

Werken aan scheikunde

*24 memoires van hen die de
Nederlandse Chemie
deze eeuw groot hebben gemaakt*

Uitgegeven door Delftse Universitaire Pers in 1993.
(Copyright 1993 by Delft University Pers).

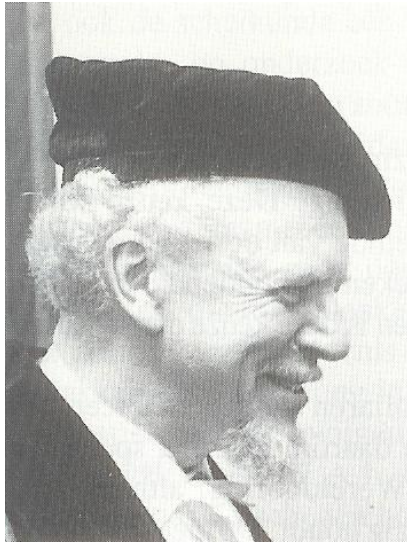
Met toestemming van IOS Press, Amsterdam
op de KNCV/CHG website geplaatst.

Hoofdstuk

W. van Tongeren
Analytische chemie
(Oorspronkelijke pagina's:139-171)

Analytische chemie

W. van Tongeren



23 mei 1911 geboren te 's-Gravenhage
1923-1928 Nederlandsch Lyceum 's-Gravenhage, rector R. Casimir
1928-1929 vrijwillig in militaire dienst voor eerste oefening
1929-1938 studie aan de Faculteit Wis- en Natuurkunde, Rijksuniversiteit Utrecht
1932 doctoraal-examen hoofdvak Mineralogie
1932-1934 aanvullende studie in Analytische en Fysische Chemie
zomer 1935 studie Spectrochemie bij V.M. Goldschmidt te Göttingen
1935-1938 assistent Mineralogie bij Prof. Schmutzer
1936-1938 geochemisch onderzoek gesteenten uit Indische Archipel
10-10-1938 promotie tot Doctor in de Wis- en Natuurkunde
1938-1941 ingenieur-geoloog bij de Billiton-Maatschappij
1939-1940 waarnemend Chef Chemisch Laboratorium B.M. te Manggar; voordien en nadien geologisch onderzoek der diepmijn
1941-1946 ingenieur 2e kl. Dienst van den Mijnbouw N.O.I. Bandung, werkzaam op het Laboratorium voor Delfstoffenonderzoek
1942-1941 mobilisatie als Officier speciale diensten Militaire Luchtvaart
1942-1945 Japanse krijgsgevangenschap
1946-1949 ingenieur bij de Koninklijke Nederlandse Hoogovens en Staalfabrieken IJmuiden als chef van het Chemisch Laboratorium
1949-1981 hoogleraar Analytische Chemie en later ook Geochemie aan de Universiteit van Amsterdam; Oratie: 12-12-1949
1965 geochemisch onderzoek in Suriname (Unesco-VN)

1968-1981 *secretaris Sectie Scheikunde A.R.*
1981 *emeritaat*

Werkterrein: analytische chemie en monsterneming

Jeugd en schooljaren (1911-1928)

Van de auteurs dezer hoofdstukken wordt in zekere zin verwacht dat zij ook een argumentatie geven voor de keuze hunner studierichting. Deze keuze wordt - uitzonderingen daargelaten - reeds in, of tegen het einde van de jeugd gemaakt en hopelijk berust ze dan op persoonlijke aanleg en rekening houdend met eerder opgedane ervaringen. Met tal van andere omstandigheden is deze keuze dan bepalend voor de verdere levensloop.

Behalve door de normale verwerking van in de schooljaren aangeboden leerstof, doet men veel ervaring op bij het spelen. We kijken daarom naar het speelgoed van een joch in de jaren vóór en tijdens de Eerste Wereldoorlog, althans voor zover als dat bijdraagt tot het probleem dat ons hier bezig houdt. De meesten zullen zich behelpen met hetgeen voor de hand ligt en met, min of meer, technisch speelgoed; dat was toen bij lange na niet zo gecompliceerd als tegenwoordig.

Beide categorieën kunnen ons vertrouwd maken met constructieve problemen en met de eigenschappen van materialen, ook al gaat een en ander vaak ten koste van het speelgoed. Spelen met water en zand op het strand te Scheveningen laat je kennis maken met het gedrag van vaste stoffen en vloeistoffen. Maar er zijn zo vreselijk veel stoffen met allerlei uiteenlopende eigenschappen en uit de combinaties die daarvan mogelijk zijn ontstaan misschien wel oneindig veel verschillende produkten. Het kind heeft natuurlijk nog geen weet van het verschil tussen mengsels en verbindingen, maar dat maakt niet zoveel uit voor de redenering en voor de conclusie!

Als vijf- of zesjarige een eerste kennismaking met elektriciteit: een lichtleiding met (te) goed toegankelijke stopcontacten levert de eerste van veel, latere schokkende ervaringen. Voorlangs het huis rijden de elektrische tramwagens - zonder locomotief als de stoomtram - naar het strand op geheimzinnige wijze voortgedreven door een kracht in de bovenleiding. Maar er zijn ook transformatoren voor elektrische schellen en er is elektriciteit in losse verpakking, van batterijen; je kunt er lampjes op laten branden en er speelgoedmotoren mee laten draaien.

Als je, eenmaal op school, lezen, schrijven en rekenen geleerd hebt krijg je belangstelling voor boeken en tijdschriften, eenvoudige over natuurkundige proefjes met simpele hulpmiddelen, maar ook studieboeken van je vader over natuurkunde in het algemeen en elektriciteit in het bijzonder.

Er is thuis nog geen telefoon, maar je hoort de mensen spreken over draadloze telegrafie en telefonie. Aan de andere kant van de stad heeft Ir. Idzerda een zender en als tienjarige krijg je een ontvangtoestel dat nu geen slecht figuur zou slaan in een rariteitenkabinet! Je

kunt daarmee altijd wel luisteren naar de morse-seinen van Scheveningen-Haven, soms naar de muziek en spraak van Idzerda in de Beukstraat en 's avonds kan je de uitzendingen van Chelmsford in Engeland horen.

Om ook de scheikunde een beurt te geven: Wat vind je in keukenkastjes als je - onbewaakt - op onderzoek uitgaat? Onder andere zoutzuur en ammonia, nog aangeduid als 'geest van zout' en dergelijke. Elk voor zich hebben ze een scherpe reuk. Tezamen geven de dampen een witte nevel en snel is daaraan, of aan het warm geworden mengsel der beide vloeistoffen een naam gegeven die toevallig nog overeenstemt met een ouderwets klinkende stofnaam: zoutzure ammonia. Met de ook aanwezige soda doet de ene niets, maar de andere geeft opstijgende gasbelletjes, die doen denken aan spuitwater uit de sifon.

Met zo'n voorgeschiedenis hebben op de middelbare school de β -vakken een gemakkelijke voorsprong in belangstelling op de talen, om van handtekenen en gymnastiek maar te zwijgen. Met geschiedenis en aardrijkskunde is het een iets ander geval: de met H.A.L. ondertekende feuilletons in de Nieuwe Courant gaan vaak over pas verschenen boeken met een, daarin kort samengevatte, spannende geschiedkundige inhoud en er zijn boeken over avontuurlijke reizen in verre landen, waarvan je de route opzoekt in de atlas. Maar toch, in wiskunde en de natuurwetenschappen ben je in je element, vooral als je voorstel om de moeilijke, onoverzichtelijke aanduiding van de hoeken in meetkunde-figuren (bijvoorbeeld CAD en DAB naast een zwaartelijn in ΔABC) te vervangen door de aanduiding - in dit geval - $\alpha 1$ en $\alpha 2$, direct te schrijven in de hoek, met enthousiasme wordt aanvaard en overgenomen. De overige vakken zijn niet minder belangwekkend, maar meer om ervan te genieten dan je er zelf actief mee bezig te houden. Maar onlangs, bij een reünie ter gelegenheid van het 80-jarig bestaan onzer school, in gesprek met een vroegere klasgenoot, herdachten we dankbaar de Franse literatuurlessen van Mej. Ahn, als basis van onze belangstelling voor de schone letteren!

Aan het Nederlandsch Lyceum te 's-Gravenhage ontving ik in de jaren 1923/28 een voortreffelijke voorbereiding tot de universitaire studie. Me verder beperkend tot de β -vakken, ben ik veel verschuldigd aan het wiskunde-onderwijs van Ir. W.H. Veldhuis en het natuurkunde-onderricht van drs. H. Corver, die ons met - een in die tijd zelden voorkomend onderdeel van het programma - een natuurkundig practicum, een eminente inleiding gaf tot wetenschappelijk onderzoek en de verslaggeving daarover in het algemeen.

Veelzijdige belangstelling - en dan niet alleen binnen natuurwetenschappen, doch ook voor literatuur, historie en muziek - is natuurlijk niet bevordelijk voor diepgaande specialisatie, zeker als daarbij nog komt een neiging tot constructieve bezigheid op uiteenlopende gebieden. De beperkingen van een dergelijke instelling heb ik me terdege gerealiseerd, maar ik heb die ook nooit op langere termijn kunnen bedwingen. Het heeft trouwens ook wel voordeel als men zich daardoor analogieën tussen verschijnselen op verschillend gebied bewust wordt.

Universitaire studie (1929-1938)

Ik bemerkte dit al bij mijn studie aan de Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen der Rijksuniversiteit te Utrecht, begonnen in 1929 na een jaar militaire dienst voor eerste oefening.

Mijn oorspronkelijke keuze was voor wis- en natuurkunde in meer beperkte zin, met bijvak scheikunde. Maar binnen het jaar kwam ik onder beking van het door deze studierichting (de fysica) facultatief aanbevolen college mineralogie. Omdat dit college op vier dagen gegeven werd van 8.25 tot 9.05 was het gemakkelijk te combineren met studierichtingen waarvan de colleges niet voor negen uur begonnen. Prof.dr. L.M.R. Rutten, die in het studiejaar 1929/30 deze colleges nog op voortreffelijke wijze gaf met fabelachtig mooie projecties van kristaloptische verschijnselen, was in zekere zin al een oude bekende: zijn boek over de geologie van N.O.I. had ik als speciaal onderwerp opgekregen voor mijn eindexamen aardrijkskunde.

Ik zette daarom de studie voort in de geologie en mineralogie onder Rutten en de een jaar later nieuwbenoemde hoogleraar Dr.ir. J.I.J.M. Schmutzer, die de mineralogie en petrografie op zich nam, maar die ook activiteit ontwikkelde in de politiek.

Na mijn doctoraal-examen in 1932 was het, door de toen heersende malaise in de economische omstandigheden, moeilijk om aan de slag te komen. Op aanraden van Prof.dr. E.C.Jul. Mohr, die te Utrecht als bijzonder hoogleraar bodemkunde doceerde, heb ik -mede ter voorbereiding van een promotie-onderzoek - toen colleges gevolgd en practica gelopen voor kandidaten in de chemie. Dit dus ter uitbreiding van de voor studenten in de aardwetenschappen zeer beperkte voor-kandidaatsopleiding scheikunde. Als leermeester voor de analytische chemie kreeg ik de hoogleraar in de farmaceutische chemie Dr. N. Schoorl, een studiegenoot nog van Mohr, beiden zelf leerlingen van Van 't Hoff en de Delfter microchemicus Behrens. In de fysische chemie werkte ik onder Ernst Cohen en H.R. Kruyt, in de organische chemie onder Prof.dr. F. Kögl. Aan het doctoraal-examen met bijvak scheikunde was lesbevoegdheid scheikunde onverbreekelijk verbonden. Men huldigde toen de - later losgelaten - opvatting, dat theoretische eisen voor het bijvak geheel gelijk dienden te zijn aan die voor studenten met hoofdvak chemie. Dit was me, althans voor de organische chemie, te machtig, zodat ik tenslotte met testimonia voor analytische en fysische chemie terugkeerde tot de geologie en mineralogie.

De twee jaren als gast doorgebracht bij de chemie en farmacie leverden bekendheid op met elementaire fysisch-chemische metingen, met beginselen der colloïdchemie, de theoretische studie van de fasenleer, een grondige kennismaking met analytische chemie en een cursus microchemie. Na afsluiting van het cursorische deel van het analytisch practicum gaf Schoorl me nog een tiental mineralen van uiteenlopende samenstelling ter analyse. Eén daarvan was tinsteen, cassiteriet, SnO_2 , waarvoor een sulfidische ontsluiting toen gebruikelijk was, die de vorming van oplosbare sulfozouten ten doel had. Ik vond dat een zeer onplezierige methode en ik redde me eruit door het erts in een glazen buis onder verwarming door overleiden van lichtgas te reduceren. Het verkregen metallische tin is natuurlijk gemakkelijk in oplossing te brengen en te bepalen. Het was prettig, later te ervaren dat deze ontsluitingsmethode in de praktijk van de ertsontginning algemeen wordt

toegepast.

In de op organische scheikunde doorgebrachte tijd verzocht Prof. Kögl me de oriëntatie van organische moleculen met twee verschillende substituenten in kristallen van dergelijke stoffen na te gaan in de literatuur. Uit statistische, misschien moet men zeggen 'uit symmetrie-overwegingen', verwacht men dan een 'eerlijke', gelijkmatige, verdeling der substituenten in de kristallen, hetgeen ook het geval bleek te zijn. Ik kreeg de indruk dat Kögl liever een andere uitkomst gezien had, wellicht voor pogingen om slechts één van beide substituenten tot reactie te brengen.

Mohr werkte aan het Koloniaal Instituut, het huidige Instituut voor de Tropen waaraan een scheikundig laboratorium was verbonden. In de zomer van 1934 bracht ik daar enkele maanden door om ervaring op te doen met granulair-analyse van grondmonsters. Deze worden daarbij naar korrelgrootte gescheiden in fracties; de fijnere fracties worden verkregen door 'slibben', het laten bezinken van de deeltjes in stilstaand of langzaam stromend water, de grovere door te zeven. Tenslotte werden van een aantal fracties chemische analyses gemaakt.

In de dertiger jaren voerde ik ook een aantal analyses uit van silikaat- en andere gesteenten en mineralen, uiteraard met de, tegenwoordig obsoleete, klassieke methodes van de silikaat-analyse. Het is duidelijk dat het bij al dergelijke werkzaamheden niet ging om de analytische chemie om haarzelfs wille, doch uitsluitend om de praktische toepassing ervan ter verkrijging van resultaten op het gebied der aardwetenschappen.

Van 1935 tot einde 1938 was ik als assistent voor mineralogie verbonden aan het Geologisch-Mineralogisch Instituut der Rijksuniversiteit te Utrecht, laatstelijk gedeeld met Dr. W. Nieuwenkamp, toen deze terugkwam van een in economisch opzicht weinig perspectief biedende exploratie van lood- en zinkertsen in Zuid-Limburg door middel van geofysisch onderzoek.

In de twintiger jaren was een grensgebied tussen de scheikunde en de aardwetenschappen, de geochemie, tot grote bloei gekomen door onderzoekingen van V.M. Goldschmidt en het echtpaar I. en W. Noddack en wel mede met het oog op de voorziening in zeldzame grondstoffen. Het was dus niet verwonderlijk dat Rutten me verzocht er een referaat over te houden op het wekelijks in zijn instituut gehouden colloquium. Het onderwerp boeide me zo, dat ik er een meer uitvoerige studie van maakte en besloten werd toen, als promotie-onderwerp te kiezen het voorkomen van een aantal zeldzame elementen in de magmatische gesteenten optredend in (het toenmalige) N.O.I. Deze keus lag voor de hand, eensdeels omdat talrijke, voor zo'n onderzoek in aanmerking komende monsters hier te lande beschikbaar waren en anderdeels omdat veel afgestudeerden hun werkterrein in de Indische archipel vonden.

Na een eerste periode waarin veel geochemisch onderzoek werd uitgevoerd met röntgenspectrometrische methodes, trad langzamerhand de optische spectraalanalyse in het U.V. gebied en zichtbare gebied van het spectrum door haar grote gevoeligheid op de voorgrond. Om hiermede kennis te maken bracht ik in de zomer van 1935 enige tijd door in het Geochemisch Instituut van Prof.dr. (Dr.h.c.) V.M. Goldschmidt te Göttingen. Op zo grote schaal opgezet onderzoek over een betrekkelijk beperkt vakgebied, als daar werd bedreven, kwam destijds nog niet veel voor; de verkregen resultaten werkten door op

ander terrein dan de geochemie, met name in de biologie, medische wetenschap en landbouwkunde.

Het Utrechtse instituut beschikte niet over een spectrografische opstelling en de geldmiddelen waren schaars. Binnen ons bereik lag echter een spectrograaf met glasoptiek voor het zichtbare spectrum en het nabije U.V., compact van bouw door een totale deviatie nabij 180° door een combinatie van twee dispergerende en één totaalreflecterend prisma, ontworpen door een van Goldschmidt's medewerkers, Dr. R. Mannkopff [1], (fig. 1). Een exemplaar voor het bereik van $3600\text{-}5000 \text{ \AA}$ werd besteld bij en vervaardigd door het Fysisch Adviesbureau van Mevr. Dr. C.E. Bleeker te Utrecht, evenals de bijbehorende lichtbron, een gelijkstroomvlamboog, direct aan te sluiten op het 220 V gelijkstroomnet der binnenstad van Utrecht. Het aangegeven spectraalgebied kwam met een redelijk grote dispersie op negatieven van 24 cm lengte in verband met de zeer lijnenrijke spectra van gesteenten (fig. 2). De afregeling van het instrument (golflengtegebied, ligging van het brandvlak en scherpstelling) verliep zonder veel problemen, evenals de ijking met behulp van daartoe samengestelde monsters. Daarna werden ongeveer 300 Indische gesteentemonsters op een twintigtal elementen onderzocht. Een en ander werd beschreven in mijn dissertatie (1938) [2].

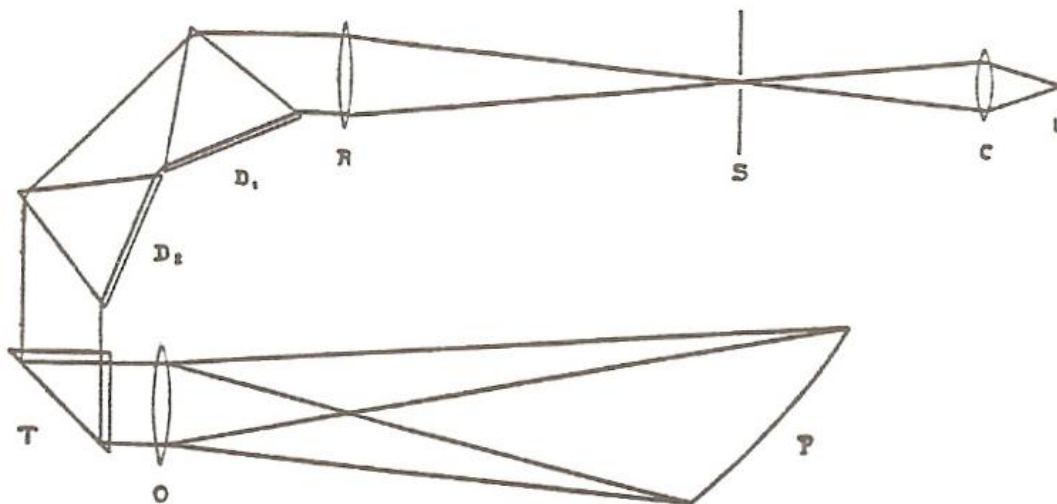


Fig. 1 Spectrograaf volgens R. Mannkopff. L: lichtbron; T: totaalreflecterend prisma; C: condensorlens; R: collimatorlens; S: spleet; O: objectief; $D_{1,2}$: deviatieprisma's; P: camera.

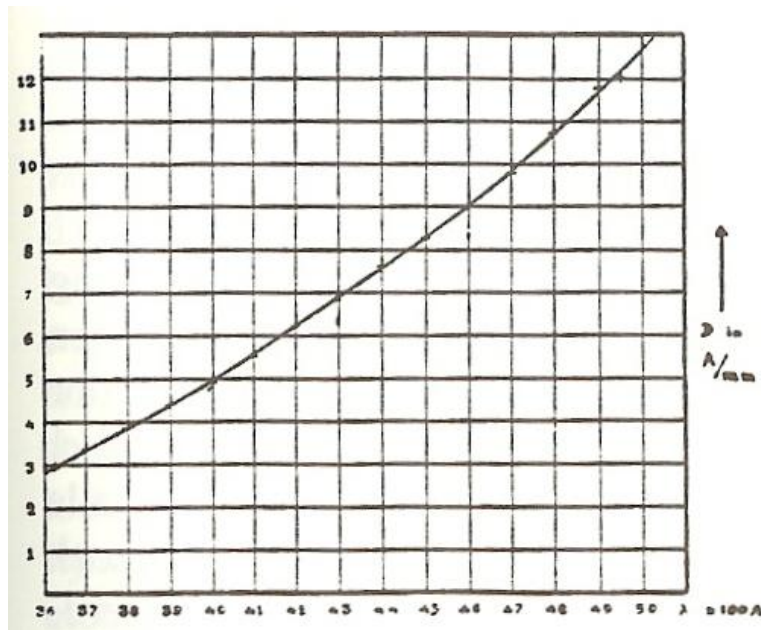


Fig. 2. Dispersiekromme van de spectrograaf. Abcxis: 3600-5000 Å. Ordinaat: dispersie in Å/mm.

Ertsprospectie en analytisch-chemisch onderzoek op Billiton (1938-1941)

Een dergelijke opstelling met nieuwe mogelijkheden pleegt enige aanloop ten gevolge te hebben van mensen die zich hierover willen oriënteren, of die er gebruik van willen maken. Een dezer contacten heeft ertoe geleid dat ik einde 1938 naar Indië vertrok als geoloog bij de Billiton Maatschappij (N.V. Gemeensch. Mijnbouwmaatschappij Billiton) voor tinertsprospectie in de diepmijn te Klappa Kampit op Billiton en voor overeenkomstige onderzoeken op andere deelgebieden van het werkterrein der Maatschappij, onder andere bij een goud- en zilvermijn in Zuid-Bantam in West Java, waar men belang bij had.

Het onderzoek te Klappa Kampit was op voortreffelijke wijze begonnen en georganiseerd door de chef-geoloog, Dr. J.W.H. Adam. En passant werd met magnetometers een oriënterend onderzoek uitgevoerd aan de oppervlakte van het terrein, om de eventueel mogelijke voortzetting der ertsaders buiten het reeds ontgonnen gebied na te gaan. Dit is mogelijk omdat tinertsvoorkomens doorgaans ook ijzermineralen bevatten.

In september 1939 werd door de oorlogsomstandigheden in Europa de verscheping van tinerts naar de Arnhemse 'smelterij' der Nederlandsche Metallurgische Bedrijven niet meer toegelaten; tin is immers een strategisch belangrijk metaal. Door verschuivingen in de staf werd ik toen tijdelijk belast met de leiding van het chemisch laboratorium op Billiton te Lipet Kadjang bij Manggar. Er werden daar alle voorkomende analyses voor de ertsprospectie uitgevoerd, maar ook het onderzoek der monsters genomen van te

verschepen partijen, door 'wassen' geconcentreerd, tinerts. Wassen heeft hier dezelfde betekenis als bij goud wassen, een scheiding naar dichtheid door beweging in een omgeving van water, hoewel voor zware verontreinigingen andere methodes noodzakelijk kunnen zijn (oxiderend roosten en flotatie). In een tamelijk geïsoleerde gemeenschap moeten nog veel andere controles uitgevoerd worden die voor zover mogelijk op dit laboratorium verricht werden; ik noem slechts bepaling van het alcoholgehalte in arak en de treksterkte van de kabels der mijnliften!

Het erts werd voortaan verscheept naar de Eastern Smelting Company te Penang (Malacca). Vanwege de grote waarde der zendingen moest het tingehalte van partijen tot 3000 ton zeer nauwkeurig bepaald worden, liefst tot op 0,1% nauwkeurig en dat in analysemonsters van slechts 200 mg! Ik heb me toen afgevraagd of dit wel doenlijk is bij een verhouding van 1 op 15 miljard? Tot dusverre waren deze problemen minder klemmend geweest omdat producent en verwerker steeds in één hand waren, het Billiton-concern. Indien systematische fouten kunnen worden voorkomen en er dus alleen toevallige afwijkingen in het spel zijn, is de situatie redelijk gunstig omdat verschillen met de cumulatieve waarde van een aantal partijen relatief steeds kleiner zullen worden bij afrekening met een vaste relatie.

Het nemen der monsters kon onder tamelijk gunstige omstandigheden gebeuren, namelijk bij het gereedmaken van een partij voor verzending, waarbij een groot aantal deelmonsters uit kleinere hoeveelheden erts getrokken kan worden. Als enig bezwaar tegen de toegepaste methode kon gelden, dat de voor het nemen der monsters gebruikte buizen met gleuf in de lengterichting wel eens permanent magnetisch bleken te zijn en dat bij mogelijke aanwezigheid van ijzerhoudende verontreinigingen!

De genomen deelmonsters moeten goed gemengd worden en geleidelijk worden teruggebracht tot kleinere hoeveelheden en tot dienovereenkomstig geringere korrelgrootte. De vraag doet zich voor uit hoeveel deeltjes een monster minstens moet bestaan, om bij afzondering uit een groter massa daarvoor nog redelijk representatief te kunnen zijn? Een kwestie die zich bij het analytisch onderwijs niet pleegt voor te doen, omdat men meestal met homogene 'monsters', doorgaans oplossingen, te maken heeft.

Het fijnmaken der monsters werd uitgevoerd met behulp van een stuk gereedschap dat ik het beste kan omschrijven als een zware 'vloedrukker' van ijzer aan een lange steel en op mangaanstalen platen. De korrels van het monster mogen alleen maar geplet worden door 'rollen' van de cylindermantel over de plaat, zodat ze worden fijngedrukt. Dat in de praktijk de bewerking feitelijk met een op schoenpoetsen gelijkende beweging plaats vond, onder sterke wrijving, kwam toevallig uit toen ik een gesteentemonster uit de diepmijn voor onderzoek liet fijnmaken. Na deze bewerking bevatte het monster een hoeveelheid fijnverdeeld metallisch ijzer, hetgeen ten enenmale onmogelijk was bij het oorspronkelijke monster, een radiolriet met hoog SiO_2 -gehalte.

De reden om bij fijngemaakte monsters, in het bijzonder van tinerts, met een magneet metallisch ijzer af te zonderen en ook uit te zien naar platgedrukt metallisch tin was, dat aan de aardoppervlakte voorkomend, met ijzeroxide verontreinigd tinerts na brandjes van struikgewas metallisch ijzer en tin kan bevatten, die buiten het analysemonster moeten

blijven om apart in de gehaltesberekening te worden opgenomen. Bij het fijnmaken van mijn harde gesteente was dus door de wrijfbeweging ijzer van het gebruikte gereedschap in het monster terecht gekomen. Hetzelfde bleek het geval te zijn met monsters van het eveneens harde tinerts die door hun afkomst uit diepmijn of baggermolen, vrij van fijnverdeeld ijzer moeten zijn. Bij nader onderzoek bleek het om verontreinigingen van de orde van grootte van 1% te gaan, met een overeenkomstige schijnbare verlaging van het tingehalte der partijen. Het was derhalve noodzakelijk de 'vloedrukkers' alleen als zodanig (rollend) te gebruiken, waardoor de verontreiniging binnen de perken blijft.

Een dergelijke verontreiniging is een voorbeeld van een systematische fout; meer normale systematische afwijkingen zijn het gevolg van uiteenlopende karakteristieke eigenschappen der verschillende componenten in het monster, met name dichtheid en vorm van de deeltjes, die van invloed zijn op hun gedrag. Ervaren monsternemers passen allerlei werkwijzen toe om ontmenging als gevolg hiervan te voorkomen. Ik ontving toen de opdracht het geheel van monsterneming en chemische analyse systematisch te onderzoeken en daarover verslag uit te brengen.

Toevallige afwijkingen in de samenstelling van mengsels treden noodzakelijkwijs op bij elke verdeling in twee of meer porties. Het uiteindelijk analysemonster komt tot stand door een aantal, elkaar opvolgende, delingen met afnemende hoeveelheden stof van steeds geringer deeltjesgrootte. De daarbij achtereenvolgens ontstane toevallige fouten, uitgedrukt in hun standaardafwijking, worden kwadratisch gecombineerd tot de te verwachten fout in het eindresultaat. De gunstigste toestand krijgt men daarbij indien onderling nagenoeg gelijke afwijkingen gecombineerd moeten worden, zoals uit eenvoudige getallenvoorbeelden duidelijk blijkt. Bij grote verschillen tussen de te combineren afwijkingen is het efficiënt, eerst de grootste daarvan terug te brengen, hetgeen erop neerkomt ernaar te moeten streven de aantallen deeltjes der achtereenvolgens verkregen monsters ongeveer even groot te maken. Dit leidt dus tot een voorschrift voor hoeveelheden monster in afhankelijkheid van deeltjesgrootte en soortelijke massa der componenten, waarvan de bijbehorende standaardafwijkingen uit een nomogram kunnen worden afgeleid.

Het onderzoek over deze theoretische kwesties moest uiteraard naast de normale gang der werkzaamheden van het laboratorium worden gedaan. De te verwachten standaardafwijkingen werden aanvankelijk bepaald uit ietwat simplistische afleidingen volgens de kansrekening, maar het leek me veilig dit, zo mogelijk, ook proefondervindelijk te verifiëren. De redenering daarbij was nu: indien de analysefout en de monsterfout op elkaar zijn afgestemd (wenselijk omdat deze beiden als toevallige fouten ook kwadratisch gecombineerd moeten worden), is het moeilijk de monsterfout experimenteel aan te tonen. Maar met opzettelijk te klein genomen monsters kan men de monsterfout naar believen vergroten en dan is, alweer door de kwadratische combinatie, de fout in de chemische bepaling te verwaarlozen indien in doorsnee de monsterfout bijvoorbeeld 10 maal zo groot is als de analysefout. (Bij fouten met respectievelijk 1.0 en 0.1% standaardafwijking $\sqrt{1^2 + 0.1^2} = \sqrt{1.01} = 1.005$, zodat als grootste der twee, praktisch alleen de monsterfout overblijft en wordt gevonden!). Inderdaad werd hiermee

de theoretisch berekende standaardafwijking bevestigd.

Voor de standaardafwijking bij toevallige monsterfouten komt men een heel eind met de formule $\sqrt{(p.q.n)}$, waarin n = aantal deeltjes, terwijl p en q de verhoudingen zijn, waarin de bestanddelen van een twee-componenten-mengsel vertegenwoordigd zijn, als fracties ($p + q = 1$). De relevante component van een uit meer dan twee soorten bestaand mengsel wordt voor overeenkomstige berekeningen tegenover het geheel der andere bestanddelen gesteld, (fig. 3 en 4).

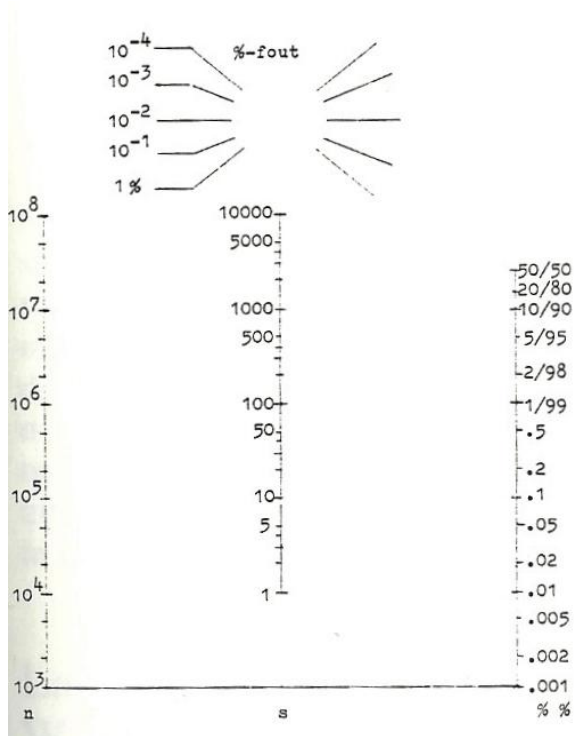


Fig. 3. Standaardafwijking en grootte van monsterfouten in afhankelijkheid van aantal deeltjes in het monster en percentage van het betrokken bestanddeel.

Op overzichtelijke wijze kunnen de betrekking tussen monstergrootte en monsterfout, in afhankelijkheid van het te bepalen percentage, samengevat worden in een nomogram, zoals hiernaast weergegeven.

Door verbinding van de toepasselijke punten op beide buitenste dragers, vindt men op het snijpunt met de middelste drager de standaardafwijking in aantal der deeltjes. De helling van de verbindingslijn geeft tevens de %-gewijze waarde der standaardafwijking aan, bij vergelijking met de boven het nomogram aangebracht waaier. Dit is niet meer dan een ruwe benadering; de exacte waarde is echter gemakkelijk te berekenen.

Door 'trekken' van het papier kan vervorming gaan optreden!

Standaardafwijking en grootte van monsterfouten: n : aantal deeltjes waaruit het monster bestaat; $\%$: percentage waarin het bestanddeel voorkomt; s : standaardafwijking voor het aantal deeltjes van een bestanddeel; $\%$ -fout: percentsgewijze standaardafwijking.

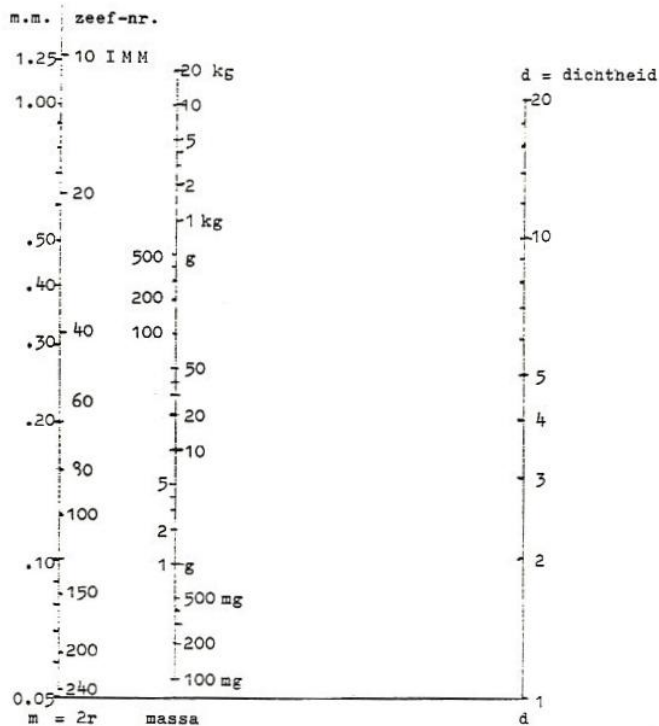


Fig. 4. Minimaal toelaatbaar gewicht van monsters indien men minstens een miljoen deeltjes wenst te hebben, als functie van dichtheid en van de doorsnede der circa als bolvormig veronderstelde deeltjes. Behalve de diameter is ook de bijbehorende zeefwijdte aangegeven met het nummer volgens IMM (Institute of Mining and Metallurgical Engineers), dit is gelijk aan het aantal mazen per lineaire inch, indien maaswijdte en draaddikte even groot zijn.

Ook voor de eigenlijke chemische analyse kan men op grond van de foutentheorie berekeningen maken over de theoretisch te verwachten toevallige fouten. Zoiets is natuurlijk altijd nuttig, al was het maar om te overwegen, bij welke stadia der uitvoering het meeste rendement is te verwachten van mogelijke wijzigingen. Bij incidentele analyses komt men daar in het algemeen niet toe en wordt genoeg genomen met een voor het doel redelijke overeenstemming tussen twee duplo's. Bij steeds terugkerende routinebepalingen loont het echter de moeite hieraan aandacht te schenken. Voor het geval der tinanalyse in ertsconcentraten heb ik dat natuurlijk wèl gedaan.

De monsterportie à 200 mg wordt bij hogere temperatuur in een stroom waterstofgas gereduceerd; het gevormde tin wordt als tin (II) in oplossing gebracht en jodometrisch bepaald. De te verwachten weegfout zit in het verschil van twee wegingen, elk met een fout van hopelijk niet groter dan een half tiende mg. De titratie vergt twee aflezingen van de buret zowel bij de titerstelling als in de bepaling en men moet eveneens rekening houden met de, doorgaans kleine, weegfout voor de standaard. Voorts kan in de berekening verdisconteerd worden de verhoging der nauwkeurigheid van de uitkomst door

middelen van een aantal individuele resultaten; bij de gehaltebepaling van te verzenden ertspartijen werd altijd al gewerkt met het gemiddelde van 4 analyses, die dienden overeen te stemmen binnen de eerder genoemde grens, $\pm 0.1\%$.

De zojuist geschetste evaluatie van de analysefout bevestigde de veronderstelling dat de toevallige fouten van monsterneming en chemische analyse nagenoeg gelijk waren geworden, anders gezegd: de optimale conditie in beider verhouding.

De foutentheorie waarvan bij dit onderzoek gebruik werd gemaakt is aan het einde der achttiende eeuw tot ontwikkeling gekomen omdat er behoefte aan bestond, zowel bij astronomisch onderzoek als bij landmeetkundige werkzaamheden. Enkele elementaire begrippen en de voorschriften voor berekening van standaardafwijking en doorwerking van fouten had ik tijdens mijn studie leren kennen op natuurkunde-colleges. Maar tijdens de universitaire opleiding kwam men destijds niet echt toe aan toepassing ervan. Voor zover als direct noodzakelijk bij het besproken onderzoek verkreeg ik de meeste gegevens uit enkele klassieke landmeetkundige werken die aanwezig waren in het kantoor van de Geologische Dienst te Klappa Kampit. Pas later heb ik, aanvankelijk op Java te Bandung en vooral na onze terugkomst in Nederland een uitgebreider studie kunnen maken van foutentheorie en kansrekening en de daarop berustende kennis omtrent binomiale, normale en Poisson-verdelingen en van de methodes ter verwerking van waarnemingsresultaten die hiervan gebruik maken. Dat ook de monsterneming hierbij behoort behoort na het voorgaande geen nader betoog; zelfs een volmaakte analysemethode levert geen beter resultaat dan overeenkomt met de betrouwbaarheid van het daarvoor beschikbare monster. De studie van deze onderwerpen verschaft een beter inzicht in tal van verschijnselen bij wetenschappelijk onderzoek en in het dagelijks leven. Men raakt er daarbij van doordrongen dat indien het toeval in het spel is, de totaliteit der uitkomsten van veelvuldig herhaalde 'experimenten' de statistisch verwachtbare 'ideale uitkomsten' met een frappante nauwkeurigheid benaderen. Zou het mogelijk zijn de rol van het toeval hierin over te laten aan menselijk denken, dan zou dit ongetwijfeld falen. Menselijke inventiviteit slaagde er wel in, hulpmiddelen te construeren die de rol van het toeval op correcte wijze overnemen, al is de juiste uitvoering daarvan niet altijd eenvoudig. Verslag over dit onderzoek vindt men in [3].

Laboratorium voor Delfstoffenonderzoek te Bandung en W.O. II (1941-1946)

In 1941 kwam ik bij de Dienst van den Mijnbouw van het Indische Gouvernement te Bandung: 'tijdelijk belast met de waarneming van het ambt van tijdelijk waarnemend ingenieur', zoals het voorzichtig werd geformuleerd. Het lag in de bedoeling dat ik daar te zijner tijd het Hoofd van het Laboratorium voor Delfstoffenonderzoek, Ir. Ad. Freusberg, zou opvolgen. Veel is daarvan niet terecht gekomen! In 1941 verrichtte ik nog tientallen assays van goud- en zilverertsen en een aantal experimenten over de extractie van nikkel uit voorkomens op Celebes, volgens het Mond-procedé. Maar dat moest gebeuren tussen drie periodes van een maand in militaire dienst, terwijl ik op 1 december

1941, ruim vóór de aanval op Pearl Harbour, reeds in werkelijke dienst werd opgeroepen als officier van speciale diensten bij de staf der Militaire Luchtvaart, eveneens te Bandung.

Tijdens de Japanse bezetting bleef de Dienst van den Mijnbouw, waaronder ook de Vulkanologische Dienst ressorteerde, hoe dan ook, gehandhaafd. De leiding was overgenomen door enkele Japanners en behalve het Indonesische personeel bleven in dienst wat stafleden die om welke reden ook, niet of nog niet geïnterneerd waren en dit alles vanzelfsprekend onder steeds slechter omstandigheden.

Bij de Japanse capitulatie was ik als krijgsgevangene toevallig weer in Bandung waarheen mijn vrouw, die met de beide kinderen in een vrouwenkamp te Batavia zat, na twee maanden kon overkomen. Het noordelijk deel der stad was toen een enclave in Indonesisch terrein en het daar gelegen gebouw van de Dienst was dus onbereikbaar voor het Indonesisch personeel, evenals aanvankelijk voor ons, omdat het een aantal weken in gebruik was bij geallieerde bezettingstroepen. Het duurde dus enige tijd eer enkele in Bandung bevrijde academici met anderen die buiten schot waren gebleven als buitenlanders of door gemengde afkomst, zich weer in hun werkruimten konden nestelen. Maar door gebrek aan alles en doordat werk in het terrein was uitgesloten, was niets anders mogelijk dan het opruimen van door de oorlog en zijn nasleep ontstane bende.

Eind augustus 1946 repatrieerden wij, mijn vrouw en één der kinderen voor herstel van gezondheid na jaren van ontberingen in burgerkampen doorgebracht, terwijl het bovendien onwaarschijnlijk was, binnen afzienbare tijd in Indië weer aan de slag te komen.

Prof. Rutten had me aanbevolen voor vervulling van een vacante positie bij een Rijksinstituut op technisch-wetenschappelijk gebied, in de veronderstelling dat het misschien niet eenvoudig zou zijn om een passende werkring te vinden. Toen evenwel bleek dat het werk me absoluut niet lag, heb ik me na enkele weken daarvoor verontschuldigd om weer vrijheid van handelen te verkrijgen.

Chef Chem-Laboratorium Koninklijke Nederlandse Hoogovens en Staalfabrieken (1946-1949)

Gelukkig behoefde ik echter niet lang te wachten op een nieuwe werkring. Het Hoogovenbedrijf te Velsen (Kon. Ned. Hoogovens en Staalfabrieken) zocht blijkens een advertentie een chef voor zijn chemisch laboratorium. Door de - zij het niet grote - affiniteit met mijn opleiding en verder verworven ervaring, solliciteerde ik voor deze positie. Bij mijn sollicitatiebezoek bleek dat, vooral qua ervaring, de situatie gunstiger was dan ik had kunnen verwachten; het werkterrein had namelijk drie verschillende aspecten:

1. de dagelijkse leiding van het chemisch laboratorium,
2. enige inbreng bij de beoordeling van de in het bedrijf gebruikte vuurvaste materialen, in het bijzonder die voor de Siemens-Martin staalovens,
3. het installeren en in werking brengen van een aan te schaffen automatische

spectrometer voor het snel uitvoeren der bepaling van legeringsbestanddelen in monsters genomen bij het snel verlopende proces in de S.M.-ovens.

Mijn ervaring met spectrografisch onderzoek voor mijn proefschrift en de bekendheid met althans eenvoudige elektronische schakelingen waren van belang voor het laatste zojuist genoemde punt, temeer omdat het een geheel nieuwe ontwikkeling betrof, waarvoor nog geen kant-en-klare ervaring bestond. Voor het tweede punt was er een zekere analogie met het petrografisch onderzoek van natuurlijk voorkomende gesteenten en voor punt 1 kon ik bogen op mijn ervaring in het bedrijfslaboratorium op Billiton, waar, behalve de tinanalyse, een grote verscheidenheid van onderzoekingen verricht werd en ik bovendien naast het normale werk de hele gang van zaken bij de monsterneming en de chemische analyse had moeten doorlichten. Ik was dan ook zeer verheugd met de aanstelling in december 1946 op deze plaats in het hoogovenbedrijf.

Zoals gezegd was de automatische spectrometer nog niet een courant artikel, hetgeen mijn taak des te aantrekkelijker maakte. De ontwikkeling van elektronische meetmethodes voor de snelle uitvoering van velerlei onderzoek tijdens de Tweede Wereldoorlog en daarna was nog in volle gang en het is trouwens bekend genoeg hoezeer ook de analytische chemie daarvan heeft geprofiteerd om voorheen niet, of alleen heel moeizaam uitvoerbare bepalingen geschikt te maken voor routine-toepassing.

Het Nederlandse staalbedrijf zou een der eerste, zo niet het eerste afgeleverde exemplaar van de pas ontwikkelde spectrometer krijgen, waarmee nog een klein jaar gemoeid was. Intussen kon ik thuis geraken in het chemisch onderzoek van ruwijzer, staal en de in het cokesovenbedrijf voorkomende produkten. De spectrometer werd tijdelijk geplaatst in het bestaande laboratoriumgebouw, maar er werd al direct rekening gehouden met een rustige opstelling in een speciaal vertrek in het in aanbouw zijnde nieuwe laboratorium, waarvan de temperatuur bij benadering constant te houden was. Met de staalfabriek kwam een directe verbinding tot stand door een buizenpost van het ovenbordes naar het op circa een halve kilometer afstand gelegen laboratorium.

Bij een snelle analysemethode past een snelle manier van monsternemen en dat is niet eenvoudig bij een metaal dat op een temperatuur van omtrent 1600 °C is en waarvan voor spectroscopisch onderzoek speciaal gevormde elektrodes vereist zijn. In de S.M.-oven ligt het vloeibare staal onder een eveneens vloeibare laag slak. Steekt men gedurende korte tijd een halvebolvormige stalen schep aan een lange steel in de slaklaag, dan wordt de lepel in- en uitwendig bedekt met vaste slak als men hem buiten de oven brengt. Met deze lepel, aldus geprepareerd, is het mogelijk een schep van het vloeibare metaal te nemen zonder dat dit in contact komt met het staal van de schep, doch alleen met de eigen slak. Voor de normale chemische analyse wordt het staal uitgegoten in een stalen vorm, waarin het direct stolt en na afkoeling geboord kan worden.

Voor de spectrometrische analyse kan, naar behoefte, een elektrische lichtboog of een vonkontlading toegepast worden; een vaste plaats in het verlengde der optische as van de spectrometer is te verkrijgen met, ietwat aangepunte, staafvormige elektrodes. Deze te maken door mechanische bewerking uit een stuk van het metaal zou zeer onaantrekkelijk zijn: tijdrovend en met mogelijkheid van verontreiniging: in 1935 vond een der

medewerkers van het Göttinger laboratorium steevast nikkel en chroom in monsters waarin deze elementen niet te verwachten waren. De oorzaak: het gebruik van een roestvrijstalen spatel om de poedervormige monsters in de groeven ener elektrode van zuiver koper te brengen en door lichte druk min of meer vast te zetten!

Er bestond echter reeds ervaring met een andere methode van bemonsteren, die toegepast wordt voor een snelle schatting van het koolstofgehalte van staal tijdens de bereiding in de S.M.-oven. Daarbij wordt gebruik gemaakt van staafvormige monsters, waaraan de van het koolstofgehalte afhankelijke magnetische permeabiliteit wordt gemeten. Om deze staven te maken wordt uit een lepel met vloeibaar staal een monster opgezogen in een glazen buis aan een rubberballon, die als zuigpomp dienst doet. Het staal is zó weinig boven het smeltpunt verhit, dat het gestold is eer het glas hetzij zacht wordt of springt. De glasresten kunnen zonder moeite verwijderd worden en er behoeft geen vrees voor verontreiniging te bestaan, omdat de normale bestanddelen van glas van geen belang zijn in het onderzoek van de staalsamenstelling. Met enige handigheid gelukt het, kaarsrechte monsters van voldoende lengte op te trekken. Voor ruwijzermonsters is ditzelfde procedé niet toe te passen: de langere tijd die het verder boven zijn smeltpunt verhitte ijzer nodig heeft om af te koelen heeft tot gevolg dat men hetzij kromme monsters produceert door weekworden van het glas, of helemaal geen monster, indien het glas voortijdig breekt en het ijzer eruit vloeit.

De aldus verkregen monsters worden in het laboratorium bewerkt met een hiervoor aangepaste installatie voor het scherpen van boren: de einden worden afgeslepen tot stompe kegelvormige punten, waarbij de gebruikte slijpschijven natuurlijk ook vrij dienen te zijn van relevante legeringsbestanddelen in het staal.

Na aflevering en opstelling van de spectrometer werd het instrument aan de hand van de gebruiksaanwijzing op zijn inrichting en werking onderzocht. De hoogspanningsvonk springt op eigen kracht over; de lichtboog voor lage spanning wordt ontstoken door middel van een Tesla-schakeling. Een concaaf buigingsrooster ontwerpt een breed spectrum van de lichtbron in het instrument. In het brandvlak zonderen nauwe spleten de spectraallijnen van de te bepalen elementen af en bovendien één van het als referentiebasis dienende ijzer. De (zwakke) straling wordt in multiplicatorbuizen (waarin de primaire fotostroom meermalen versterkt wordt door secundaire emissie) omgezet in elektrische stroompjes. De sterkte daarvan kan elektronisch wel direct worden gemeten, maar daarvan wordt in dit geval geen gebruik gemaakt. Met de door de legeringsbestanddelen opgewekte stroompjes worden condensatoren opgeladen tot, blijkens de lading voor het referentie-element (Fe), de opname voldoende lang heeft geduurd. De als lading in de condensatoren opgeslagen geïntegreerde fotostromen wordt bepaald met elektronische spanningsmeters, die direct afgelezen kunnen worden. Een ijkgrafiek geeft de corresponderende gehalten der legeringselementen.

Een dergelijk nieuw ontwikkeld, gecompliceerd instrument is veelal niet direct feilloos werkend en dat was ook hier het geval. Een enkel voorbeeld van een principiële minder geslaagd aspect èn een triviale fout ter illustratie hiervan: foto-elektrische cellen en de daarvan afgeleide multiplicatorbuizen leveren zelfs zonder invallend licht al zwakke stroomsterktes, 'donkerstroom' genaamd. Oorzaken zijn onder andere kortgolvice

elektromagnetische straling en vooral thermische emissie in afhankelijkheid van de temperatuur. Deze laatste vorm van donkerstroom is dus door koeling wel te beperken, maar dat brengt een grote complicatie mede, bijvoorbeeld bij de toepassing van vloeibare stikstof. In de spectrometer werd daarom in het elektronische gedeelte een schakeling opgenomen ter compensatie van de donkerstroom en wel op een in beginsel zeer ingenieuze manier: de hele meetperiode werd daartoe verdeeld in twee elkaar afwisselende series van meting met en zonder de te onderzoeken straling, dus signaal + donkerstroom en donkerstroom alleen. Het verschil van beide behoort het gezochte signaal te zijn en dat wilde men bereiken door gedurende de donkerstroomperiodes de aansluiting naar de condensator 'om te draaien', zodat de met de donkerstroom uit de vorige periode corresponderende lading weer weggenomen wordt. Er trad echter een niet voorzien effect op door de capaciteit der bedrading die, ten opzichte van de condensator aan de 'overzijde' van de commutator was gelegen. Deze capaciteit was niet verwaarloosbaar ten opzichte van de capaciteit van de meetcondensator. En aangezien bij elke omschakeling de met het signaal corresponderende reeds opgebouwde lading zich over beide capaciteiten verdeelt in evenredigheid tot hun waarde, verdwijnt dientengevolge in de analyseperiode door deze 'aftap' een flink aandeel van het signaal, met een evenredige vermindering in gevoeligheid, zodat deze oplossing minder fraai was, dan op het eerste gezicht het geval scheen te zijn. Bovendien brengt ze een aanzienlijke complicatie in de schakeling mede en omdat de invloed van de donkerstroom evengoed te verwerken is in de ijkcurve (die toch frequent geverifieerd moet worden) werd er de voorkeur aan gegeven aldus te werk te gaan.

Mijn assistent voor dit werk, G.J. Langendijk, en ik wilden ook eens de fluctuaties van de straling tijdens de analyseperiode nagaan, die immers samenhangen met de te verwachten standaardafwijking. Wij voerden daarom een directe meting van de stroomsterkte uit als spanningsval over een (Ohmse) weerstand. We constateerden een opvallende versterking van de uitslag indien één van beiden door een nauw pad achter de spectrometer liep en daarbij op een bepaalde plaats was; bij de ander was dit effect niet merkbaar. In Indië zegt men dan: 'Antoes' (spoken) en in ons verlichte land: 'aardstralen' of iets dergelijks. De een droeg een witte laboratoriumjas, de ander een donker kostuum en toen bleek een vel wit papier dezelfde werking te hebben! Tenslotte vonden we een klein gat in de kast van het instrument. Na sluiting daarvan was het spook verdwenen! In de normale meetopstelling was dit waarschijnlijk niet opgevallen en lang onopgemerkt gebleven.

'l' Histoire se répète'. Ook hier weer geregeld bezoek om het nieuwe apparaat te bekijken en al naar gelang van positie en belangstelling der bezoekers een explicatie variërend in duur van enkele minuten tot een discussie van wel eens twee dagen. Dit had tot gevolg dat ik in staat werd gesteld verslag van onze bevindingen uit te brengen in een gezelschap van spectroscopisch geïnteresseerde onderzoekers uit industrie en universiteiten, georganiseerd in het Franse 'Groupement pour l'Avancement des Méthodes Spectrographiques' (G.A.M.S.).

Tegen het einde der periode waarin het onderzoek aan de spectrometer werd verricht besloot ik nog één keer van werkkring te veranderen na een zo goed mogelijke overweging van voor en tegen der beide mogelijkheden.

Een inschatting van de toekomst heeft altijd een onzeker element en ook achteraf is het nog niet met zekerheid te zeggen of de andere keuze beter was geweest.

Hoogleraar Analytische Scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam (1949-1981)

Na het overgaan in de nieuwe positie bij het begin van het academisch jaar 1949/50 werkte ik nog enkele weken aan de afronding van het begonnen onderzoek en ik volgde de verdere gang van zaken in de resterende zaterdagen van het kalenderjaar. Het achtereenvolgens in gebruik nemen van nieuwere instrumenten van dit type, ook voor de toepassing van inmiddels ontwikkelde geavanceerde technieken van onderzoek, zoals werken in vacuüm, bewijst wel dat de keuze der spectrometrische methode een juiste geweest was.

Uit eigen herinnering kwam ik met het voorgaande ongeveer tot halverwege de twintigste eeuw. Bezien we nu, in het kort, de analytische opleiding hier te lande gedurende de eerste helft der eeuw.

Voor de dagelijkse praktijk in de uitvoering van analyses verkeerde Nederland al vroeg in een zeer gunstige positie door het tot stand komen van een aantal opleidingen tot analist, af te sluiten met een door onze Vereniging ingesteld en ook georganiseerd examen. Op overeenkomstige wijze als voor de scheikunde kwam de opleiding tot medisch analist tot stand, later gevolgd door dergelijke cursussen op bijvoorbeeld biologisch en statistisch terrein, richtingen die ook van belang kunnen zijn in de praktijk van scheikundig onderzoek en chemische techniek.

Aan de scholen voor, aanvankelijk middelbaar geheten en later genaamd hoger technisch onderwijs werden afdelingen voor chemische techniek ingesteld. De analytische chemie kreeg daarin, theoretisch zowel als praktisch, een belangrijk aandeel. De examens dezer instituten zijn behoorlijk zwaar, mede omdat in een korte periode van schriftelijk werk en daarbij aansluitend van mondelinge tentamens het geheel van begripsmatige en parate kennis, verkregen op een uitgebreid terrein van scheikunde, chemische technologie en bijvakken, wordt getoetst. Dat is een belangrijk verschil met de academische examens, althans in onze faculteit, waarbij de hele stof, verdeeld over een aantal tentamens met een in feite niet erg beperkte geldigheidsduur, tijdens een langere periode kan worden afgewerkt. Voor hetgeen men zich werkelijk eigen heeft gemaakt behoeft dat overigens geen bezwaar te vormen; men kan er dan later gemakkelijk op terugvallen.

Bij de *universitaire* chemie-studie was feitelijk alleen in Delft sprake van analytische chemie als zelfstandig vak. Het werd gedoceerd door de hoogleraren Ter Meulen en Van Nieuwenburg aan het laboratorium voor Analytische Scheikunde, met een zekere mate van verdeling in organische en anorganische analyse. Voor de technologen en de mijnbouwers was er een uitvoerig practicum.

Geheel anders was de situatie aan de universiteiten te Leiden, Groningen, Utrecht en beide te Amsterdam gevestigde instellingen, de Universiteit van Amsterdam en de Vrije

Universiteit. In het bijzonder voor de aanstaande chemici was de analyse verenigd met de anorganische chemie, welke laatste in Laboratoria voor Anorganische Scheikunde onwillekeurig op de voorgrond trad. Het analytisch practicum werd niet of nauwelijks voorbereid door een specifiek op de analyse-gericht theoretisch college; Kruyt spotte onbarmhartig: 'Het soort analyses dat je zou kunnen maken na een ontploffing in een drogistenwinkel', dus voor volkomen onrealistische situaties. En levendig herinner ik mij dan ook de grote indruk die Ostwald's werk 'Die wissenschaftlichen Grundlagen der Analytischen Chemie' op me maakte toen ik daarop stuitte.

Aanstaande farmaceuten, een categorie die zich van oudsher ook toelegde op analytische activiteiten, volgden tot hun kandidaatsexamen een chemiestudie zonder wiskunde, met doorgaans minder natuurkunde en met veel plantkunde. Bij hen vormde de analytische chemie, praktisch zowel als theoretisch, een onderdeel van het studieprogramma voor het doctoraalexamen. Zo gaf Schoorl te Utrecht een practicum gravimetrie en titreeranalyse [4] gevolgd door een cursorisch practicum (kwalitatieve) anorganische microchemie met een theoretische inleiding, dit laatste omdat er ook kristallografie en kristaloptiek, zij het in beperkte mate, aan te pas kwam. Ik neem aan dat, met een enkele uitzondering die aanstonds ter sprake zal komen, de toestand elders niet sterk verschilde van die te Utrecht, die ik zelf binnen de beide genoemde studierichtingen ervaren heb. De uitzondering is de volgende: te Amsterdam bestond aan de Universiteit van Amsterdam een werkverdeling; het analytisch practicum voor chemici ressorteerde, evenals elders hier te lande, onder het anorganisch laboratorium (hoogleraar-directeur Prof.dr. E.H. Büchner). Er was echter ook een laboratorium voor analytische scheikunde. Prof.dr. A.H.W. Aten Sr. was hoogleraar-directeur zowel op analytische scheikunde als het bij de elektrische centrale Hoogte Kadijk ondergebrachte laboratorium voor elektrochemie.

Het merkwaardige van de onderwijs-situatie aan de Universiteit van Amsterdam was, dat farmaceutische kandidandi, anders dan de chemici, hun analytische opleiding kregen bij Aten Sr., die behalve een practicum 'klassieke' analyse ook een 'instrumenteel' practicum had ingericht, waar kennis werd gemaakt met polarimetrie, colorimetrie en elektro-analyse (fig. 5 a-e). Bijgevolg ontvingen de aanstaande apothekers, voor wie de chemie een, zij het belangrijk, onderdeel der studie vormde, een zowel vollediger als iets moderner opleiding in de analyse dan de scheikunde-studenten! Kandidaten in de scheikunde konden echter wel terecht op 'Analytische Scheikunde' voor hoofd- of bijvakstudie en om er eventueel een promotie te bewerken, waarvoor een spectrochemisch laboratorium aanwezig was met een (grote) Hilger E 1 spectrograaf en een spectrometer met constante deviatie, eveneens van Hilger. Op de beide door Aten geleide laboratoria konden oudere chemici ook elektrochemische analyses bedrijven; zo was er op analytische chemie een der oudste Heyrovsky-polarografen aanwezig. Deze toestand bleef zo bestaan tot Aten, reeds enkele jaren de 70 gepasseerd afscheid nam, enkele maanden voor zijn overlijden.

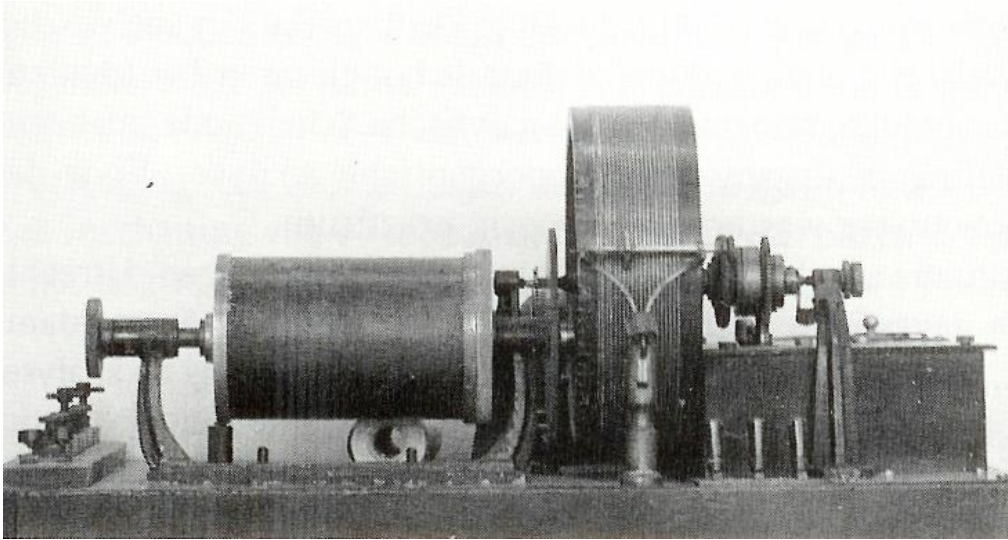


Fig. 5a. De Heyrovsky-Polarograph.

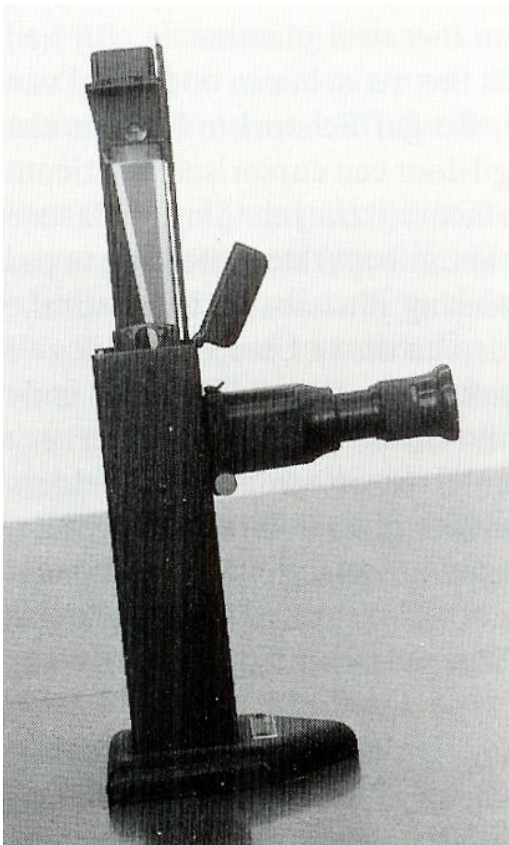


Fig. 5b. De Wigcolorimeter van Authenrieth-Koningsberger

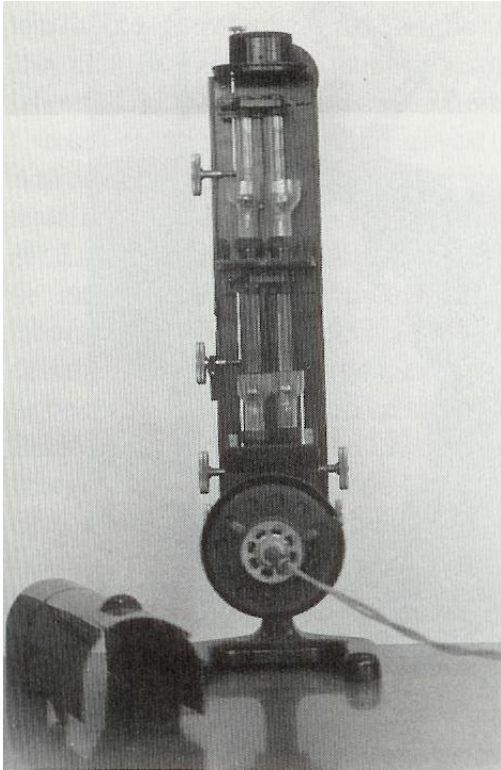


Fig. 5c. Een Duboscq-colorimeter (1854).

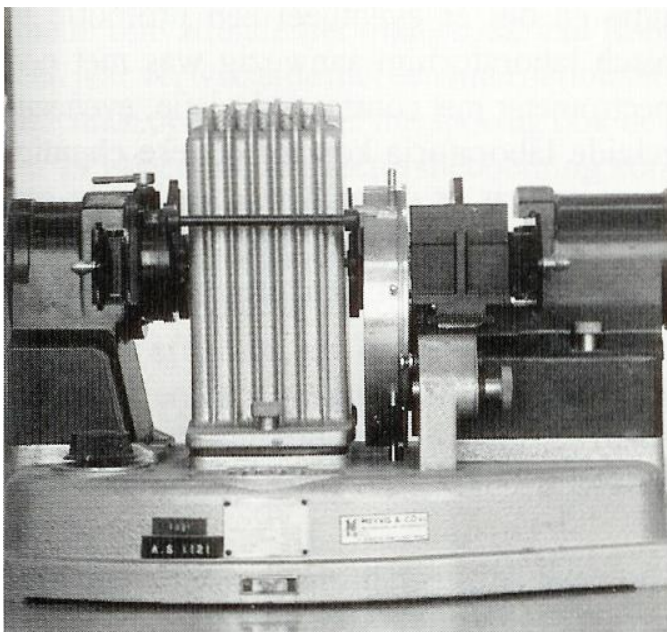


Fig. 5d. Spekter filterfotometer van Adam Hilger.

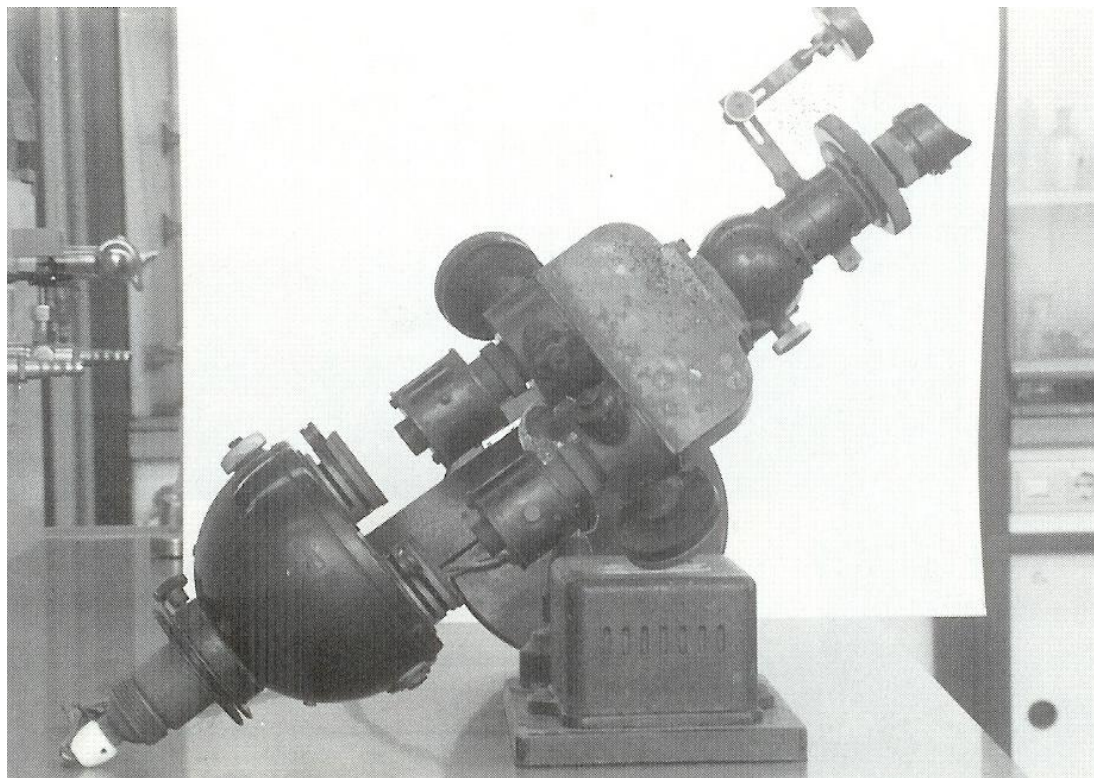


Fig. 5e. Zeiss-Pulfrich spectrofotometer.

Analytische Scheikunde na circa 1950

Wegens de grote rol die de scheikunde meer en meer in de maatschappij ging vervullen en door de verdergaande industrialisatie in de westerse wereld tijdens en na de Tweede Wereldoorlog, werd binnen het zich overal uitbreidende universitaire bestel ook meer plaats ingeruimd aan de chemie-opleiding.

Voor wat de analytische chemie betreft kwam Utrecht vooraan met de benoeming van dr.ir. J. Smittenberg tot hoogleraar in de anorganische en analytische chemie. Het nieuwe onder Smittenberg's supervisie gebouwde en door hem ingerichte laboratorium voor analytische scheikunde was een der laatste dat nog in de stad Utrecht en niet op de Uithof gevestigd werd.

Aan de universiteit van Amsterdam wenste men te breken met de historisch gegroeide situatie, door de elektrochemie over te dragen aan de fysische chemie bij Prof. dr. J.A.A. Ketelaar. Voorts gingen de chemici ook vóór het kandidaatsexamen de analytische chemie theoretisch en praktisch krijgen aan het analytisch laboratorium. Het spreekt vanzelf dat de verandering van taakverdeling tussen de laboratoria voor anorganische en analytische scheikunde gevolgen had voor de bezetting met assistenten en technische staf, alsmede voor de ruimtelijke indeling. Beide laboratoria waren en bleven voorlopig gehuisvest in eenzelfde gebouw (een vroegere lagere school) aan de Nieuwe Achtergracht; zij deelden de instrumentmakerij (onder analytische scheikunde) en de glasblazerij (anorganische

chemie). Bovendien werd een leerstoel in de radiochemie, inclusief de radiochemische analyse ingesteld, waarvoor als buitengewoon hoogleraar beroepen werd Dr. A.H.W. Aten Jr., die al werkzaam was op het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek.

De leeftijd der beide hoogleraren, Aten Sr. en Büchner, maakte het noodzakelijk om uit te zien naar opvolgers; door het achterblijven der bezoldiging in vergelijking met mogelijkheden in het bedrijfsleven leverde dit problemen op.

Dr. H. Gerding, die enige jaren later Büchner zou opvolgen als anorganicus, werd in 1949 belast met de analytische propedeuse. Tegelijkertijd kreeg ik de leerstoel voor analytische chemie, in het bijzonder voor het onderwijs aan de kandidaten. Maar aangezien Gerding in 1952 zijn taak aan de Universiteit van Amsterdam, mede omvattende het onderzoek van Raman-spectra (op fysische chemie), voor een jaar verwisselde met een internationaal georiënteerde positie in Parijs en nadien Büchner opvolgde, viel me spoedig ook de pre-kandidaatsopleiding toe, tot hiervoor in 1954 een nieuwe lectorsbenoeming kon plaatsvinden. Feitelijk vond ik dit nog wel prettig ook, omdat het me de gelegenheid bood de onderdelen voor en na het kandidaatsexamen op elkaar af te stemmen.

Door mijn aandeel in het onderwijs aan pas aangekomen studenten en dan vooral door het afnemen van tentamens en het bijwonen van de kandidaatsexamens werd ik getroffen door weliswaar niet specifiek op de analyse betrekking hebbende kanten van de studiesituatie, die evenwel des te meer van belang waren voor de efficiëntie der chemie-opleiding als geheel. Ik meen er goed aan te doen er hier in het kort op in te gaan.

In mijn eigen middelbare schooljaren werd in het algemeen thuis nogal wat geëxperimenteerd op natuurwetenschappelijk gebied door hen die zich daartoe aangetrokken voelden. Hoewel ik niet van plan was scheikunde te gaan studeren, heb ik me wel uitvoerig bezondigd aan doe-het-zelf chemie. Dat geeft je een vertrouwdheid met habitus en gedrag van elementen en verbindingen die vrijwel verloren is gegaan. Enerzijds is dit een gevolg van totaal veranderde mogelijkheden van vrijetijdsbesteding door het in zwang komen van passief te ondergaan amusement. Maar ook is het moeilijk om aan de nodige spullen te komen; men behoeft immers niet te proberen bij de na-oorlogse drogist iets anders te pakken te krijgen dan cosmetica en middeltjes voor zelf-medicatie. Gelukkig staat daar dan ook wel iets tegenover: de verbetering van theoretisch inzicht door gemoderniseerde leerplannen. Des te meer viel het me op dat enkele maanden na het eindexamen der middelbare school, fundamentele onderwerpen uit de chemische theorie bij velen volkomen waren weggezak. Ik ging dit na door, op vrijwillige basis, enkele dergelijke onderwerpen met een aantal studenten met Nederlandse of andere vooropleiding te bespreken terwijl zij wisten dat dit voor hen persoonlijk geen enkele invloed zou hebben op het oordeel over hun studie. Het gesignaleerde 'wegzakken' was een vrij algemeen voorkomend verschijnsel.

Bevordering van efficiënte studie

Een ander aspect dat mijn aandacht trok was, dat ook bij studenten met een redelijke tot goede kennis van de theorie, de toepassing op praktische opgaven absoluut niet van de

grond kwam. Voor de tentamens had ik enkele eenvoudige vraagstukken geprepareerd en me heilig voorgenomen direct op andere voorbeelden over te gaan indien zelfs maar een der tentamen-kandidaten uit een bepaalde opgaaf kwam. Dat was echter niet nodig, zodat ik moest concluderen dat er zelfs geen terugkoppeling bestond tussen mijn vragen op het tentamen en de voorbereiding erop. Ik had dat eigenlijk wèl verwacht omdat wij daar oudtijds terdege op plachten te letten. Na deze ervaringen besloot ik, als aanvulling op het college, oefenmiddagen voor kleine groepen in te voeren, waar een aantal tevoren uitgedeelde opgaven gezamenlijk behandeld werden. Dit had een betere beheersing van de stof tengevolge, zodat het beoogde doel ermee werd bereikt. Bovendien leerden we de studenten en hun persoonlijke bijzonderheden goed kennen: het contact werd aanzienlijk verbeterd. Ik heb dit enkele jaren zelf gedaan, met per groep een der assistenten erbij, tot deze gang van zaken voldoende ingeburgerd was. In later jaren werden ook wel grote delen der stof nog alleen in dergelijke werkgroepen gegeven.

Voor de beoordeling van de toenmalige gang van zaken bij de voorkandidaats-studie is het van belang te bedenken dat de docenten der afzonderlijke vakken, als vanzelfsprekend, geheel autonoom waren in het bepalen van samenstelling en omvang der leerstof, al kan men verwachten dat dit naar redelijkheid gebeurde. Ook bleven, tot op de dag van het kandidaatsexamen alle afzonderlijke resultaten verborgen in de op oude giroboekjes gelijkende tentamenboekjes der docenten en in de kaartsystemen van de laboratoria. Bij een aantal examens bleek een uiteindelijk pover resultaat met veel vallen en tenslotte opstaan bereikt te zijn in een periode die feitelijk toereikend moest zijn voor de studie tot het doctoraal-examen. En al moet dan de conclusie zijn dat - behalve misschien qua uithoudingsvermogen - de kandidaat minder geschikt is voor de gekozen studie, men heeft toch niet het hart een dergelijk oordeel uit te spreken na zoveel jaren modderen met te weinig begeleiding. En dan als gevolg vaak een herhaling van deze situatie tot het doctoraal examen, hoewel mij enkele 'laatbloeiërs' zijn bijgebleven die in weerwil van hun aanvankelijk immens lijkende problemen door één groot doorzettingsvermogen een goede toekomst tegemoet gingen.

Aangezien ook nog ongeveer één op de drie aangekomen studenten na kortere of langere tijd de studierichting verliet, soms als met de noorderzon, moest wel geconstateerd worden dat een vorm van studiebegeleiding zijn nut kon hebben.

Naarmate individuele moeilijkheden eerder aan de dag treden is de kans op het tot stand komen van een verbetering groter en indien mocht blijken dat de studiekeuze ongelukkig is uitgevallen, is er dan minder schade ontstaan. Ik stelde daarom al in '52 aan de subfaculteit voor, de studieresultaten op uiteenlopend terrein in het eerste jaar te registreren om zodoende de aanleg voor verschillende aspecten der scheikundestudie te kunnen beoordelen. Dit voorstel werd prompt aanvaard en in onderling overleg kwam men tot een keuze van onderwerpen die representatief geacht werd voor onze studierichting:

1. het tentamen differentiaal- en integraalrekening,
2. het practicum analytische chemie en de oefenmiddagen,
3. het tentamen organische chemie over het eerstejaarscollege,
4. het practicum kristallografie.

Tezamen vormden deze een basis voor een eerstejaarstoets. Besloten werd de instelling ervan aan de studenten bekend te maken als zijnde in het belang van hun studie. Het ligt voor de hand dat me verzocht werd dit in praktijk te brengen.

Een dergelijke toets die generlei officiële status heeft en die tot dusverre niet bestond, zou door de studenten kunnen worden opgevat als een inbreuk op hun vrijheid van studie. Daarom heb ik in de jaren dat ik namens de subfaculteit toezicht hield op de studieresultaten der jongerejaars, die taak steeds met omzichtigheid trachten te vervullen. Als alle gegevens beschikbaar waren, ontvingen de studenten bericht, hetzij dat de resultaten zodanig waren dat gemeend werd een gunstige prognose voor de studie te kunnen maken, of dat de subfaculteit van mening was dat deze verzekering nog niet kon worden gegeven, reden waarom een mondeling onderhoud wenselijk geacht werd. Dit had natuurlijk ten doel inzicht te krijgen in de problematiek en suggesties te doen om de moeilijkheden te boven te komen, of ze te omzeilen. Aangezien met zo'n gesprek niet een verandering kwam in de feitelijke toestand, werd een conclusie uitgesteld tot daarvoor een betere basis zou bestaan. Een consilium abeundi werd nimmer gegeven; wel kwam het voor dat een student, ondanks de minder gunstige stand van zaken opgelucht bleek te zijn door de twijfels bij de S.F. omdat die overeenkwamen met de eigen mening. Vaak bleek dan de scheikunde niet de eigen keus van de student te zijn, terwijl door deze steun in de rug de persoonlijke voorkeur voor een andere studierichting realiseerbaar werd! Niet meer dan één maal werd bezwaar gemaakt tegen deze vorm van inmenging: ik ontving een brief van een psychiater, die bemoeienis van de zijde der universiteit met de studie van zijn patiënt ongewenst achtte...

Bloei der Analytische Chemie na circa 1949

Na een aantal jaren kon ik deze taak overdragen aan een 'commissie voor de eerstejaarstoets'. Tenslotte werd deze toestand geconsolideerd, om niet te zeggen geconsacreerd voor het eerste jaar van de vierjarige doctoraalstudie.

Na deze uitweiding over gevolgen van de vacature bij de propedeuse keren we terug tot de analyse. Toen Gerding als anorganicus terugkwam, moest zijn vroegere plaats weer bezet worden. Benoemingen werden toen nog binnenskamers voorbereid, zij het op basis van adviezen der zuster(sub)faculteiten. De moeilijkheden die bij deze procedure wel voorkwamen werden pas in de zestiger jaren voorkomen door binnen de universitaire gemeenschap eerst een taakomschrijvingscommissie en vervolgens de benoemingscommissie in te stellen en tenslotte de vacature openbaar bekend te maken, waardoor sollicitaties en aanbevelingen van geschikt geachte kandidaten mogelijk worden gemaakt.

Met het begin van het studiejaar 1954/55 werd de bekwame analyticus Dr. J.B. Schute, uit de school van Schoorl, op deze plaats benoemd. Schute, die in 1953 gepromoveerd was op onderzoek over het mechanisme der papierchromatografie, werkte tijdens zijn lectoraat te Amsterdam vooral op klassiek terrein. Hij gaf daarbij onder andere een zeer overzichtelijke behandeling van titratiecurves bij zuur-base-titraties [5]. Na een zestal

jaren ging hij als hoogleraar in de farmaceutische chemie naar Leiden waar hij, veel te jong, kwam te overlijden.

In het jaar 1956 was ons land aan de beurt om het tweejaarlijks gehouden Colloquium Spectroscopicum Internationale te organiseren, het zesde in deze serie. Een comité van voorbereiding werd gevormd dat maandelijks gedurende het jaar voorafgaand aan mei 1956 bijeenkwam om richtlijnen op te stellen voor al hetgeen in deze periode geregeld moest worden. Daar ik als voorzitter van het comité en het colloquium was gekozen en een der assistenten, drs. F. Freese als secretaris, was het onze taak voor de uitvoering daarvan zorg te dragen. In een tijd toen de praktische aangelegenheden van dergelijke bijeenkomsten nog niet door professionele organisaties verzorgd werden, was dit alleen al een omvangrijke taak. Daarbij kwam nog de correspondentie met uitgenodigde en andere potentiële sprekers en de deelnemers, de regeling van de gebruikelijke ontvangsten en excursies en last but not least het verzorgen van de vertalingen der ontvangen samenvattingen in de drie toegelaten talen van het colloquium (Fr., Eng. en D.) ter tijdige verzending aan de deelnemers.

Er werden in een door gunstig weer uitblinkende week 110 voordrachten gehouden voor de ongeveer 600 deelnemers, verdeeld over 2 x 2 dagen met een excursiedag ertussen. Later kwamen de voordrachten in extenso uit met de gehouden discussies in een verslagdeel in het formaat en de opmaak van het tijdschrift Spectrochimica Acta en bij de uitgever daarvan [6]. Tijdens het colloquium werd in onze laboratoria een tentoonstelling georganiseerd waar fabrikanten hun apparatuur op het gebied van het colloquium exposeerden.

Het was een gelukkige omstandigheid dat na het vertrek van Schute naar Leiden, hij kon worden opgevolgd door Dr. G. den Boef, die al in 1949, toen nog als kandidaat-assistent, medewerker van het laboratorium was geworden. Hij was tegen het einde van het academisch jaar 1957/58 gepromoveerd op een onderzoek over de bepaling van mangaan en de toepassing ervan, een 'klassiek' onderwerp, waarbij echter ook gebruik werd gemaakt van polarografie. Na zijn promotie was het onderzoek voortgezet met andere medewerkers. Voor een samenwerking als collegae proximi - het einde 1961 aanvaarde lectoraat werd nog in de zestiger jaren omgezet in een ordinariaat - was een zekere overeenstemming in denken en opvattingen, niet noodzakelijkerwijs tot in details, zeer bevorderlijk. Maar in alle opzichten was de keuze van De Boef een zeer gelukkige: als voortreffelijk manager heeft hij op bestuurlijk terrein tot op de hoogste plaats in het universitaire bestel, als rector, in de moeilijke omstandigheden waarin universitaire bestuurders in later jaren kwamen te verkeren, principieel juiste, verantwoorde beslissingen kunnen bewerkstelligen.

Het leek ons goed de zaken als voor gezamenlijke rekening te drijven en als uitvloeisel daarvan werd het voor-kandidaatscollege bij toerbeurt gegeven en de tentamens afwisselend afgenomen, ook prettig omdat een herhaling altijd bij de ander werd gedaan; men is dan vrijer, over en weer. Een tweede herhaling werd schriftelijk gehouden en onafhankelijk van elkaar beoordeeld.

Niet zo lang nadien, in 1965, kwam de uitbreiding tot een driemanschap voor de analytische chemie door de overkomst uit Eindhoven van Dr. J.F.K. Huber, met als

resultaat dat het onderwerp 'scheidingsmethodes' een tijd van grote bloei tegemoet ging. Zelf kon ik overigens in de tweede helft van 1965 met steun van de Unesco geochemisch onderzoek verrichten in Suriname. De geleidelijke uitbreiding van het belangstellingsgebied binnen de analytische chemie kan gedemonstreerd worden aan de hand van bijgaande figuur, naar de hoofdindeling van promotieonderzoek in de periode tussen ongeveer 1950 en 1990, (fig. 6).

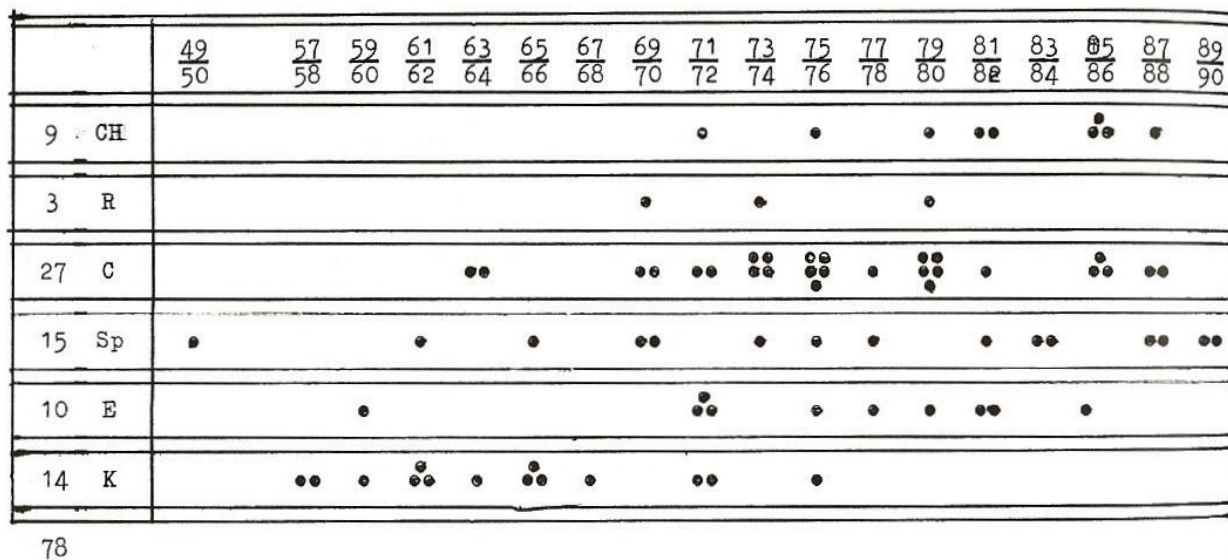


Fig. 6. Verdeling der analytische dissertaties aan de Universiteit van Amsterdam in de periode 1950-1990 over de groepen: K: klassieke analyse; E: elektrochemische analyse; Sp: spectrometrie; C: chromatografie, scheidingsmethodes; R: radiochemische analyse; CH: chemometrie.

Een dergelijke reeks van proefschriften kon tot stand komen door een zorgvuldige keuze van promotie-assistenten voor het bezetten van onderzoekplaatsen naast hun werkzaamheden op de practica en in de werkgroepen. Dit moge ook blijken uit het verkrijgen van hoogleraarposten door een aantal van deze afgestudeerden; het zijn er tot nu toe vijf: P.W.J.M. Boumans, L. de Galan tot hij een positie in het bedrijfsleven aanvaardde, E.R. Groeneveld, W.E. van der Linden en H. Poppe. Vele anderen bekleeden belangrijke posten in de maatschappij; in het algemeen was er in de beschreven periode en ook daarna veel behoefte aan analytici.

Na de Tweede Wereldoorlog onderging de analytische chemie een geweldige uitbreiding. Een voorbeeld van een reeds bestaand principe waarvan de toepassing een grote verbetering onderging door het beschikbaar komen van nauwkeuriger meetmethodes met behulp van geperfectioneerde instrumenten, is de tot spectrofotometrie geëvolueerde colorimetrie. Van oudsher speelt de vorming van kleuren, of de verandering van een

bestaande kleur, de kleuromslag, een belangrijke rol in de titrimetrie. Het succes berust daarbij op de intensieve kleur of de scherpe kleuromslag van de toegepaste reagentia of indicatoren. In de colorimetrie maakte men al vroeg gebruik van het verband tussen de waargenomen kleurintensiteit en de concentratie ener oplossing van de te bepalen stof. Meestal werd daarvoor een standaardreeks toegepast, of - op basis der wet van Beer - kleurvergelijking in een colorimeter. In dit instrument kan men de kleurintensiteit van de oplossing waarvan met de concentratie wil bepalen door de verandering van de lengte der lichtwegen gelijk maken aan die ener standaardoplossing van bekende concentratie. Bij deze colorimeters werkte men in het algemeen met wit licht of, op zijn best, met primitieve lichtfilters. Bij gebrek aan een betere methode werd bijvoorbeeld titaan, dat in magmatische gesteenten in concentraties om de 1% kan voorkomen, colorimetrisch bepaald door toevoegen van waterstofperoxide, waardoor een concentratie-afhankelijke gele kleur ontstaat. Met wit licht waargenomen is de totale lichtabsorptie echter gering door het vrijwel onbelemmerd doorgaan van bijna het gehele spectrum. Daardoor wordt de kleurvergelijking moeilijk uitvoerbaar en onnauwkeurig. Kan men evenwel de meting uitvoeren met licht van een golflengte waarvoor sterke absorptie optreedt, dan zijn de omstandigheden veel gunstiger en dit is dan ook wat men vroeger wel trachtte te bereiken door het opnemen van filters in de complementaire kleur in de lichtweg. De lichtsterkte wordt dan wel kleiner en men kan in een gebied komen waar de ooggevoeligheid afneemt. Door de invoering van spectrofotometers kwam een grote verbetering tot stand: uit het spectrum wordt een gebied van smalle bandbreedte afgezonderd, instelbaar op een absorptiemaximum der te bepalen stof. Een bijkomstig voordeel is de objectieve meting der stralingsintensiteit door middel van lichtelektrische detectie, zodat de vermoeiende subjectieve intensiteitsvergelijkingen tot het verleden behoren. Niet alleen de bereikbare nauwkeurigheid van bestaande methodes werd verbeterd; het toepassingsgebied onderging een opmerkelijke uitbreiding door het grotere spectraalbereik (I.R. - zichtbaar - U.V.) met veelzijdige toepassing in de organische analyse.

De spectrofotometrie is een karakteristiek voorbeeld van een instrumentele methode uit de analytische chemie, waarvan trouwens al meer voorbeelden incidenteel ter sprake kwamen in het voorgaande: spectraalanalyse, elektrochemische analysemethoden en de scheidingsmethodes, die elk een gevarieerd repertoire ter beschikking hebben van detectiemethodes voor de meting van fysische en fysisch-chemische kenmerkende grootheden. Vele daarvan werden of worden geregeld gebruikt in het eigen laboratorium, maar lang niet alle mogelijkheden der moderne instrumentele analyse zijn daar vertegenwoordigd. Voorbeelden daarvan zijn de activeringsanalyse in het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek en de spectroscopie in het gebied der röntgenstraling door de 'come-back' van de X-ray-Sp. voor toepassing op grote schaal. Deze wordt beoefend in het kristallografisch laboratorium door Dr. Beatrix Koch, aanvankelijk onder leiding van Mevr. Prof.dr. C.H. MacGillavry. Analyses met behulp van radioactieve isotopen werden echter wel op Analytische Scheikunde uitgevoerd.

Maar ook met dit uitstapje in naaste en iets verdere omgeving is men er niet en dit vormde een der redenen om omstreeks 1970 te komen tot een intersubfacultair overleg analytische chemie, afgekort ISOAN, voorgezeten door Prof.dr. E.A.M.F. Dahmen, terwijl ik als

secretaris fungeerde, uiteraard beiden tot ons emeritaat. Behalve ter verwezenlijking van de wens om in onderling overleg te komen tot een zo goed mogelijke vertegenwoordiging van het onderzoek op het gehele gebied der analyse in eigen land, vormden de halfjaarlijkse tot jaarlijkse bijeenkomsten in de verschillende centra een goede gelegenheid tot kennismaking met elkanders werk en tot gedachtenwisseling over punten van gemeenschappelijk beleid. De analytische chemie verkeerde destijds, evenals trouwens de chemische technologie, in de ongunstige situatie dat fondsen uit de tweede geldstroom (Z.W.O., S.O.N.) voor onderzoek op hun terrein niet beschikbaar waren, uithoofde van het veronderstelde *toegepaste* karakter van de analytische chemie en de technologie. Pas indien de toepassing plaatsvond op andere gebieden van wetenschap was het mogelijk de tweede geldstroom ook naar analytische instrumenten (en onderzoekers) te leiden! Voorbeelden het Isotopen-Geologisch Onderzoek en een werkgroep waaraan ook door medewerkers van analytische laboratoria werd deelgenomen, de Werkgroep voor Analytisch-Chemisch Onderzoek van Mineralen (en gesteenten), afgekort de WACOM, waarvan de schrijver ook enige tijd het secretariaat heeft vervuld. En dit zijn maar enkele voorbeelden uit het mezelf enigszins vertrouwd gebied der aardwetenschappen. In die tijd moest men dus analytisch werk verrichten binnen een ander vakgebied om voor subsidie uit de tweede geldstroom in aanmerking te komen, waarbij men zelfs wel volkomen legitiem op zuiver analytisch terrein onderzoek zou kunnen uitvoeren. Gelukkig is deze situatie er één van verleden tijd door de toelating van analytische werkgroepen op dezelfde basis als die uit andere vakgebieden der chemie.

De fenomenale uitbreiding der analytische scheikunde, in het bijzonder door de opkomst der instrumentele methodes, blijkt eveneens uit de zeer sterke toename van het aantal specialistische tijdschriften, elk afgestemd op een deelgebied van het vak. In mijn studietijd in de dertiger jaren waren er feitelijk maar twee periodieken, die bovendien nog het gehele vakgebied bestreken: 1. het alleen al door zijn ouderdom eerbiedwaardige *Zeitschrift für analytische Chemie*, opgericht door Fresenius en 2. *Analytical Chemistry* van de A.C.S. De toen ook nog zeer verspreide publikaties in landelijke organen en in de tijdschriften van bedrijfsgroepen en zelfs van bepaalde instellingen werden, voor zover van belang voor de analyse, weergegeven in het referatengedeelte van het 'Zeitschrift'. Alles bij elkaar waren een paar uren per week voldoende om kennis te nemen van de ontwikkelingen op ons gebied en om aantekeningen te maken voor eigen gebruik. Vergeleken daarmee is de toestand in het verloop van een halve eeuw grondig veranderd, zowel qua spreiding van onderwerpen als naar totale omvang van de literatuur. In deze specialistische tijdschriften worden de ontwikkelingen in het bestreken terrein eerder verstrekt, dan gevolgd. Het laatste gebeurt wel in de jaaroverzichten voor het gehele vakgebied voor meer algemeen geïnteresseerden. En tenslotte wordt recent verricht onderzoek ook ter discussie gesteld op de immer in aantal toenemende symposia en colloquia en dan soms in apart verschijnende verslagen gepubliceerd.

De lijst der analytische tijdschriften die beschikbaar zijn in de bibliotheek der scheikundefaculteit aan de Universiteit van Amsterdam ziet er thans als volgt uit: *Analytica Chimica Acta*, *Analytical Abstracts*, *Analytical Chemistry*, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *Chromatographia*, *Critical Reviews in Analytical*

Chemistry, J. of Agricultural and Food Chemistry, J. of Anal. Atomic Spectroscopy, J. of the Association of Official Analytical Chemists, J. of Chemometrics, J. of Chromatographic Science, J. of Chromatography, J. of the Electrochemical Society, J. of High Resolution Chromatography, J. of Microcolumn Separations, Progress in Anal. Spectroscopy, Spectrochimica Acta B: Atomic Spectroscopy, Surface and Interface Analysis, Trends in Analytical Chemistry (TrAC), Fres. Zeitschrift für Analytische Chemie.

Overeenkomstige situaties zijn er natuurlijk op het gebied van handboeken en monografieën. Een belangrijk deel van de inhoud vormden vroeger de analysevoorschriften en hoewel noodzakelijk, minder vriendelijk gekarakteriseerd als 'kookboeken'. Ik noemde reeds Ostwald's boek over de fysisch-chemische beginselen der analytische bewerkingen als gunstige uitzondering. Thans is ook dit gebied ruimschoots vertegenwoordigd, maar zelfs grotere bibliotheken worden heden ten dage geconfronteerd met het kostenprobleem. Het is wel duidelijk dat de analytische chemie in haar geheel, inclusief de hoogst noodzakelijke hulpwetenschappen al lang niet meer te overzien is door de individuele onderzoeker; een steeds gedetailleerder werkverdeling is noodzakelijk geworden.

Bij het *onderwijs* moeten de beginselen der klassieke analyse en de hoofdlijnen der algemene ontwikkeling uiteengezet worden; in het stadium voor gevorderden kunnen alleen nog maar de eigen specialismen in het onderzoek ter sprake komen. De verscheidenheid der toegepaste analytische methodes hangt samen zowel met de gecompliceerde technologisch ontwikkeling op uiteenlopend gebied, die voorbereid en begeleid moeten worden als met de bijdragen aan onderzoekingen op medisch, biologisch en aardwetenschappelijk gebied die geleverd worden. Daarom is het voor de analyticus, indien hij al niet gerecruteerd werd uit de betreffende takken van industrie, of de gebieden van onderzoek die behoefte hebben aan analytische begeleiding, terdege noodzakelijk zich in te werken in de aan zijn arbeid ten grondslag liggende problematiek.

Toepassing der analytische chemie binnen het domein der organische scheikunde werd met name bevorderd door de mogelijkheden der spectrofotometrie en der chromatografische scheidingsmethodes in de laatste vijftig jaren. Met de elementair-analyse en de methodes der structuurbevestiging werd kennis gemaakt op het organisch laboratorium. Eén instrumentele analysemethode, de refractometrie, speelde daarin een beperkte rol, speciaal met het oog op de vaststelling van dubbele en drievoudige bindingen. De door de moderne ontwikkeling verkregen informatie is dermate omvangrijk dat terecht de opsporingsmogelijkheden vergeleken worden met die van de dactyloscopie! Vermeerdering onzer kennis door zuiver wetenschappelijk onderzoek op natuurwetenschappelijk terrein schenkt de onderzoeker voldoening en vormt een bijdrage tot het begrip van de ons omringende werkelijkheid. Indien wel eens werd geklaagd over het geringe praktische nut van een dergelijke arbeid kon men zich beroepen op talrijk voorbeelden uit de geschiedenis waarbij zulke onderzoekingen geleid hebben tot niet meer weg te denken toepassing in de praktijk van het dagelijks leven. Men accepteert nu als vanzelfsprekend dat bij ontwikkelingswerk niet meer dan enkele procenten tot praktisch

bruikbare resultaten plegen te leiden. Algemeen verspreid werd dan ook de opvatting dat de wetenschap een bij uitstek positieve invloed uitoefent op de kwaliteit der samenleving op aarde. Ik citeer uit een kwart eeuw geleden verschenen essay: 'es ist die Grösze dieser Jahrhunderte (der Neuzeit) daß sie die Natur neu erobern, daß sie lernen sie zu beherrschen, dem Menschen unterzuordnen und sie ihm fügsam zu machen'[7]. Nu, slechts 25 jaar later is het overduidelijk geworden dat wij ons met de toepassing der natuurwetenschap gewerkt hebben in de netelige positie van de 'Zauberlehrling', die de beheersing van de opgeroepen krachten ten enenmale is kwijtgeraakt doordat van een beleid op langere termijn voor de toepassing van de verworven kennis al lang geen sprake meer is en dat de mensheid zich zelfs uitermate kortzichtig gedraagt ten opzichte van de middelen die de levenloze natuur ons verschaft, zulke ten nadele van de leefbaarheid der aarde voor mens, dier en vegetatie. Dwingend geboden is het wereldwijd opstellen ener strenge reglementering voor het gebruik van natuurlijk voorkomende grondstoffen, waaraan de hand moet worden gehouden, trouwens ook voor produkten der organische natuur. De ouderwetse opvatting dat het wegwerpsysteem verkwistend omgaat met de natuurlijke rijkdom aan zowel anorganische als organische grondstoffen wordt niet betwist, al houdt men zich er niet aan. Dat we daardoor bovendien in een reeds sneller wordend tempo dreigen ten onder te gaan door massa en schadelijkheid der afvalprodukten begint nu pas door te dringen. Maar nog steeds wordt door belanghebbenden betoogd dat het wel niet zo'n vaart zal lopen.

Terugkerend tot de analytische chemie kan men stellen dat de tegenwoordig beschikbare methodes voor het aantonen van minimale - men zou zelfs kunnen zeggen: picomale - hoeveelheden schadelijke stoffen onder de huidige omstandigheden onmisbaar en dus van groot nut zijn. Maar het zou feitelijk wenselijk zijn, ze niet nodig te hebben!

Secretariaat der Sectie Scheikunde Academische Raad

Naar aanleiding van de vroegere Sectie Scheikunde van de Academische Raad nog het volgende.

Gedurende een twaalfstal jaren in de laatste periode van mijn hoogleraarschap fungeerde ik ook als secretaris der sectie scheikunde van de Academische Raad. Op zijn Frans zou men bijna kunnen spreken van *secrétaire perpetuel*!

De Raad en zijn sectie waren destijds ingesteld om over universitaire aangelegenheden adviezen op te stellen voor de politiek. Zonder veel gevolg overigens want daarvoor lagen de standpunten doorgaans te ver uit elkaar; het gezag van de Raad en zijn secties was dienovereenkomstig minder groot dan wenselijk geweest zou zijn.

Het instituut bood evenwel de mogelijkheid om naast veel vruchteloos werk dat nu eenmaal toch verricht moest worden, het bestaan onzer sectie te benutten voor een landelijke uitwisseling van denkbeelden over onze taak, toen en in de toekomst. We brachten dit tot uitdrukking door aanvulling van de naam 'Sectie Scheikunde van de A.R.' tot: 'Sectie Scheikunde A.R. en inter (sub) facultair overleg chemie'.

Met de steeds wisselende samenstelling uit de categorieën van het wetenschappelijk corps en later ook van studenten als vertegenwoordigers hunner universiteiten ontstond geleidelijk een netwerk van onderlinge contacten met als gevolg een beter onderling begrip en een wens tot samenwerking.

Eenzelfde neiging viel te bespeuren bij andere landelijke overlegorganen zoals, min of meer parallel met de sectie, het Besturen Overleg Subfaculteiten Scheikunde met de veelbetekenende afkorting: 'BOSS'. Ook op zuiver wetenschappelijk terrein is hetzelfde te constateren in bestaan en werk der stichting Scheikundig Onderzoek Nederland (SON) en de vorming van de Academie Commissie voor de Chemie (ACC). Meer in het algemeen vindt men dat in het samenwerkingsverband der Nederlandse Universiteiten tegenwoordig.

Literatuur

1. R. Mannkopff, *Z. Physik*, **72** (1931), 569
2. W. van Tongeren, *On the occurrence of rarer elements in the Netherlands East Indies*, diss. Rijksuniversiteit Utrecht, Amsterdam, 1938
3. W. van Tongeren, *De Ingenieur in Ned. Indië*, **VII** (1941), 51-58; **VII** (1941), 61-64; **VII** (1941), 118-120; **VII** (1941), 73-74; ook: *Chem. Weekblad*, **37** (1940), 654-661; **43** (1947), 134-137; **43** (1947), 354-362
4. Prof.dr. N. Schoorl, Regulatief gravimetrie, Regulatief titreeranalyse (Farm. Laboratorium Rijksuniversiteit Utrecht)
5. J.B. Schute, *Chem. Weekblad*, **54** (1958), 101
6. *Proceedings of the Colloquium Spectroscopicum Internationale VI*, Pergamon Press, London (1957)
7. Herbert Kühn, *Frühe und späte Abstrakte, I, Abstrakte Kunst oder Vorzeit*, p.6. Knorr & Hirth Verlag G.m.b.H., München und Ahrbeck, (1965)