

DE ONTWIKKELING
DER NATUURWETENSCHAPPEN IN
NEDERLAND GEDURENDE DE
LAATSTE HALVE EEUW

SAAMGESTELD DOOR VERSCHILLENDE SCHRIJVERS OP VERZOEK VAN
HET COMITÉ TOT VOORBEREIDING VAN DE WETENSCHAPPELIJKE
AFDEELING IN HET NEDERLANDSCHE PAVILJOEN DER
INTERNATIONALE TENTOONSTELLING TE LUIK 1930

LEIDEN — S. C. VAN DOESBURGH — 1930

DE ONTWIKKELING DER CHEMIE IN NEDERLAND GEDURENDE DE LAATSTE HALVE EEUW

De wetenschappelijke beoefening der chemie heeft in Nederland gedurende de laatste halve eeuw een groote vlucht genomen. Ook vóór dien tijd heeft menige chemicus hier te lande de aandacht op zich gevestigd. Wij behoeven hier slechts te herinneren aan de „Hollandi” (ISAAC en JAN ISAACSZ.), GLAUBER en BOERHAAVE, aan PAETS VAN TROOSTWIJK, DEIMAN en hun medewerkers (de „Hollandsche scheikundigen”), en vooral aan G. J. MULDER, die van 1840 tot 1867 hoogleeraar te Utrecht was en die beschouwd moet worden als de grondlegger van het chemie-onderwijs hier te lande.

Gaan wij na, wie 50 jaren geleden, dus in het jaar van het overlijden (1880) van laatstgenoemden chemicus, aan de Universiteiten chemie doceerden, dan vinden wij te Amsterdam J. H. VAN 'T HOFF en J. W. GUNNING, te Groningen R. S. TJADEN MODDERMAN, te Leiden J. M. VAN BEMMELEN en A. P. N. FRANCHIMONT, te Utrecht ED. MULDER en H. C. DIBBITS. Van hen zijn voornamelijk VAN 'T HOFF, FRANCHIMONT en VAN BEMMELEN op den voorgrond getreden door hun wetenschappelijk werk.

Reeds vóór zijn komst aan de Universiteit van Amsterdam had VAN 'T HOFF over zich doen spreken door zijn theorie van het „asymmetrisch” koolstofatoom, waarover analoge denkbeelden gelijktijdig, doch onafhankelijk van hem, werden medegedeeld door den Franschen chemicus LE BEL. Deze theorie, welke verband legde tusschen optische activiteit en constitutie, en isomeren verklaarde en voorspelde, heeft aanleiding gegeven tot zeer vele onderzoekingen. Toen VAN 'T HOFF zijn „Dix années dans l'histoire d'une théorie” deed verschijnen (1887), kon hij constateren, dat de strijd, dien de Nederlandsche brochure van 1874 en de Fransche en Duitsche bewerkingen van 1875 en 1877 (La chimie dans l'espace, Die Lagerung der Atome im Raume)

hadden ontketend, ten voordeele van zijn theorie was be-slecht.

Een tweede epoche-makend werk was zijn „*Études de dynamique chimique*” (1884). Daarin werden de begrippen reactie-snelheid en chemisch evenwicht in een nieuw licht gesteld. De verschillende soorten van evenwicht werden aangeduid. Ver-nuftig uitgedachte proeven leverden het experimenteele materiaal, noodig ter bevestiging of toelichting van de theoretische be-schouwingen. De storende invloeden, die kunnen optreden bij reacties, plaats vindend in vloeistoffen en gassen, werden be-handeld, waarbij ook de wijzen, waarop deze storingen vaak ver-meden kunnen worden, zijn aangegeven. De invloed van de temperatuur op de reactiesnelheid werd onderzocht en ten slotte werd de thermodynamische betrekking afgeleid tusschen de om-zettingswarmte en de verschuiving van het evenwicht bij ver-andering van de temperatuur. VAN 'T HOFF geeft zijn „*principe de l'équilibre mobile*” in de volgende woorden : „*Tout équilibre entre deux états différents de la matière (systèmes) se déplace, par un abaissement de la température, vers celui des deux systèmes dont la formation développe de la chaleur,*” waarbij hij constantheid van volume als vanzelfsprekend aanneemt (een omstandigheid, waarmede men echter meestal geen rekening behoeft te houden). Dit zeer origineel geschreven boek munt uit door een groote rijkdom van gedachten.

Merkwaardig is ook in dit werk de „*mesure du travail que l'affinité peut exercer*”, waarbij reeds „*l'attraction qu'exerce sur l'eau une solution saline*” ter sprake komt, in verband met proeven van PFEFFER. Deze worden opnieuw aangehaald in VAN 'T HOFF's verhandelingen van 1886 : „*Lois de l'équilibre chimique dans l'état dilué, gazeux ou dissous*” en „*Une propriété générale de la matière diluée*”, tegelijk waarmede ook die over „*Conditions électriques de l'équilibre chimique*” verscheen. Met deze ver-handelingen wordt de theorie der verdunde oplossingen ingeluid. De osmotische druk dient VAN 'T HOFF daarbij als hulpmiddel om de thermodynamica op eenvoudige wijze te kunnen toepassen op oplossingen : „*la pression qu'exerce une solution en vertu de l'attraction qui tend à produire l'osmose*” door een half door-latenden wand heen. In verdunde oplossingen blijkt deze druk evenredig te zijn met de concentratie en met de absolute tempera-tuur, zoodat VAN 'T HOFF spreekt van „*la loi de Boyle et la loi de Gay-Lussac dans les solutions diluées*”. Gebruikmakende van



J. H. VAN 'T HOFF

cylinders met half doorlatende zuigers leidt hij thermodynamisch de wet van GULDBERG en WAAGE voor verdunde oplossingen af. Voor zouten, zuren en basen (vooral de sterke) blijkt hij echter een factor i te moeten toevoegen om overeenstemming met de gaswetten te verkrijgen, een factor kort daarna verklaard door ARRHENIUS' theorie der electrolytische dissociatie. De verandering van het evenwicht bij wijziging der temperatuur wordt opnieuw beschouwd en toegepast op den invloed van temperatuurverandering op de oplosbaarheid.

Verder stelt VAN 'T HOFF het verband vast tusschen den osmotischen druk eener oplossing en de verlaging van het vriespunt van het oplosmiddel en leidt thermodynamisch een eenvoudige betrekking af tusschen de moleculaire vriespuntsdaling, de absolute smelttemperatuur van het oplosmiddel en de smeltwarmte daarvan.

In de ongeveer 10 jaren, die VAN 'T HOFF daarna nog in ons land doorbracht, verrichtte hij, met zijn leerlingen, onderzoekingen o.a. in zake overgangspunten, evenwichten tusschen mengsels van zouten, dubbelzouten en hun oplossingen, splitsing en omzetting van racematen en over oxydatieverschijnselen.

Na zijn vertrek naar Berlijn zijn het gedurende weder een 10-tal jaren vooral de uitvoerige onderzoekingen ter verklaring van de vorming der zoutbeddingen van Stassfurt geweest, die zijn aandacht in beslag hebben genomen. Zijn daarna ondernomen experimenten over synthetische fermentwerking heeft hij niet ten einde kunnen brengen.

VAN BEMMELEN heeft zich in het begin van zijn loopbaan vooral met landbouwchemische onderzoekingen bezig gehouden. Deze brachten hem al spoedig tot een bestudeering van het absorptievermogen der akkeraarde voor zuren, basen en zouten. In aansluiting hiermede volgden zijn proeven over het absorptievermogen van de hydrogels van kiezelzuur en tinzuur, van mangaanperoxyde en de oxyden van aluminium, ijzer, chroom, beryllium en magnesium. Daarna volgde een onderzoek naar sol- en gelvorming onder verschillende omstandigheden. De hydrogels, van welke in hoofdzaak die van het kiezelzuur werd onderzocht, bleken zich bij wateronttrekking en wateropneming geheel anders te gedragen dan „chemische” hydraten. Bij laatsgenoemden daalt de spanning bij wateronttrekking sprongsgewijs en wel in overeenstemming met de dampspanning der verschillende moge-

lijke hydraten. Bij hydrogels verandert de dampspanning bij overeenkomstige bewerking continu. VAN BEMMELEN noemde deze hydrogels daarom (1888) „absorptieverbindingen” een naam, dien hij ook gebruikte voor de stoffen, welke uit gels door behandeling met zuren, basen en zouten ontstaan en die evenmin in stoichiometrische verhoudingen uit de bestanddeelen zijn opgebouwd.

Het verloop der ontwateringslijnen en het absorptievermogen voor waterdamp, zuren, basen en zouten, bleek voor iedere gel verschillend te zijn en hing af van haar „voorgeschiedenis” (bereidingswijze, ouderdom, snelheid van ontwatering, enz.). De snelheid van absorptie neemt continu af, naarmate deze voortschrijdt en ook de snelheid van waterverlies neemt continu af, wanneer men aan een gel water onttrekt.

Ontwatert men een kiezelzuurgel langzaam, dan doorloopt de dampspanningslijn een bepaalde kromme lijn. Bij zeker watergehalte wordt de doorzichtige gel ondoorschijnend en treedt tevens een richtingsverandering in de dampspanningslijn op; zij krijgt een geringere helling. Na dit punt, omslagpunt, wordt de gel bij verdere wateronttrekking langzamerhand weer doorschijnend. Ten slotte is zij geheel helder. De curve verloopt dan weer steiler. Brengt men deze gel nu in ruimten met hogere waterdampspanning, dan neemt zij weer water op. Daarbij wordt eerst dezelfde dampspanningscurve doorlopen, maar spoedig blijkt het verschijnsel niet meer „omkeerbaar” te zijn. Er wordt een andere curve gevolgd, die met hogere dampspanningen overeenkomt. Bij herwatering blijft het absorptievermogen dus achter bij dat, hetwelk de gel bij ontwatering bezat; het vertoont het verschijnsel van hysteresis. Ook andere merkwaardige feiten zouden hierbij nog kunnen worden genoemd, bijv. dat een waterarme gel nog water kan afstaan aan een waterrijke gel, terwijl beide uit dezelfde gel zijn ontstaan, maar een zeer verschillende weg van waterafgifte en wateropneming hebben doorlopen.

De belangrijke en uitvoerige onderzoekingen van dezen voorlooper der huidige kolloïdchemie zijn in 1910 bijeengebracht door WO. OSTWALD in het boek „Die Absorption (gesammelte Abhandlungen über Kolloide und Absorption von J. M. VAN BEMMELEN)”.

FRANCHIMONT is de eerste geweest, die in Nederland een

afzonderlijke leerstoel voor de organische chemie heeft verkregen. Zijn invloed hier op de beoefening dezer wetenschap, die hij gedurende 40 jaren op origineele wijze heeft gedoceerd (men zie zijn leerboek), is zeer groot geweest. Van zijn leerlingen werden vijf hoogleraar (VAN ROMBURGH, HOLLEMAN, LOBRY DE BRUYN, JAEGER en BACKER). Onder zijn onderzoekingen vormen de nitraminen den hoofdschotel. Zijn leerling VAN ROMBURGH had de aromatische nitraminen ontdekt; FRANCHIMONT slaagde er in de aliphatische nitraminen en nitramiden te bereiden. Maar naast de onderzoekingen over deze twee nieuwe klassen van lichamen trekken de aandacht die over de inwerking van zwavelzuur op azijnzuuranhydride, over een nieuwe klasse van ureumderivaten (de ureolen), over het plumieride en over de smeltpunten van organische verbindingen. Aan het reële salpeterzuur, dat uitnemende hulpmiddel bij vele zijner experimenten, is zijn naam blijvend verbonden; eveneens aan het „Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas”, het tijdschrift dat hij in 1882 met W. A. VAN DORP, S. HOOGWERFF, E. MULDER en A. C. OUDEMANS heeft opgericht. Kort vóór zijn overlijden vond de overdracht er van plaats aan de Nederlandsche Chemische Vereeniging, welks wetenschappelijk orgaan het sedert Januari 1920 is.

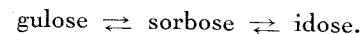
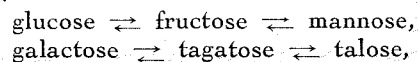
H. W. BAKHUIS ROOZEBOOM begon zijn onderzoekingen in VAN BEMMELEN's laboratorium; zij hadden eerst voornamelijk betrekking op de hydraten van zwaveldioxyde, chloor, broom, chloorwaterstof en broomwaterstof. Eenige merkwaardige resultaten, verkregen met laatstgenoemde stof (o.a. een teruglopende dampspanningskromme van het hydraat met twee moleculen water) gaven VAN DER WAALS aanleiding tot het geven eener thermodynamische verklaring. Ook vestigde hij ROOZEBOOM's aandacht op de theoretische onderzoekingen van J. W. GIBBS en daarmede werd de eerste steen gelegd van het trotsche gebouw door BAKHUIS ROOZEBOOM gesticht en door SCHREINEMAKERS en anderen voltooid. ROOZEBOOM's verhandeling van 1887 „Sur les différentes formes de l'équilibre chimique” bracht de verspreide waarnemingen bijeen en beschouwde deze uit het oogpunt van den phasenregel van GIBBS. Spoedig volgden de fraaie onderzoekingen van zijn leerling W. STORTENBEKER over het stelsel chloor-jodium, van hemzelf over het stelsel chloorcalcium-water en te zamen met SCHREINEMAKERS over het ternaire

stelsel ferrichloride-chloorwaterstof-water. Na een onderzoek over het stelsel thoriumsulfaat-water volgde de bestudeering der mengkristallen, hoofdzakelijk te Amsterdam, waarheen ROOZEBOOM in 1896 werd beroepen. Daar onderzocht hij ook met eenige leerlingen experimenteel een aantal evenwichten, waarbij mengkristallen optreden. Behalve zoutmengsels kwamen amalgamen en andere alliages aan de beurt, eveneens de vloeiende mengkristallen. Voor de techniek van direct belang was zijn verhandeling over ijzer en staal, van het standpunt der fasenleer beschouwd.

Ook de stelsels van twee optische antipoden, de stolling van tautomere mengsels en verscheidene andere vraagstukken trokken zijn aandacht.

Het is ondoenlijk in een kort overzicht eenig recht te doen wedervaren aan het belangrijke werk van ROOZEBOOM en dat zijner leerlingen. Van zijn boek „Die heterogenen Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre”, dat al deze onderzoeken en die van anderen zou bijeenbrengen, kon hij (in 1901 en 1904) slechts twee deelen doen verschijnen. Hoewel ook zijn leerlingen SCHREINEMAKERS, ATEN en BUCHNER (na ROOZEBOOM's overlijden (1907)), nog verscheidene gedeelten hebben bewerkt, is het standaardwerk helaas onvoltooid gebleven. De onderzoeken op het door ROOZEBOOM ontsloten gebied zijn daardoor echter niet vertraagd; zij worden in menig laboratorium voortgezet.

Slechts 8 jaren (van 1896 tot zijn overlijden in 1904) is C. A. LOBRY DE BRUYN aan de Universiteit van Amsterdam ROOZEBOOM's collega geweest. Vóór dien tijd had hij reeds de aandacht op zich gevestigd door zijn fraaie onderzoeken over de dinitrobenzolen, over methyl- en aethylalcohol als oplosmiddel (welke laatste voerden tot de bereiding in zuiveren toestand van het hydroxylamine en de hydrazine) en de osaminen (in samenwerking met VAN LEENT). Maar het is vooral de inwerking van alkaliën op suikers met zes koolstofatomen geweest, in hoofdzaak tezamen met W. ALBERDA VAN EKENSTEIN bestudeerd, die zijn naam hebben doen uitblinken. De verandering van het draaiingsvermogen van suikers onder invloed van alkaliën was de aanleiding tot het onderzoek, dat tot de kennis leidde o.a. van de volgende evenwichten:



Bovendien gaven deze en andere resultaten een nader inzicht in de configuratie der suikers; zij zijn tevens van belang uit plantenphysiologisch oogpunt. Ook andere onderwerpen werden door hem bestudeerd, o.a. de intramoleculaire atoomverschuivingen. Zijn plannen echter in deze richting heeft hij door zijn vroegtijdig overlijden niet kunnen verwezenlijken.

In het bovenstaande is het werk van eenigen onzer chemici genoemd, die niet meer in ons midden verkeerden. Een drietal anderen, die als hoogleeraar zijn afgetreden, doch nog steeds hun belangstelling voor de chemie toonen, n.l. S. HOOGEWERFF, P. VAN ROMBURGH en A. F. HOLLEMAN vragen onze aandacht.

HOOGEWERFF heeft zijn voornaamste onderzoeken in samenwerking met W. A. VAN DORP verricht. Uit den eersten tijd noemen wij die over chinolinezuur, chinoline en lepidine, maar vooral de ontdekking van isochinoline; dan de inwerking van alkalische broomloog op zuuramiden („reactie van HOOGEWERFF en VAN DORP”), welke tot zeer merkwaardige resultaten voerde o.a. op het gebied der intramoleculaire omlegging. De inwerking van kaliumhypobromiet op de imiden van tweebasische zuren leidde tot de bereiding van anthranilzuur uit phtaalimide, een feit van praktisch belang, omdat dit zuur toentertijd het uitgangspunt was van de technische bereiding van indigo. Ten slotte mag nog gewezen worden op de ontdekking der isoimiden, de bereiding van het kamferaminezuur en de onderzoeken over de vorming van additieproducten van vele organische zuren en andere zuurstofverbindingen met anorganische en organische zuren.

De onderzoeken van VAN ROMBURGH hebben zich in den aanvang bewogen op het gebied der halogeenderivaten van propyleen en waren ondernomen om te geraken tot het hexatriëen, de eenvoudigste koolwaterstof met twee geconjugeerde systemen van dubbele bindingen. Deze koolwaterstof werd eerst later verkregen op andere wijze, maar het onderzoek der genoemde halogeenvbindingen leerde een merkwaardige intramoleculaire atoomverschuiving kennen van een halogeenaatoom naar het eindstandige koolstofaatom van de vinylgroep.

Verder werkte VAN ROMBURGH op het gebied der nitroderivaten van alkylanilinen; hij ontdekte de klasse der aromatische

nitraminen, waarvan de eerste vertegenwoordiger het bekende tetryl was. Ook verkreeg hij een aromatisch nitramine, waarin zich vier nitrogroepen in de kern bevinden. Tijdens zijn verblijf op Java (1890—1903) hield hij zich bezig met onderzoekingen over de theefermentatie, met de studie van aetherische olieën, gutta parcha en met verschillende andere phytochemische onderzoekingen. Later te Utrecht heeft de inwerking van mierenzuur op glycolen een onderwerp van zijn onderzoekingen uitgemaakt. Deze leidden hem tot de bereiding van het triformine van glycerine, het eenvoudigste vet en tot de ontdekking van het hexatriëen, dat uit divinylglycol met mierenzuur ontstaat.

Vermelding verdient nog de studie van het ocimeen (een isomeer van myrceen).

Met het onderzoek van plantenstoffen houdt VAN ROMBURGH zich ook thans nog bezig.

HOLLEMAN's eerste onderzoekingen hadden betrekking op verbindingen, door hem dinitrosacylen genoemd, waarbij het hem ook gelukte, het verband tusschen deze en het slagkwik vast te leggen. Nadat hij er in geslaagd was het phenylnitromethaan te bereiden en diens tautomerie had ontdekt, onderzocht hij de nitratie van de kern dezer stof. Het optreden daarbij van drie isomere benzoëzuren, waarvan hij de onderlinge hoeveelheden wenschte te bepalen, bracht hem tot het zoeken naar methoden, waarbij een vrijwel zuiver mengsel der isomere substitutieproducten kon worden verkregen en van methoden om een dergelijk mengsel quantitatief te analyseeren. De onderzoekingen van BAKHUIS ROOZEBOOM wezen hem bij laatstgenoemd onderzoek den weg. Met zijn leerling T. VAN DER LINDEN slaagde hij er in, achtereenvolgens methoden te vinden om binaire, ternaire en quaternaire mengsels te analyseeren. In 1910 kon hij de resultaten van zijn onderzoekingen en die zijner leerlingen bijeen brengen in zijn boek „Die direkte Einführung von Substituenten in den Benzolkern”. Het voornaamste resultaat was de regel van het behoud van het substitutie-type. De reeds aanwezige substituent bepaalt, of de plaats van den nieuwen substituent hoofdzakelijk para-ortho of meta zal zijn. De verhouding van de hoeveelheden der isomeren in elk type kan echter zeer sterk variëren. In de tweede plaats bleken deze twee typen grensgevallen te zijn, die nooit bereikt worden. Bij een substitutie para-ortho ontstaat steeds ook meer of

minder meta, terwijl een zuivere meta-substitutie evenmin voorkomt.

Verder werd onderzocht, of te voorspellen waren de optredende isomeren en hun hoeveelheden bij invoering van een derden substituent. Qualitatief bleken voorspellingen te worden vervuld, quantitatief niet (door onderling uitgeoefende storingen).

Het probleem van de vervanging van substituenten werd eveneens bestudeerd, waarbij ook snelheidsmetingen werden uitgevoerd; een zeer groote gecompliceerdheid kwam daarbij aan het licht.

Vermeld mogen nog worden een studie over den invloed van de substitutie op den smaak van de stoffen en een zeer verdienstelijke bewerking van de door J. F. ЕУКМАН nagelaten aantekeningen, waardoor diens fraaie refractometrische onderzoekingen gezamenlijk konden worden gepubliceerd.

Op HOLLEMAN's leerboek behoeft hier niet gewezen te worden; het is in negen talen verschenen in 55 edities.

Ten einde dit overzicht niet te veel den vastgestelden omvang te doen overschrijden, worde het werk der thans in functie zijnde hoogleeraren slechts kort gememoreerd.

A. H. W. ATEN verrichtte onderzoekingen op het gebied der fasenleer, bewerkte o.a. het stelsel zwavel en chloor en onderzocht verschillende molecuulsoorten van zwavel. Op electrochemisch gebied hield hij zich bezig met het geleidingsvermogen van gesmolten zouten en van oplossingen van metalen in gesmolten zouten; ook behoorden de metaalafscheiding, de waterstofelectrode en electro-osmose tot zijn onderwerpen van studie en (met P. J. H. VAN GINNEKEN) de vorming van saccharaten in oplossing en de carbonatatie van kalksuikeroplossingen.

H. J. BACKER's onderzoekingen hebben betrekking op de structuur en chemische activiteit van eenvoudige koolstofverbindingen met verschillende functies, o.a. meerbasische zuren met een klein aantal koolstofatomen en verschillende zuurvormende groepen, zooals aliphatische sulfocarbonylen. Bij eenvoudige sulfozuren en carbonylen, waarbij optische activiteit was te verwachten, wegens het voorkomen van een asymmetrisch koolstofatoom of van een spirocyclische binding, werden door toepassing van nieuwe methoden (zooals koude kristallisatie van alkaloidezouten) de optische componenten van sommige racematen verkregen, waar vroegere pogingen gefaald hadden.

De onderzoekingen, die onder leiding van J. J. BLANKSMA plaats vonden, hadden betrekking op de bereiding van nieuwe suikers (d. ribose, l. ribose, l. xylose en l. mannose), het blauwzuurgehalte van en het voorkomen van mosterdoliën in verschillende planten, de eigenschappen van oxymethylfurfurol, de amiden en hydraziden van verschillende zuren, afgeleid van de suikers. Op het gebied der intramoleculaire atoomverhuizingen werden talrijke onderzoekingen gedaan; eveneens over de vervanging van beweeglijke halogeenatomen, de nitratie van verschillende aromatische aminen, de inwerking van natriumdisulfide op aromatische nitroverbindingen, de opening van de lactonring in phtalied en derivaten en de snelheid daarvan, de snelheid van hydrolyse en alcoholyse van esters en zuuranhydriden, enz. De resultaten werden vastgelegd in meer dan 30 dissertaties.

J. BÖESEKEN heeft met zijn leerlingen uitvoerige onderzoekingen verricht op het gebied van de reactie van FRIEDEL en CRAFTS; deze leidden hem tot opstelling zijner dislocatie-theorie en beschouwingen over de katalyse en pseudokatalyse. Uit de bestudering der complexe verbindingen tusschen polyhydroxyverbindingen en boorzuur werden gewichtige besluiten getrokken over de samenstelling en configuratie dier polyhydroxylichamen. Daarnaast werd de acetonmethode voor hetzelfde doel ter hand genomen. In verband met de bereiding van glykolen werden ter oxydatie van alkylenen ook gebezigd perbenzoëzuur en perazijnzuur; met deze perzuren treedt een Waldensche omkeering op. Met laatstgenoemd zuur werd ook de inwerking onderzocht op dubbele en drievoudige bindingen, op α -diketonen, op aromatische koolwaterstoffen en op in oliën en vetten voorkomende onverzadigde zuren. Vermeld mogen nog worden de opheldering van de samenstelling van het α -eleostearinezuur, de onderzoekingen over het jodiumgetal, de diazoteeringssnelheid, de inwerking van benzperoxyde op koolwaterstoffen en chloorverbindingen en die over polychloorverbindingen, waarbij o.a. het C_2Cl_2 werd ontdekt.

De onderzoekingen van ERNST COHEN en zijn medewerkers bewegen zich voornamelijk in drie richtingen: fysische isomerie, piëzochemie, electrochemie. Fysische isomerie of allotropie bleek een algemeen voorkomend verschijnsel te zijn. Ten gevolge van vertragingen kunnen metastabiele vormen optreden, zoodat de stoffen meestal uit metastabiele mengsels van

verschillende modificaties bestaan. Het onderzoek heeft zich daarom gericht op het verkrijgen van chemisch en fysisch zuivere stoffen en de bepaling van de fysisch-chemische constanten van deze. Bij de piëzochemische studiën werd de druk opgevoerd tot 1500 atm. en werden nauwkeurige waarnemingen verricht over den invloed van druk op oplosbaarheid, reactiesnelheid, electromotorische kracht, diffusiesnelheid, de wet van FARADAY, en eenige evenwichten, waarbij bekende thermodynamische betrekkingen werden getoetst en nieuwe afgeleid. De electrochemische onderzoekingen omvatten in hoofdzaak de quantitative studie der thermodynamische betrekkingen bij omkeerbare cellen; eensdeels behandelen zij de z.g. overgangselementen, anderdeels de normaal-elementen (o.a. dat van WESTON).

F. M. JAEGER's werkzaamheid heeft zich uitgestrekt tot uitvoerige onderzoekingen over heterogene evenwichten: vloeierende kristallen, binaire systemen van anorganische en organische componenten, inclusief de silicaatchemie. Verder hadden zij betrekking op chemische en fysische kristalkunde, moleculaire configuratie en optische activiteit, isotopen van silicium, de chemie der hoge temperaturen (bepaling van oppervlaktenspanning, electricch geleidingsvermogen, specifiek gewicht, inwendige wrijving en specifieke warmte), röntgenografische structuurbepalingen en de constitutie van ultramarijn. Genoemd mogen nog worden onderzoekingen over stralingspyrometers, thermisch en electricch geleidingsvermogen van kristallen, lichtgevoeligheid van antimoniet en fotochemische reacties van organische stoffen.

H. R. KRUYT's wetenschappelijk werk had oorspronkelijk vrijwel uitsluitend betrekking op het gebied der fasenleer, later heeft het zich in hoofdzaak bewogen op het gebied der kolloïdchemie, de adsorptieleer inbegrepen. Vooral werden eerst de capillair-electrische verschijnselen en de stabiliteit der lyophobe kolloïden bestudeerd, terwijl later de lyophiele kolloïden meer op den voorgrond zijn getreden.

De richting, waarin H. TER MEULEN's onderzoekingen zich hebben bewogen, kan als volgt worden omschreven: opsporing van glucosieden (indican en mosterdglucosieden); onderzoek naar den aard van de suikers van glucosieden; uitwerking van methoden ter bepaling van verschillende elementen (zuurstof, stikstof, zwavel, chloor, broom, jodium, arseen, kwik en cadmium) in organische verbindingen door hydreeing.

C. J. VAN NIEUWENBURG's werk heeft betrekking op analytische onderwerpen op het gebied der silicaat-analyse en de technische silicaatchemie (o.a. fysische chemie van kiezelzuur-anhydride en kaoline).

S. C. J. OLIVIER bestudeerde hoofdzakelijk de hydrolyse van organische verbindingen in verband met den invloed van waterstofionen, de theorie der afwisselende polariteiten en die van de sterische belemmering, het mechanisme van de reactie van FRIEDEL en CRAFTS en de structuurformule van caoutchouc.

De onderzoekingen van W. REINDERS behooren in de eerste plaats tot het gebied der heterogene evenwichten: mengkristallen, de theorie van het heterogene evenwicht in galvanische elementen, reciproke zoutparen (zoals conversiesalpeter), heterogene evenwichten bij roostreacties van sulfiden, de evenwichten in het stelsel strontiumoxyde — suiker — water, enz. Kolloidchemisch werkte hij over photohaloïden, den invloed van gelatine bij de ontwikkeling van de photographische plaat, de verdeling van fijne suspensies en een kolloid-opgeloste stof over twee oplosmiddelen, den invloed van lyophile solen op de stabiliteit en de elektrische lading van lyophobe solen. Op het gebied der reactiesnelheden werd bestudeerd de snelheid van inwerking van zuurstof op natriumsulfiat, -arseniet en -nitriet en op hydrochinon en metol.

F. E. C. SCHEFFER's onderzoekingen hebben betrekking op de theorie en de praktijk der binaire stelsels, de verschijnselen in de kritische buurt, dampdruk en allotropie van enkelvoudige stoffen, dampdrukbepalingen met den deformeeren glaswand, theorie der reactiesnelheden, toepassingen van de waarschijnlijkheidsrekening, gasevenwichten, diffusie, enz.

N. SCHOORL bestudeerde voornamelijk het reduceerend vermogen van suikers, ook in verband met de definitie dezer lichamen, waaruit voortkwam een meer specifieke methode van quantitative bepaling. Daarnaast vestigde hij de aandacht op de analytisch-chemische beteekenis der specifieke refractie, vooral in homologe reeksen en op het belang van het gebruik van rationeel afgeronde (lucht-)atoomgewichten bij de chemische analyse. Ook zijn microchemische onderzoekingen mogen hier worden genoemd.

F. A. H. SCHREINEMAKERS heeft zijn werk doen aansluiten bij dat van BAKHUIS ROOZEBOOM. Terwijl deze zich voornamelijk bezig hield met binaire stelsels, heeft SCHREINEMAKERS zijn klas-

sieke onderzoekingen hoofdzakelijk verricht bij ternaire en quaternaire systemen. Die over dubbelzouten voerden hem tot het uitwerken der bekende „restmethode”, welke thans algemeen in gebruik is. Theoretisch en experimenteel zijn door hem behandeld: dubbelzoutvorming en -ontleding, de evenwichten, waarbij twee en drie vloeistoffen optreden, dampspanningen bij binaire en ternaire systemen, mengkristallen in ternaire systemen. Slechts een gedeelte van zijn werk treft men aan in de twee door hem geschreven deelen van het door BAKHUIS ROOZEBOOM begonnen boek over heterogene evenwichten: „Systeme mit nur eine Flüssigkeit ohne Mischkristalle und ohne Dampf” (1911) en „Systeme mit zwei und mehr Flüssigkeiten ohne Mischkristalle und ohne Dampf” (1913). Zeer uitvoerig heeft hij daarna geschreven over evenwichten in ternaire stelsels, waarbij ook de dampphase wordt behandeld en over in-, mono- en divariante evenwichten. Thans is door hem een nieuw veld van onderzoek geopend door zijn verhandelingen over evenwichten in systemen, waarin fasen, die door een semi-permeabelen wand zijn gescheiden en die over osmose van ternaire vloeistoffen.

A. SMITS bestudeerde eerst de dampspanningsvermindering en de kookpuntsverhooging van verdunde oplossingen; daarna onderzocht hij binaire en ternaire stelsels, waarin kritische verschijnselen optreden bij aanwezigheid van een vaste fase. Een door hem uitgewerkte theorie over de allotropie voerde hem tot een nieuwe theorie der electromotorische evenwichten. Beide gaven aanleiding tot uitvoerige onderzoekingen, waarbij de complexiteit van de zoogenaamde enkelvoudige stof kon worden aangetoond. De langs theoretischen en experimenteelen weg verkregen uitkomsten werden samengevat in een boek „Die Theorie der Allotropie” (1921), dat ook in het Engelsch en Fransch is vertaald. Ten einde de complexiteit nader aan te toonen, werden proeven verricht over intensieve droging en werd ook een Röntgenografisch onderzoek ter hand genomen. Genoemd mogen nog worden hetgeen door hem en zijn leerlingen verricht is op het gebied van passiviteit en overspanning en de proeven in zake een transmutatie van lood.

P. E. VERKADE's onderzoekingen zijn in hoofdzaak van thermochemischen aard; zij zijn meestal in samenwerking met J. COOPS Jr. verricht. Zij hebben betrekking op thermochemische standaardstoffen, de saneering der oudere thermochemische ge-

gevens en de betrekkingen tusschen verbrandingswarmte en constitutie van organische stoffen. Daarnaast dient genoemd te worden de bestudeering der oscillatieverschijnselen bij fysische en chemische constanten in homologe reeksen en zijn werk over het voorkomen van oneven vetzuren in natuurlijke vetten, oliën en wassen, over de beteekenis van oneven vetten bij de behandeling van diabetes en over de hydratatiesnelheid van organische zuuranhydriden.

H. I. WATERMAN's werk en dat zijner leerlingen had en heeft betrekking op de studie der antiseptica, den kringloop der elementen bij de stofwisseling van schimmels en andere mikro-organismen, de mutatie bij schimmels, de suikervorming bij wateronttrekking in zetmeelhoudende grondstoffen, de cracking en hydreeing onder hoogen druk, citronellaal, allyl- en propenylverbindingen, bereiding van zuivere onverzadigde koolwaterstoffen, harding van vette oliën en de daarbij plaatsvindende omzettingen, rietmelasse en bietmelasse, polymeriseeren, sesamine, ontzwavelen en in 't algemeen raffineeren van petroleumproducten, filtreeren, inwerking van salpeterigzuur op wol en zijde (waaruit ontstond de wol- en zijde-photografie).

J. P. WIBAUT's wetenschappelijk werk heeft zich bewogen op de volgende gebieden: eigenschappen van zwavelhoudende en van stikstofhoudende kolen, onderzoekingen over katalytische reacties (additie van water en van halogeenwaterstof aan olefinen; katalytische hydreeing en dehydreeing van heterocyclische verbindingen); synthetische onderzoekingen over pyridine-derivaten en pyridyl-pyrrolen; nitratie-regelmatigheden bij benzolderivaten.

Plaatsgebrek noopt ons het werk der hoogleeraren in de biochemie, pharmaceutische en medische chemie te laten rusten. Ook dat van de vele andere onderzoekers, die niet-hoogleeraren zijn. Hun werk treft men echter gedeeltelijk aan in de twee organen der Nederlandsche Chemische Vereeniging, het *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas* en het *Chemisch Weekblad*, terwijl de daarin opgenomen bibliografieën den weg wijzen naar de elders verschenen verhandelingen.