Woensdag 25 Maart 1908.
3. Atomistische en energetische voorstellingen in de ontwikkelingsgang der algemeene chemie. Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van Hoogleeraar in de Faculteit der Wis- en Natuurkunde aan 's Rijks Universiteit te Groningen op Zaterdag den 20en Maart 1909.
4. Een en ander uit de ontwikkelingsgeschiedenis van het chemisch onderwijs aan de Groningsche Universiteit. Rede, gehouden bij het openlijk in gebruik nemen van het Chemisch Laboratorium der Rijks-Universiteit te Groningen op Zaterdag den 23en November 1912.
5. Eine Anleitung zur Ausführung exakter physiko-chemischen Messungen bei höheren Temperaturen. Mit besonderer Berücksichtigung des Studiums der Mineralsynthese und der Silikat-chemie. Groningen, 1913.
6. Het Anorganisch-Chemisch Laboratorium. Gedenkboek 1914, XIV.
7. Voordrachten over de beteekenis van het symmetrie-beginsel in de natuurwetenschap. Groningen, 1915.
8. Lectures on the principle of symmetry and its applications in all natural sciences. Amsterdam, 1917.
Idem, 2nd ed. Amsterdam, 1920.
9. De stikstofnood en de middelen tot zijne bestrijding. Naar eenige voordrachten, op verzoek van het Bestuur van de Vereeniging voor Hooger Landbouw-Onderwijs te Groningen in de maanden November en December 1917 voor landbouwers gehouden.
10. Elementen en atomen eens en thans. Schetsen uit de ontwikkelingsgeschiedenis der elementenleer en atomistiek. Groningen, 1918.
Idem, 2e druk. Groningen, 1920.
11. De metalen der platinagroep (De schatten der aarde). Amsterdam, ± 1918.
12. Historische studiën. Bijdragen tot de kennis van de geschiedenis der natuurwetenschappen in de Nederlanden gedurende de 16e en 17e eeuw. Groningen, 1919.
13. Methoden en resultaten van het fysisch-chemisch onderzoek in de laatste vijftien jaren. Groningen, 1921.
14. Een en ander over vloeïende en vloeibare kristallen.
15. Over enkele kristallografische regelmatigheden bij zoogenaamde moleculaire verbindingen.
16. Vulkanische actie en rotsvorming als chemische problemen. Rede, gehouden bij den overdracht

van het Rectoraat aan 's Rijks Universiteit te Groningen op Maandag 18 September 1922.

17. Cornelis Drebbel en zijne tijdgenooten. Groningen, 1922.
18. Inleiding tot de studie der kristalkunde. Eene handleiding voor studeerenden bij het onderwijs aan Nederlandsche Universiteiten en Hoochscholen. Groningen, 1924.
19. Le principe de symétrie et ses applications; traduit de l'anglais par Pierre Gérard et Jean Chevrier. Parijs, 1925.
20. Omvang en gebruik onzer natuurlijke hulpbronnen tot op heden en in de toekomst. Groningen, 1926.
21. The George Fisher Baker non-resident lectureship in chemistry at Cornell University. Volume 7. I. Spatial arrangements of anatomic systems and optical activity. II. Methods, results and problems of precise measurements at high temperatures. III. The construction and structure of ultramarines. New York, 1930.
22. Over het symmetrie-begrip en zijn belang voor de natuurwetenschap. Voordracht „Diligentia", 's Gravenhage.
23. Over rook en stof. Voordracht „Diligentia", 's Gravenhage, 1932.

B. Verhandelingen.

1901.

1. Ueber die künstliche Darstellung der Mineralien im Lichte der modernen chemischen Theorien. Naturw. Rundschau 1901, 335.

1902.

2. Ueber die in Leclanché-Zellen entstehenden Krystalle. Ber. 35, 3405.

1903.

3. Kristallografische en moleculaire symmetrie van plaatsings-isomere benzolderivaten. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 12, 584.
4. Über die Identität des Hallstätter Simonyits mit dem Astrakanit. Tschermak's Mineral. und Petrogr. Mitt. 22, 103.
4. Krystallographisch-optische Studien an den binären Complexen, welche im chemischen Gleichgewichtssysteme: Silbernitrat, Bernsteinsäurenitril und Wasser existenzfähig sind. Z. Krist. 37, 341.
5. Krystallographische Bestimmungen an einigen synthetisch dargestellten Verbindungen. Z. Krist. 38, 89.
6. Beiträge zur krystallographischen Charakteristik der stellungsisomeren nitrierten und halogenierten Benzoessäurederivate, Z. Krist. 38, 279.
7. Über molekulare und krystallographische Symmetrie von stellungsisomeren Benzolabkömmlingen. Z. Krist. 38, 555.
8. Krystallographische Untersuchungen an einer Reihe organischer Verbindungen. Neues Jahrb. Mineral Geol. Abt. A 1903, 1.
9. Over enkele krystallographische regelmatigheiden bij zoogenaamde moleculaire verbindingen. Handelingen Ned. Natuur- Geneesk. Congres 1903, 400.

1904.

10. Over benzylphtaalimide en benzylphtaal-isomide. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 13, 61.
11. Over het behoud der kristalsymmetrie bij substitutie van isomorphe, plaatsings-isomere derivaten der benzol-reeks. Ibid. 13, 112.
12. Nachtrag zur Abhandlung: Über molekulare und krystallographische Symmetrie von Stellungsisomeren Benzolabkömmlingen. Z. Krist. 39, 170.
13. Beiträge zur Krystalldiagnose der Kobaltverbindungen mit complexen Ionen. Z. Krist. 39, 541.
14. Kristalchemische bijdrage. Chem. Weekblad 1, 657.

1905.

15. Over ortho-nitro-benzyltoluïdine. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 13, 641.
16. Over plaatsings-isomere dichloornitrobenzolen. Ibid. 13, 643.
17. Over mengbaarheid in den vasten aggregaattoestand en isomorfie bij koolstofverbindingen. Ibid. 13, 651.
18. (Met J. J. Blanksma), De zes isomere tribroomxylolen. Ibid. 14, 95.
19. Over enkele derivaten van 'het phenylcarbaminezuur. Ibid. 14, 124.
20. Over diphenylhydrazine, hydrazobenzol en benzylaniline en over de mengbaarheid der beide laatste met azobenzol, stilbeen en dibenzyl in den vasten aggregaattoestand. Ibid. 14, 387.
21. Bijdrage tot de kennis der isomorphe vervanging van de elementen fluoor, chloor, broom en jodium in organische molekulen. Ibid. 14, 472.
22. Über morphotropische Beziehungen bei den in der Aminogruppe substituierten Nitro-Anilinen. Z. Krist. 40, 113.
23. Über die krystallogonomische Symmetrie von stellungsisomeren Toluolderivaten. Ibid. 40, 357.
24. Über Benzylphtalimid und Benzylphtalisoimid. Ein erster Beitrag zur Erforschung des Zusammenhanges zwischen Polymorphie und chemischer Desmotropie. Ibid. 40, 370.
25. Zur Kenntnis der Krystallformen einiger nitrierter Anisole. Ibid. 40, 562.
26. Over enkele problemen der hedendaagsche kristalkunde en haar belang voor de studie der chemie. Chem. Weekblad 2, 323.

1906.

27. Een eenvoudige, geometrische afleiding der betrekkingen, welke tusschen de waargenomen en gezochte grootheden bestaan, die bij de W. Voigt'sche methode ter bepaling van 't warmtegeleidingsvermogen van kristallen ter sprake komen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 14, 799.
28. Over de kristalvormen van de, in de NH_2 -groep gesubstitueerde 2,4-dinitro-anilinderivaten. Ibid. 14, 827.
29. Over een nieuw geval van vormanalogie en mengbaarheid bij plaatsingsisomere benzolderivaten, en over de kristalvormen der zes isomere nitrodibroombenzolen. Ibid. 14, 830.
30. Over de vetzure esters van het cholesterine en

- het phytostérine, en over de anisotrope vloeistof-fasen der cholesteryl-derivaten. Ibid. 15, 2.
31. Onderzoekingen over het thermisch en elektrisch geleidingsvermogen van gekristalliseerde geleiders. (1e Mededeeling). Ibid. 15, 27.
 32. Over eene stof, welke vijf verschillende vloeistoffasen bezit, waarvan er minstens drie stabiel zijn met betrekking tot de isotrope smelt. Ibid. 15, 345.
 33. Over stoffen, welke meerdere stabiele vloeistof-toestanden bezitten, en over de verschijnselen, welke bij anisotrope vloeistoffen kunnen worden waargenomen. Ibid. 15, 389.
 34. Over irreversibele fase-overgangen bij stoffen, die meerdere vloeistof-toestanden kunnen vertoonen. Ibid. 15, 401.
 35. Ein Beitrag zur Kenntnis der isomorphen Vertretung der vier Halogene in Kohlenstoffverbindungen. Z. Krist. 42, 16.
 36. Über einige Derivate der Phenylcarbaminsäure. Ibid. 42, 25.
 37. Beiträge zur krystallographischen Charakteristik einiger organischen Verbindungen. Ibid. 42, 158.
 38. Über Mischbarkeit von krystallisierten Phasen. Ibid. 42, 236.
 39. Krystallographische Untersuchungen an in der Aminogruppe substituierten 1-2-4-Dinitroanilinen und deren Derivaten. Ibid. 42, 351.
 40. Über einen neuen Fall von Formanalogie und Mischbarkeit bei stellungsisomeren Benzolabkömmlingen und über die Krystallformen der sechs möglichen Nitrobenzole. Ibid. 42, 440.
 41. Sur les éthers-sels des acides gras avec cholestérine et la phytostérine, et sur les phases liquides anisotropes des dérivés de la cholestérine. Rec. trav. chim. 25, 334.
 42. (Met J. J. Blanksma). Sur les six tribromoxylènes isomères. Rec. trav. chim. 25, 352.
 43. Recherches sur les conductibilités thermiques et électriques des phases cristallines anisotropes. Arch. phys. nat. (4) 22, 240.
- 1907.
44. Over de anisotrope vloeistoffasen van den boterzuren ester van het dihydrocholesterine, en over de vraag betreffende eene noodzakelijke aanwezigheid der aethyleendubbelbinding voor het tot stand komen dezer verschijnselen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 15, 721.
 45. Over den invloed, welke lichtstraling heeft op het elektrisch geleidingsvermogen van den Japanschen antimoniet. Ibid. 15, 724.
 46. Over de vraag naar de mengbaarheid en de vorm-analogie bij aromatische nitro- en nitroso-verbindingen. Ibid. 16, 491.
 47. Die pseudohexagonale Symmetrie des Rubidiumnitrates RbNO_3 . Z. Krist. 43, 588.
 48. Über die Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des natürlichen Schwefelantimons unter dem Einflusse der Lichtstrahlung. Ibid. 44, 45.
 49. Über Halogenderivate des Benzophenons und des Di- und Triphenylmethans. Ibid. 44, 50.
 50. Ein Beitrag zur Theorie von Barlow und Pope. Ibid. 44, 61.
 51. Eine Binäre Doppelverbindung von Silbernitrat und Silberjodid. Ibid. 44, 169.
 52. Enkele opmerkingen over de phytosterylacetat-reactie van Bömer, als middel ter bepaling van de vervalsching van dierlijke met plantaardige vetten. Chem. Weekblad 4, 1.
 53. Sur les éthers-sels des acides gras avec les deux phytostérines de la graisse de Calabar, et sur les dérivés analogues de la cholestérine, qui possèdent trois phases liquides stables. Rec. trav. chim. 26, 311.
 54. On substances which form three different liquid phases. Chem. News 96, 100.
 55. On fluid crystals. Report of the British Ass. Adv. Science 1907.
 56. Een en ander over vloeïende en vloeibare kristallen. Handelingen Utrechtsch Genootsch. Kunsten en Wetenschappen Juni 1907.
- 1908.
57. Over de analogie in kristalvorm bij de halogeensubstitutieproducten van koolwaterstoffen met open koolstofketen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 16, 514.
 58. Over de tri-para-halogeensubstitutieproducten van het triphenylmethaan en van het triphenylcarbinol. Ibid. 16, 756.
 59. The crystal form of halogen derivatives of open-chain hydrocarbons with reference to the Barlow-Pope theory of structure. Proc. Chem. Soc. 24, 29; J. Chem. Soc. 93, 517.
 60. Beiträge zur Krystallogonomie der cyklischen Kohlenstoffverbindungen. Z. Krist. 44, 561.
 61. Beiträge zur Krystallographie der aliphatischen Körper. Ibid. 45, 539.
- 1909.
62. Über Trihalogensubstitutionsprodukte aromatischer Körper. Ibid. 46, 266.
- 1910.
63. Studien over het tellurium. I. Over het wederzijdsch gedrag der elementen zwavel en tellurium. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 18, 606.
- 1911.
64. De fotochemische omzettingen van ferritrichlooracetaat-oplossingen. Ibid. 20, 295.
 65. Een merkwaardig geval van isopolymorfie bij zouten der alkalimetalen. Ibid. 20, 309.
 66. Bijdrage tot de kennis der natuurlijke sulfoantimonieten. I. Ibid. 20, 497.
 67. (Met H. S. van Klooster), Bijdrage tot de kennis der sulfo-antimonieten. II. Ibid. 20, 510.
 68. Über den Einfluss, welchen Strahlung auf die elektrische Leitfähigkeit von Antimonit aus Japan (Shikoku) ausübt. Z. Krist. 49, 306.
 69. The meltingtemperature of sodium and lithium meta-silicates. J. Washington Acad. Sci.
- 1912.
70. (Met J. B. Menke), Studien over het tellurium II. Over verbindingen van telluur en jodium. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 20, 695.
 71. (Met J. R. N. van Kregten), Over de vraag naar de mengbaarheid in den vasten toestand tusschen aromatische nitro- en nitroso-verbindingen. III. Ibid. 20, 700.

72. Über einen bemerkenswerten Fall von Isopolymorphie bei den Salzen der Alkalimetalle. Z. Krist. 50, 242.
 73. (Met J. B. Menke), Über die binären Systeme aus Tellur und Schwefel, und aus Tellur und Jod. Z. anorg. Chem. 75, 241.
 74. (Met H. J. Doornbosch), Die Jodide der Elemente aus der Stickstoffgruppe. Ibid. 75, 261.
 75. (Met J. B. Menke), Nachtrag zur Abhandlung Ibid. 75, 241. Ibid. 77, 320.
 76. (Met H. S. van Klooster), Studien über natürliche und künstliche Sulfoantimonite und Sulfoarsenite. Ibid. 78, 245.
 77. Over de „Carnegie-Institution of Washington” en iets over de onderzoekingen, die in het Geofysische Laboratorium dier instelling verricht worden. Chem. Weekblad 9, 581.
 78. On natural and artificial sulphoantimonites and sulphoarsenites. Orig. Comm. 8th Intern. Congr. Appl. Chem. II, 139.
- 1914.
79. (Met H. Haga), Over Röntgenogrammen van den boraciet, verkregen boven en beneden zijne omzettingstemperatuur. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 22, 725.
 80. (Met Ant. Simek), Over temperatuurmeting van anisotrope lichamen met behulp van stralingspyrometers. Ibid. 22, 762.
 81. (Met H. S. van Klooster), Studiën op het gebied der silicaatchemie. I. Over de verbindingen van lithumoxyde en kiezelzuur. Ibid. 22, 900.
 82. Over de isomorfie van de aethylsulfaten der zeldzame aardmetalen, en over de vraag naar een eventueel morphotropisch verband met analoge zouten van het scandium, het indium en het beryllium. Ibid. 22, 1188.
 - 83 en 84. (Met Ant. Simek), Studiën op het gebied der silicaatchemie. II en III. Over de lithium-aluminium-silikaten, welke in samenstelling met de mineralen eukryptiet en spodumeen overeenkomen. Ibid. 23, 119 en 131.
 85. Onderzoekingen over de temperatuurcoëfficiënten der vrije oppervlakte-energie van vloeistoffen bij temperaturen tusschen -80° en 1650° C. I. Methode en apparatuur. Ibid. 23, 330.
 86. Idem II. (Met M. J. Smit), Metingen aan enkele aliphatische verbindingen. Ibid. 23, 365.
 87. Idem III. (Met M. J. Smit), Metingen aan enkele aromatische verbindingen. Ibid. 23, 386.
 88. Idem IV. (Met Jul. Kahn), Metingen aan enkele aliphatische en aromatische esters. Ibid. 23, 395.
 89. Idem V. Metingen aan enkele aromatische en cyclische koolwaterstoffen en hunne halogeen-derivaten. Ibid. 23, 405.
 90. Idem VI. Algemeene opmerkingen. Ibid. 23, 416.
 91. Idem VII. De specifieke oppervlakte-energie van de gesmolten halogeniden der alkali-metalen. Ibid. 23, 611.
 92. Idem VIII. De specifieke oppervlakte-energie van enkele zouten der alkali-metalen. Ibid. 23, 627.
 93. (Met H. Haga), Over de ware symmetrie van de cordieriet en de apophylliet. Ibid. 23, 430.
 94. Étude sur les relations morphotropiques des éthylsulfates cristallisés de l'yttrium, du cérium, du lanthanum, du néodymium, du praséodymium, du samarium, de l'euporium, du dysprosium, du gadolinium, de l'erbium, du thullium et du néo-ytterbium, ainsi que quelques remarques sur les relations morphotropiques supposés entre les sels de ces métaux trivalents et ceux de scandium, de l'indium et du beryllium. Rec. trav. chim. 33, 343.
- 1915.
95. Over een nieuw verschijnsel bij de buiging van Röntgenstralen in dubbelbrekende kristallen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 23, 1207.
 96. Onderzoekingen over Pasteur's beginsel omtrent het verband tusschen moleculaire en fysische asymmetrie. Ibid. 23, 1268.
 97. Onderzoekingen over Pasteur's beginsel betreffende den samenhang van moleculaire en fysische asymmetrie. Ibid. 23, 1291.
 98. Onderzoekingen over de temperatuurcoëfficiënten der vrije oppervlakte-energie van vloeistoffen tusschen -80° en 1650° C. IX. (Met Jul. Kahn), De oppervlakte-energie van homologe alifatische aminen. Ibid. 23, 1464.
 99. Idem X. (Met Jul. Kahn), Metingen aan eene reeks van alifatische verbindingen. Ibid. 24, 205.
 100. Idem XI. (Met Jul. Kahn), De oppervlakte-spanning van een aantal homologe triglyceriden der vetzuren. Ibid. 24, 220.
 101. Idem XII. (Met Jul. Kahn), Metingen aan de optisch anisotrope en isotrope vloeistof-fasen van enkele azoxy-verbindingen en van het anisaldazine. Ibid. 24, 232.
 102. Idem XIII. (Met Jul. Kahn), De oppervlakte-energie van plaatsingsisomere benzolderivaten. Ibid. 24, 473.
 103. Idem XIV. (Met Jul. Kahn), Metingen aan eene reeks van aromatische en heterocyclische verbindingen. Ibid. 24, 495.
 104. (Met H. Haga), Over de symmetrie der Röntgenbeelden van trigonale en hexagonale kristallen en over normale en abnormale buigingsbeelden bij dubbelbrekende kristallen in het algemeen. Ibid. 24, 443.
 105. (Met H. Haga), Over de symmetrie der Röntgenbeelden van rhombische kristallen. Ibid. 24, 460.
 106. (Met H. S. van Klooster), Onderzoekingen op het gebied der silicaat-chemie. IV. Enkele gegevens betreffende de meta- en ortho-silikaten der tweewaardige metalen: beryllium, magnesium, calcium, strontium, barium, zink, cadmium en mangaan. Ibid. 24, 921.
 107. Über das Pasteursche Princip des Zusammenhanges zwischen molekularer und physikalischer Asymmetrie. Z. Krist. 55, 209.
- 1916.
108. (Met H. Haga), De symmetrie der Röntgenogrammen van monokliene kristallen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 24, 1135.

109. (Met H. Haga), De symmetrie der Röntgenogrammen van tetragonale kristallen. Ibid. 24, 1403.
110. (Met H. Haga), Over Röntgenbeelden van isomorfe kristallen. Ibid. 24, 1410.
111. (Met H. Haga), Over de symmetrie van de Röntgenogrammen van trikliene en enkele rhombische kristallen, benevens enkele opmerkingen over de buigingsbeelden van kwarts. Ibid. 24, 1612.
112. Onderzoekingen over den temperatuurcoëfficiënt der moleculaire vrije oppervlakte-energie van vloeistoffen tusschen -80° en 1650° C. XV. (Met Jul. Kahn), De bepaling van het specifiek gewicht van gesmolten zouten, en van den temperatuurcoëfficiënt hunner moleculaire oppervlakte-energie. Ibid. 25, 284.
113. Idem XVI. (Met Jul. Kahn), De oppervlakte-spanning van enkele halogeniden der elementen zwavel, fosfor, arsenicum, antimonium en bismuth. Ibid. 25, 301.
114. Idem XVII. De betrekkingen tusschen de moleculaire kohesie der vloeistoffen bij hunne stollings- en kookpunten, en hunne absolute smelt-, resp. kooktemperaturen. Ibid. 25, 308.

1917.

115. (Met B. Kapma), De meting van het elektrisch geleidingsvermogen van vloeistoffen bij hogere temperatuur. Ibid. 26, 16.
116. Onderzoekingen over Pasteur's beginsel omtrent het verband tusschen moleculaire en kristallonomische dissymmetrie. III. Racemische en optisch-actieve complex-zouten van het driewaardige rhodium. Ibid. 26, 152.
117. Idem IV. Racemische en optisch-actieve complex-zouten van het rhodium-oxaalzuur. Ibid. 26, 152.
118. Twee gekristalliseerde, isomere d-fructose-penta-acetaten. Ibid. 26, 187.
119. (Met R. T. A. Mees), Komplexe zouten van het ferri-malonzuur. Ibid. 26, 190.
120. (Met Jul. Kahn), Over enkele isomere, complexe cis- en trans-diaethyleendiamine-zouten van het kobalt en over het triaethyleendiamine-zinkchloride. Ibid. 26, 199.
121. Over Pasteur's beginsel van het verband tusschen moleculaire en fysieke dissymmetrie. Chem. Weekblad 14, 706.
122. Willem Storkenbeker (1862—1916). Rec. trav. chim. 36, 329.
123. Über die Temperaturabhängigkeit der molekularen freien Oberflächenenergie von Flüssigkeiten im Temperaturbereich von -80° bis $+1650^{\circ}$ C. Z. anorg. allgem. Chem. 101, 1.

1918.

124. Onderzoekingen over Pasteur's beginsel omtrent het verband tusschen moleculaire en kristallonomische dissymmetrie. V. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 27, 81.
125. Idem VI. (Met W. Thomas), Over de splitsing van het kalium-rhodium-malonaat in zijne optisch-actieve componenten en over de anomale rotatie-dispersie daarvan. Ibid. 27, 93.
126. Idem VII. (Met W. Thomas), Over optisch actieve zouten der triaethyleendiamine-chromi-reeks. Ibid. 27, 103.

127. Idem VII. De spontane splitsing van het racemische kalium-kobalt-oxalaat in zijne optische antipoden. Ibid. 27, 674.
128. Barend Coenders van Helpen, een Groningsche alchemist der 17e eeuw. Chem. Weekblad 15, 285.
129. Willem Homberg (1652—1715). Ibid. 15, 316.
130. Naschrift Willem Homberg. Ibid. 15, 602.
131. Anselmus Boëtius de Boodt (1550—1632). Ibid. 15, 628.
132. Theobald van Hogelande. Ibid. 15, 1216.
133. Over David van Goorle als atomist en over het geslacht Van Goorle in Noord-Nederland. Oud-Holland 36, 4e afl.

1919.

134. (Met J. J. Woldendorp), Onderzoekingen over Pasteur's beginsel betreffende het verband verband tusschen moleculaire en kristallografische dissymmetrie. IX. Over het kalium-chroom-malonaat en zijne splitsing in optische antipoden. Verslag. Akad. Wetenschappen, Amsterdam 27, 1212.
135. Recherches sur le principe de Pasteur. Rec. trav. chim. 39, 171.
136. La détermination exacte des tensions superficielles, du poids spécifique et de la conductibilité électrique des liquides à des températures très élevées. Rev. gén. sci. 30, 5.
137. Recherches nouveaux sur le principe de Pasteur. Ibid. 30, 298.
138. Nog eens: Theobald van Hogelande. Chem. Weekblad 16, 179.
139. Over Johan Joachim Becher en zijne betrekkingen tot de Nederlanden. Econ. Hist. Jaarboek 5, III.

1920.

140. Over de symmetrie van Röntgenogrammen, welke verkregen worden bij doorstraling van uit kristallijne lamellen opgebouwde systemen, en over de structuur der pseudo-symmetrische kristallen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 28, 1127.
141. Over eenige condensatie-producten van aromatische aldehyden en aminen. Ibid. 29, 8.
142. (Met G. Berger), De fotochemische ontleding van het kalium-kobalti-oxalaat en hare katalyse door zouten. Ibid. 29, 18.
143. (Met J. H. de Boer), Colloïdale zwavelverbindingen van het ruthenium. Ibid. 29, 29.
144. Twee isomere chloortetra-acetyl-d-fructosen. Ibid. 29, 151.
145. De kristalvormen van eenige gesubstitueerde amiden van het para-toluolsulfonzuur. Ibid. 29, 155.
146. Nog enkele opmerkingen naar aanleiding van de Röntgenbeelden, die bij de doorstraling van elkaar onder zekeren hoek kruisende micellamellen verkregen worden. Ibid. 29, 559.
147. (Met B. Kapma), Die genaue Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Elektrolyten bei Temperaturen bis 1600° . Z. anorg. allgem. Chem. 113, 27.

1921.

148. (Met G. Berger), La décomposition photochimique du cobaltioxalate de potassium et sa catalyse par des sels. Rec. trav. chim. 40, 153.

149. (Met J. H. de Boer), Composés sulfurés colloïdaux du ruthénium. Ibid. 40, 162.
150. (Met H. C. Germs), Über die binären Systeme der Sufate, Chromate, Molybdate und Wolframate des Bleis. Z. anorg. allgem. Chem. 119, 145.
151. Zur Kristallographie einiger Derivate des Benzophenons. Z. Krist. 56, 46.
152. The action of light of short wave-lengths on some organic acids and their salts. J. Chem. Soc. 119, 2070.
153. Investigations at high temperatures. Report Brit. Assoc. Adv. Sci. 1921.
154. Over stabiliteit in natuur en samenleving. De Gids 1921, 103.

1922.

155. (Met G. Berger), Sur l'action de la lumière ultraviolette sur les solutions aqueuses de certaines acides organiques et leurs sels. Rec. trav. chim. 41, 71.
156. Pasteurs eerste onderzoeken en hunne betekenis voor de moderne chemie. Chem. Weekblad 19, 510; Nederl. Tijdschr. Geneesk. 66, 2447.

1923.

157. Over geologische tijdmeting en den ouderdom der aarde. Natuurk. Voordrachten 's-Gravenhage, Nieuwe Reeks No. 1, 1.
158. Sur le pouvoir rotatoire des composés chimiques en rapport avec leur configuration moléculaire et la théorie des atomes dits asymétriques. Bull. soc. chim. (4) 33, 853.
159. Über optisch-aktive Komplexsalze des vierwertigen Platins. Z. Krist. 58, 172.
160. La symétrie dans la nature. Scientia 1923, 389.

1924.

161. (Met D. W. Dijkstra), De mengverhouding van isotope chemische elementen. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 33, 333.
162. De uitputting der grondstoffen en wat daarna? Haagsch Maandblad 1924, No. 1.

1925.

163. Over de pseudo-symmetrie van het racemische kalium-chloorsulfo-acetaat. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 34, 443.
164. (Met P. Terpstra en H. G. K. Westenbrink), Over de kristalstructuur van germaniumtetra-jodide. Ibid. 34, 721.
165. Over den kristalvorm van enkele plaatsings-isomere dinitro-toluolen. Ibid. 334, 848.
166. (Met P. Koets), Over complexe kobaltzouten met tegenwaardige ionen. Ibid. 34, 1203.
167. (Met D. W. Dijkstra), Über das Mischungsverhältnis isotoper Elemente. Z. anorg. allgem. Chem. 143, 233.

1926.

168. Kristalvormen van enkele derivaten van het aethoxy- en trimethyl-benzophenon. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 35, 54.
169. De kristalvormen van enkele organische stikstofverbindingen. Ibid. 35, 61.
170. Over racemische en optisch-actieve α -phenantroline diaethyleen-diamine-kobalti-zouten en over de inwerking van mono- en diaminen op

diaethyleendiamine-dichloro- of -chloro-aquo-zouten. Ibid. 35, 229.

171. (Met P. Terpstra en H. G. K. Westenbrink), De kristalstructuur van het gallium. Ibid. 35, 832.
172. (Met H. G. K. Westenbrink), Enkele opmerkingen over den kristalvorm van de boorstikstof en over dubbelzinnigheden bij de analyse van poederspectrogrammen. Ibid. 35, 847.
173. Über das Atomgewicht des Siliciums und das Verhältnis der Siliciumisotope. Z. Elektrochem. 32, 328.
174. Les méthodes de recherche physico-chimique à très haute température. Bull. soc. chim. Belg. 35, 211.

1927.

175. (Met H. G. K. Westenbrink en F. A. van Melle), Röntgen-spectrografische onderzoeken omtrent den bouw der kunstmatige ultramarijnen en over het vraagstuk aangaande eene verwantschap dezer stoffen met de mineralen hauyn, noseaan, sodalieth, lazuriet en nephelien I. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 36, 29.
176. (Met F. A. van Melle), Onderzoeken over de constitutie der kunstmatige ultramarijnen. II. Over kiezelrijk ultramarijnblauw en de daarmee verband houdende zilver-, zilvernatrium-, selenium- en zilver selenium-ultramarijnen. Ibid. 36, 29.
177. (Met F. A. van Melle), Onderzoeken over den bouw der kunstmatige ultramarijnen III. Over zilver- en alkali-zilver-ultramarijnen, die met het kiezelrijke ultramarijnblauw-Guimet in verband staan; alsmede over gemengde alkali-ultramarijnen en het norm. butyl-zilver-ultramarijn. Ibid. 36, 743.
178. (Met E. Rosenbohm), Over de nauwkeurige bepaling der soortelijke warmte van vaste stoffen tusschen 0° en 1625° C. I. Apparatuur en methode. Ibid. 36, 763.
179. (Met E. Rosenbohm), Idem II. De specifieke warmte van platina en van wolframium. Ibid. 36, 960.
180. (Met P. Terpstra en H. G. K. Westenbrink), Die Krystallstruktur des metallischen Galliums. Z. Krist. 66, 195.

1928.

181. (Met Mej. H. B. Blumendal), Over ruimtelijke configuratie en rotatorische dispersie bij optisch-actieve complexe zouten van het kobalt en het rhodium. Verslag. Akad. Wetenschappen Amsterdam 37, 421.
182. (Met F. A. van Melle), Over de symmetrie en de structuur der kubische nitraten van het calcium, strontium, barium en lood. Ibid. 37, 528.
183. Onderzoeken over den bouw der kunstmatige ultramarijnen. IV. Over ultramarijnen van het thallium en over de analoge verbindingen der tweewaardige metalen calcium, strontium, barium, zink, mangaan en lood. Ibid. 37, 937.
184. (Met F. A. van Melle), Onderzoeken over den bouw der kunstmatige ultramarijnen. V. Over absorptieverschijnselen bij ultramarijnen en over de structuur van noseaan, hauyn en de ultramarijnen. Ibid. 37, 957.

185. (Met P. Koets), Komplexsalze des Kobalts mit neunwertigen Ionen. *Z. anorg. allgem. Chem.* **170**, 347.
186. Über racemische und optisch-aktive α -Phenanthrolin-diäthylendiamin-Kobaltisalze. *Ibid.* **170**, 370.
187. (Met Mej. H. B. Blumendal), Rotationsdispersion und räumliche Konfiguration bei Komplexsalzen des Kobalts und Rhodiums mit Äthylendiamin und Trans-1,2-Diaminocyclopentan. *Ibid.* **175**, 161.
188. (Met E. Rosenbohm), La détermination exacte des chaleurs spécifiques des corps solides aux températures entre 0° et 1625° C. *Rec. trav. chim.* **47**, 513.
189. Over onze natuurlijke hulpbronnen in het heden en in de toekomst. *Chem. Weekblad* **25**, 482.

1929.

190. The present and future state of our natural resources. *Science* **69**, 437.
191. On the constitution and the structure of ultramarine. *Trans. Faraday Soc.* **25**, 320.

1930.

192. The dimorphism of gallium-acetylacetonate. *Proc. Acad. Sci. Amsterdam* **33**, 280.
193. (Met E. Rosenbohm), The exact measurement of the specific heats of solid substances at high temperatures. III. The specific heats of palladium and of tungsten. *Ibid.* **33**, 457.
194. Tetraëdrische of pyramidale configuratie bij methaan-derivaten. *Chem. Weekblad* **27**, 50.
195. Einiges über molekulare Konfiguration und optische Aktivität. *Österr. Chem.-Ztg.* **33**, 73.
196. Molecular configuration and optical activity. *Coll. trav. chim. Tchécoslov.* **2**, 330.
197. Sur les outremers naturels et artificiels. *Bull. soc. franç. min.* **53**, 183.
198. Konstituce a struktura ultramarinu. *Zvláštní Otisk zu Sborníku Přírodovědeckého* **7** (1930).
199. Methody, problémy a výsledky moderních přesných měření při vyšších teplotách. *Ibid.* **7** (1930).
200. Neco o molekulové konfiguraci a optické aktivitě. *Ibid.* **7** (1930).

1931.

201. (Met J. E. Zaanstra), On the allotropism of rhodium and on some phenomena observed in the X-ray-analysis of heated metal-wires. *Proc. Acad. Sci. Amsterdam* **34**, 15.
202. (Met E. Rosenbohm), The exact measurement of the specific heat of osmium and rhodium between 0° and 1625° C. *Ibid.* **34**, 85.
203. (Met J. E. Zaanstra), The crystalstructure of nitrogen-tetrasulphide and tetra-hydro-nitrogen-tetrasulphide. *Ibid.* **34**, 782.
204. (Met E. Rosenbohm), The exact measurement of the specific heats of iridium and ruthenium between 0° and 1600° C. and a comparison of the calorimetrical results obtained with the elements of the eighth group of the periodical system. *Ibid.* **34**, 808.
205. (Met C. J. Dippel), Sur les sels complexes cobaltiques et rhodiques contenant l' α et β -2,4-diamino-pentane. *Rec. trav. chim.* **50**, 1551.

206. Über die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme bei den Elementen der achten Gruppe des periodischen Systems. *Z. anorg. allgem. Chem.* **203**, 97.

1932.

207. (Met E. Rosenbohm), La détermination exacte des chaleurs spécifiques vraies du tungstène, du rhodium, du palladium, du ruthénium, de l'osmium et de l'iridium à des températures entre 0° et 1625° C. *Rec. trav. chim.* **51**, 1.
208. (Met J. E. Zaanstra), The structure of the alkali-osmiamates. *Rec. trav. chim.* **51**, 1013.
209. (Met E. Rosenbohm en J. A. Bottema), The exact measurement of the specific heats of solid substances at high temperatures. V. On the cooling correction of the metal calorimeter in exact high temperature calorimetry. *Ibid.* **35**, 347.
210. (Met E. Rosenbohm en J. A. Bottema), The exact measurement of the specific heats of solid substances between 0° and 1625° C. On the law of Neumann-Joule-Kopp-Regnault concerning the molecular heat of chemical compounds in function of the atomic heats. *Proc. Acad. Sci. Amsterdam* **35**, 352.
211. (Met J. E. Zaanstra), The structure of potassium-osmiamate. *Ibid.* **35**, 610.
212. (Met J. Beintema), The structure of tetra- and tri-phosphonitrile-chloride. *Ibid.* **35**, 756.
213. (Met E. Rosenbohm en J. A. Bottema), The exact measurement of the specific heats of solid substances at high temperatures. VI. Metals in stabilized and non-stabilized condition: platinum and silver. *Ibid.* **35**, 763.
214. (Met E. Rosenbohm en J. A. Bottema), The exact measurement of the specific heats of solid substances at high temperatures. VII. Metals in stabilized and non-stabilized condition: copper and gold. *Ibid.* **35**, 772.
215. (Met J. E. Zaanstra), The structure of cesium-osmiamate. *Ibid.* **35**, 779.
216. (Met J. E. Zaanstra), The structure of ammonium-, rubidium- and thallium-osmiamates. *Ibid.* **35**, 787.
217. (Met J. A. Bottema), On the law of additive atomic heats in intermetallic compounds. IX. The compounds of tin and gold, and of gold and antimony. *Ibid.* **35**, 916.
218. (Met J. A. Bottema), On the law of additive atomic heats in the case of intermetallic mixed crystals: X. Silver and gold. *Ibid.* **35**, 929.
219. (Met E. Rosenbohm), The exact measurement of the specific heats of solid substances at high temperatures. XI. On the remarkable behaviour of beryllium after preliminary heating above 420° C. *Ibid.* **35**, 1055.
220. La mesure exacte des constantes physico-chimiques à des températures très élevées. *Bull. soc. chim. Belg.* **41**, 30.
221. Trois conférences sur l'application de la doctrine générale de la symétrie en chimie. *Revue Univ. Bruxelles* **1932**, 295.

1933.

222. (Met J. E. Zaanstra), The allotropism of beryllium. *Proc. Acad. Sci. Amsterdam* **36**, 636.

223. (Met E. Rosenbohm en W. A. Veenstra), The exact measurement of the specific heats at higher temperatures. XI. On the variability of the specific heats of fused and solidified silver in different circumstances. Ibid. 36, 523.
224. (Met J. Beintema), The crystalstructure of cesium-, thallium- and rubidium-perrhenates. Ibid. 36, 523.
225. (Met E. Rosenbohm), The exact measurement of the specific heats of metals at higher temperatures. XII. The specific heat of metallic rhenium. Ibid. 36, 786.
226. (Met E. Rosenbohm en J. A. Bottema), La détermination exacte des chaleurs spécifiques à des températures élevées III. Étude systématique des causes d'erreurs expérimentales se présentant dans l'emploi du calorimètre métallique et dans la mesure des chaleurs spécifiques des métaux préalablement travaillés. Rec. trav. chim. 52, 61.
227. (Met J. A. Bottema), La détermination exacte des chaleurs spécifiques à des températures élevées. IV. Loi de Neumann-Joule-Kopp-Regnault concernant l'additivité des chaleurs atomiques des éléments dans leurs combinaisons chimiques. Rec. trav. chim. 52, 89.
228. Nieuwere onderzoeken over de soortelijke warmte van metalen en hun alliages. Handelingen 24 Ned. Nat. Geneesk. Congres 1933, 130.

1934.

229. (Met J. A. van Dijk), On complex salts of bivalent nickel. Proc. Acad. Sci. Amsterdam 37, 10.
230. (Met W. A. Veenstra), The exact measurement of the specific heats of solid substances at higher temperatures. XIII. The specific heats of vanadium, niobium, tantalum and molybdenum from 0° tot 1500° C. Ibid. 37, 61.
231. (Met E. Rosenbohm), the exact measurement of the specific heats of solid substances at higher temperatures. XIV. The specific heats and thermal retardationphenomena of beryllium. Ibid. 37, 67.
232. Over de wet van de additiviteit der soortelijke warmte in heteropolaire verbindingen. Chem. Weekblad 31, 60.

C. Dissertaties van doctorandi, van wie Prof. Jaeger de promotor is geweest.

1. H. S. van Klooster. Over eenige binaire systemen van anorganische zouten en oxyden. 8 October 1910.
2. H. J. Doornbosch. Over de jodiumverbindingen van de elementen der stikstofgroep. 8 November 1913.
3. H. C. Germs. De thermische analyse van loodsulfaat, -chromaat, -molybdaat en -wolframaat en van hun binaire combinaties. 10 Maart 1917.
4. B. Kapma. Onderzoeken over het geleidingsvermogen van electrolyten bij hoge temperaturen. 22 Juni 1917.
5. D. W. Dijkstra. Over de mengverhouding der isotopen van het silicium 17 Juni 1924.
6. H. G. K. Westenbrink. Roentgenografisch onderzoek van de rhombische en monokline vi-

triolen en van hunne mengkristallen. 5 October 1926.

7. R. S. Dantuma. De nauwkeurige meting der coëfficiënten van inwendige wrijving bij hoge temperaturen. 21 December 1927.
8. Mej. H. B. Blumendal. Optisch-actieve complexe zouten van kobalt en rhodium met 1-2-cyclopentyleenliamine en aethyleendiamine. 4 Juli 1928.
9. G. Girbes. Onderzoeken over het fysisch en chemisch gedrag van triphenylmethaan-derivaten. 15 November 1928.
10. S. B. Hooghoudt. Bijdrage tot de kennis van het Becquerel-effect. 12 December 1928.
11. F. A. van Melle. Over de ruimtelijke configuratie der koolstofbindingen in kristalstructuren. 14 December 1928.
12. C. J. Dippel. Over α - en β -pentaan-2-4-diamine en enkele hunner complexe rhodium- en kobaltzouten. 28 Juni 1929.
13. B. Th. Tjabbes. Magnetische eigenschappen van molybdeenverbindingen en van enkele verbindingen der elementen wolfram en chroom. 6 Juli 1932.
14. J. A. Bottema. Atoomwarmten van metalen in hunne onderlinge verbindingen. 10 December 1932.
15. J. E. Zaanstra. Röntgenografisch onderzoek van eenige alkali-osmiumaten. 10 December 1932.

BOEKAANKONDIGING.

621.315.6(08)

A. S. T. M. Standards on Electrical Insulating Materials. Philadelphia, American Society for Testing Materials, 1933, 242 pp., 15 × 23 cm, \$ 1.25.

Deze publicatie bevat alle 32 A. S. T. M.-specificaties en beproevingsmethoden betreffende isolatie-materialen. Hieronder zijn: 4 standaardmethoden, 15 beproevingsmethoden, 2 specificaties van de „Committee D-9”, 10 specificaties betreffende rubber- en textiel-isolatiemateriaal en een methode om leisteel te beproeven. Ze behandelen alle denkbare materialen, o.m. rubber, vernis, asbest, olie, porcelein etc.

Bij de methoden, die een grotere strekking hebben dan waarvoor ze speciaal uitgewerkt zijn, is er een van meer algemeen belang. Dit is de methode voor beproeving van isolatieweerstand en voor het bepalen van de dielectriche constanten van eenig materiaal, waarbij de elektrohoogfrequent-techniek te hulp komt.

Het boek is buitengewoon overzichtelijk gesteld en ik kan het ieder, die met isolatiebeproeving, alsmede met hoge weerstandsmeting te maken heeft, aanraden.

W. Enklaar.

CORRESPONDENTIE, ENZ.

Daar een exemplaar dezer aflevering op 20 Maart aan Prof. Jaeger is aangeboden, moest zij ongeveer te gelijktijd met de aflevering van 17 Maart worden afgedrukt. Daarom zijn eenige rubrieken, o.a. „Personalia, enz.”, „Aangeboden en gevraagde betrekkingen” en „Vraag en aanbod”, niet opgenomen.

De „Rubriek voor handel en industrie” en de advertenties zijn op den gewonen tijd afgedrukt.