

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

Dirk W. van Krevelen
Vijftig jaar activiteit in de Chemische Technologie
(Oorspronkelijke pagina's: 243-263)

Vijftig jaar activiteit in de Chemische Technologie

Dirk W. van Krevelen



8 november 1914 geboren te Rotterdam
1927-1933 Marnix Gymnasium β Rotterdam
1933-1938 Rijksuniversiteit Leiden (Chemie; doctoraal examen 1938)
1937-1939 privé-assistent van Prof.dr.ir. H.I. Waterman (in dienst van BPM/Shell)
1939 doctor in de Technische Wetenschappen Technische Hogeschool Delft
1940-1947 chemicus bij de Staatsmijnen in Limburg
1948-1959 research-directeur Centraal Laboratorium S.M. Geleen
1952-1980 buitengewoon hoogleraar Technische Hogeschool Delft
1954 Médaille Université de Liège
1955 Coal Science Medal
1959 Fellow of the Institute of Energy
1959-1969 lid Raad van Bestuur van Algemene Kunstzijde Unie (AKU)
1966 ere-doctoraat Technische Hochschule Darmstadt
1969-1976 lid Raad van Bestuur AKZO en President AKZO Research & Engineering
1977 Chemie-prijs Vereniging van Nederlandse Chemische Industrie (VNCI)
1980-1986 president-commissaris en researchadviseur van NORIT NV
1980-1983 researchadviseur van SHELL
1984 ere-doctoraat Technische Hogeschool Delft
1991 erelid Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging

Waarom ik scheikunde ging studeren

De keus van een studie - wat in de praktijk meestal tevens de keus van een beroep betekent - is voor een jong mens een moeilijke zaak. Hij kan natuurlijk een simpele oplossing kiezen en eenvoudig willen worden wat zijn vader was, want daar heeft hij tenminste enig idee van. De meesten staan echter voor een eigen keuze.

Inzicht in de consequenties van die keuze kan nauwelijks verwacht worden; raadgevers uit de eigen omgeving zijn vaak bevooroordeeld door de gemengde ervaringen met hun eigen vroegere keus. Zodoende zijn het soms - of vaak - secundaire factoren die op het beslissende moment van grote invloed kunnen zijn.

Dat ik zelf de scheikunde koos hing op een of andere manier samen met het feit dat er in mijn geboortestad Rotterdam een monument stond voor Nederlands grootse chemicus, Van 't Hoff. Het stond op de 's-Gravendijkwal, niet ver van mijn ouderlijk huis; vaak kwam ik er voorbij. Dat monument, een schepping van Charles van Wijk, boeide mij. Enerzijds omdat ik het mooi vond, evenwichtig en veelzeggend. De grote onderzoeker was daar zittend afgebeeld, in peinzende houding, geflankeerd door twee paranimfen: Rede en Verbeeldingskracht. Anderzijds omdat het monument iets uitbeelde waarvan ik eigenlijk niets wist. Wat was chemie eigenlijk? Chemici kwamen in mijn omgeving niet voor. Mijn vader had een neef die scheikunde had gestudeerd, nota bene bij Van 't Hoff, maar die was jaren voor mijn geboorte naar Amerika gegaan en er was geen contact meer met hem. Door navraag bij mijn vader en bij kennissen begon ik te begrijpen dat chemie een vak was waarin stoffen werden onderzocht of gemaakt en dat de chemische wetenschap een antwoord zocht op de vraag waarom de stoffen zijn zoals ze zijn. Dat laatste interesseerde mij: waarom lossen suiker en zout wel op in water, zwavel en papier niet en stijfsel een beetje, maar niet echt, want het gaf geen heldere oplossing.

Toen ik eenmaal in de vierde klas van het gymnasium onderwijs in de scheikunde kreeg duizelde het mij van de veelheid der verschillende stoffen, die ogenschijnlijk niets met elkaar te maken hadden; maar ik leerde ook het periodiek systeem der chemische elementen kennen, ik vond dat een prachtig ordenend systeem. De belangstelling daarvoor werd nog groter toen mijn leraar mij vertelde dat een groot Deens fysicus (Bohr) een theorie van de atomen had uitgedacht waarin een uitleg van dat periodiek systeem werd gegeven en tevens de sleutel van hun verschillend gedrag en eigenschappen. Ik kreeg gevoel voor dit boeiende vak en had ervoor ook steeds goede rapportcijfers.

Maar er was zovél dat mij boeide! Van jongsaf had ik grote belangstelling voor plantkunde en vooral voor geschiedenis. Op het gymnasium kwamen daar de geologie en de sterrenkunde bij, maar ook typische α -vakken, zoals mythologie, literatuur, muziekgeschiedenis en filosofie. Na een ernstige operatie en een vrij lang verblijf in het ziekenhuis had ik ook wel zin om dokter te worden en nog liever chirurg. Een mer à boire aan belangstelling dus. En het moment van studiekeus kwam nader!

Ik sprak er met mijn vader over. Dat was een verstandig, praktisch man, die zelf niet het geluk had gehad te kunnen studeren; hij had zo vroeg mogelijk moeten aanpakken en geld verdienen om het ouderlijk gezin te helpen bestaan.

Zijn woorden waren kort en duidelijk: een lange en dure studie als medicijnen kan ik niet bekostigen; biologie, astronomie en de α -vakken die ik op mijn lijstje had, leverden, voor zover hij dat zag, geen rendement op dat beantwoordt aan de geïnvesteerde inspanning; voor geologisch veldwerk was ik, na mijn operatie, fysiek niet sterk genoeg; resteerde dus chemie. Dat leek hem een goed vak, een vak ook met een internationale markt en het basisvak van andere wetenschappen zoals geologie, farmacie, medische wetenschap, etc. Ik kon deze logische redenering volgen en zo werd het dus chemie.

Ik was intussen een boek over Van 't Hoff gaan lezen en al lezend ging ik bevroeden wat een interessante man dat geweest was. Niet alleen groot in zijn eigen vak: hij had de scheikunde en de natuurkunde weten samen te smeden tot een nieuwe wetenschap, de fysische chemie, met een wiskundige taal, maar hij was tevens een liefhebber van literatuur (vooral dichtkunst), geschiedenis en filosofie. Ik begon in hem een lichtend voorbeeld te zien. In Amsterdam had hij een inaugurele rede gehouden, getiteld: 'Over de Verbeeldingskracht in de Wetenschap'. Vandaar de twee paranimfen die deel maakten van het Van 't Hoff-monument.

Wat mij ook zeer trof, was Van 't Hoff's beweeglijkheid van geest, zijn 'versatiliteit', die zich zowel uitte in zijn studie (Delft - Leiden - Utrecht - Bonn - Parijs - Utrecht), als in de plaatsen van zijn beroepsbeoefening (Utrecht - Amsterdam - Berlijn), maar vooral in de keuze van zijn werkgebieden (organische chemie - stereochemie - reactiekinetiek - thermodynamica - fassenleer - osmose - scheiding van ingewikkelde zoutmengsels). In elk opzicht leek Van 't Hoff mij een indrukwekkend voorbeeld.

Nadenkend over mijn persoonlijke wetenschappelijke belangstelling kwam ik tot de ontdekking, dat in alles wat mij echt interesseerde steeds weer dezelfde vragen de basis vormden: 'hoe zijn de dingen ontstaan?' en 'waardoor wordt hun ontwikkeling, hun geschiedenis bepaald?'.

Ik ben nog steeds dankbaar voor mijn gymnasiale opleiding, die mij een grondpatroon voor het menselijk denken en doen heeft verschaft. Ik meende dat het de ideale opleiding was. Mede door mijn belangstelling voor Van 't Hoff en zijn omgeving ben ik mij gaan realiseren, dat vrijwel al onze Nobelprijswinnaars niet van het gymnasium kwamen, maar van de fameuze HBS, de zo bijzondere school, die Thorbecke aan Nederland had geschonken. Niet voor niets stond het monument van Van 't Hoff voor die school!

Herinneringen aan mijn studietijd

Na mijn eindexamen-gymnasium te hebben behaald ging ik in Leiden studeren (1933). Chemie ressorteerde in die tijd onder de 'Filosofische Faculteit', hoewel filosofie er niet expliciet en nauwelijks impliciet aanwezig was (tot mijn spijt!). Filosofie werd toen, in de Faculteit der Letteren, gegeven door de theoloog De Sopper, en dat was geen Popper!

Het begin van mijn chemie-studie viel mij niet mee. Het eerste jaar was een grijze rijstebrijberg, *droog*, ondanks het zwaar wegende practicum der ‘analyse langs de natte weg’. De twee hoogleraren in de chemie, Schreinemakers en Blanksma, resp. voor anorganisch/fysische en voor organische chemie waren beiden op leeftijd, wat uitgeblust; de twee lectoren, Jorissen en Van Alphen hadden slechts beperkte mogelijkheden voor eigen onderzoek, hoewel hun colleges voor onze opleiding eigenlijk de hoofdschotel vormden en ook wel interessant waren.

Op Physica was de situatie wel beter, maar ook daar begon de roem, die door Lorentz, Kamerlingh Onnes en Ehrenfest was gevestigd, wat te tanen. Op de dag, dat ik mij officieel wilde laten inschrijven, was de Universiteit gesloten, omdat Ehrenfest een eind aan zijn leven had gemaakt. Het duurde meer dan een jaar eer zijn opvolger, de eminente H.A. Kramers, oud-medewerker van Bohr, was aangewezen.

Veel meer dan op Physica was er in de Chemie in Leiden in die jaren een stagnatie; zelfs als eerste-jaars voelde je dat aan. In meerdere opzichten waren wij jaloers op Utrecht, waar Kruyt en Kögl internationale roem oogstten. Wij lieten ons echter door de minder gunstige situatie niet ontmoedigen. Wat de officiële colleges ons niet boden, poogden wij door zelfstudie aan te vullen. In dat eerste studiejaar werkte ik met mijn studiegenoot Van Santen (de latere hoogleraar te Utrecht) het juist verschenen indrukwekkende boek van Van Arkel en De Boer *De chemische binding als elektrostatisch verschijnsel* door. Ik kon niet vermoeden dat binnen een jaar Van Arkel mijn hoogleraar, en dat De Boer later in dubbel opzicht mijn collega zou worden (zowel als buitengewoon hoogleraar te Delft als in de leiding van het Centraal Laboratorium van de Staatsmijnen).

Wij volgden ook zo veel mogelijk de gastcolleges en lezingen van beroemde buitenlanders die in Leiden optraden.

Ik herinner mij nog één van de boeken die ons bijzonder interesseerden: *Materiewellen und Quantenmechanik* van Arthur Haas; naar aanleiding daarvan hadden Van Santen en ik geestdriftige discussies.

Nieuw leven kwam er in de Chemie te Leiden door de benoeming van Van Arkel tot hoogleraar in de Anorganische en Fysische Chemie (eind 1934). Van Arkel was expert in de theorie van de chemische binding en de kristalstructuur van anorganische stoffen; hij bleek plezierig verrast, bij zijn komst te Leiden een aantal jonge studenten aan te treffen die zijn boek al hadden bestudeerd.

Van Arkel, leerling van Kruyt, was een der belangrijkste onderzoekers van het Natuurkundig Laboratorium van Philips, en had dus naast een wetenschappelijke ook industriële ervaring, wat ons zeer inspireerde.

Van Arkel kon al spoedig twee zeer bekwame medewerkers aantrekken: Ketelaar en MacGillavry, beiden uit Amsterdam en beiden later hoogleraar te Amsterdam. Het wetenschappelijk peil van onderwijs en onderzoek steeg snel; van de promovendi die bij Van Arkel werkten wil ik er enkelen noemen: J.J. Hermans, Stevels, Schuit, Staverman en Böttcher, allemaal toekomstige hoogleraren. Toen ik in 1935 mijn kandidaatsexamen had gedaan zag alles in chemisch Leiden er veel rooskleuriger uit dan twee jaar eerder. Mijn studie voor het doctoraal verliep verder vlot.

Het werd tijd om een bijvak te kiezen. Tot de mogelijkheden behoorden fysica, microbiologie en chemische technologie. Alle drie leken aantrekkelijk, maar het laatste trok mij het meest; het zou aan mijn studie een nieuwe dimensie geven en meer mogelijkheden voor een industriële loopbaan. Ik zou dan wel in Delft verder moeten studeren, maar dat was ook voor microbiologie een noodzaak. Ik besloot dus in het vroege voorjaar van 1937 een gesprek aan te vragen bij professor Waterman, de enige hoogleraar in de Chemische Technologie in ons land.

Die kennismaking werd beslissend voor mijn verdere studie en zelfs voor mijn verdere leven. De wijze waarop hij mij ontving, de persoonlijke belangstelling die hij liet blijken, hadden mij onmiddellijk voor hem gewonnen.

‘Ik heb belangrijk werk voor u, als u hier komt werken. Wij zijn hier bezig aan een groot onderzoek, waarin wij proberen de chemische structuur van aardolie te ontsluiten, een grafisch-statistische methode; ter toetsing daarvan moeten modelstoffen worden gesynthetiseerd. Enkele daarvan zult u moeten maken en de belangrijkste fysische constanten ervan bepalen. Lukt dat allemaal, dan wordt het ook gepubliceerd’. Ik besloot de geboden kans te accepteren. In april 1937 ben ik in het Delftse laboratorium begonnen. In de zomervakantie werkte ik weer in Leiden, als hulpkracht van Staverman bij zijn promotiewerk: *Cohaesie-krachten in Vloeibare Mengsels*, waarvoor ik de oplosbaarheid van water in een reeks gehalogeneerde koolwaterstoffen, als functie van de temperatuur, bepaalde. Tussen de metingen door werkte ik ook aan een scriptie over *Kristallisatie en het verschijnsel der vloeibare kristallen*.

Mijn eerste werkring: privé-assistent van Prof. Waterman

Eind augustus 1937 vroeg professor Waterman mij om bij hem in dienst te treden als privé-assistent, zodra ik met mijn praktische werk klaar zou zijn, rond 1 november. Als adviseur van de Bataafse Petroleum Maatschappij (Shell) had Waterman een drietal privé-assistenten, die onderzoek van meer fundamentele aard voor Shell uitvoerden.

Op 1 november 1937 begon zo mijn eerste werkring, in indirecte dienst van en betaald door Shell.

Ik zat nog wel met een probleem: ik moest de tentamens voor mijn doctoraal nog afleggen en vroeg mij af of dat wel met een volledige dagtaak was te combineren. Ik vroeg dat ook aan Waterman. Zijn antwoord was kort en stereotiep: ‘Ik verwacht dat u dat kunt’. Het is ook gelukt, al was het wel ten koste van heel wat nachtrust.

In maart 1938 deed ik mijn doctoraal examen te Leiden (met onder andere Waterman als één der examinatoren).

Voor Shell heb ik in de periode november 1937 - december 1939 gewerkt aan drie onderwerpen: de geïndiceerd pyrolyse van methaan, de chemische thermodynamica van koolwaterstoffen en de polymerisatie van ethyleen (tot vertakte polymeren, die na kalking klopvaste benzine zouden kunnen opleveren).

De geïndiceerd pyrolyse van methaan was een typische keuze van Waterman; methaan werd toen nog beschouwd als een afvalgas, dat alleen voor warmteopwekking door

verbranding nut had. Waterman wilde er nuttige produkten uit maken. Uit dit werk resulteerde niet alleen een publikatie (de tweede; de eerste was die over mijn afstudeerwerk: de modelstoffen) maar ook een dissertatie, waarop ik in december 1939 promoveerde, tot doctor in de Technische Wetenschappen.

De chemische thermodynamica leidde tot een lijvig rapport, dat de grondslag werd voor mijn latere werk hierover (in verband met steenkool).

Ook het werk aan de ethyleenpolymerisatie leidde tot een publikatie en bracht mij voor de eerste maal in contact met het wetenschapsgebied waaraan ik mij later gedurende vele jaren zou wijden.

De sfeer in het laboratorium van Waterman was vol dynamiek en er werd hard gewerkt. Het waren ook Waterman's grote jaren, waarin zijn faam zich internationaal verspreidde. Met zeer goede medewerkers, zoals Perquin, Vlugter, Van Westen en Leendertse heeft hij vooral in het aardolieonderzoek indrukwekkend werk gedaan. Maar ook op de gebieden van de vette oliën en de suiker deed hij pionierswerk met zijn medewerkers, onder andere Van Vlodrop en Heertjes.

Aan die mooie periode in mijn leven kwam een abrupt eind door het uitbreken van de tweede wereldoorlog in september 1939. De Duitse inval in Polen was een schok voor de wereld.

Als alles normaal was gegaan zou ik zeker, evenals mijn voorgangers privé-assistenten, na verloop van enkele jaren naar het Amsterdamse Shell-laboratorium zijn overgeplaatst. Nu echter veroorzaakte de oorlogstoestand een volledige personeelsstop.

Waterman zag de toekomst zeer somber in; in verband met zijn Joodse afkomst verwachtte hij voor zichzelf grote moeilijkheden en nam ontslag als adviseur van de BPM. Voor mij betekende dat ook het eind van mijn werkkring te Delft; ik moest dus omzien naar een andere baan. Door bemiddeling van Waterman kon ik met ingang van 1 januari 1940 in dienst treden van de Staatsmijnen in Limburg.

Mijn promotie in december 1939 was zodoende ook het slot van mijn werk te Delft. Ik zal Shell altijd dankbaar blijven voor de goedkeuring om op het werk dat ik voor de toenmalige BPM had verricht, te mogen promoveren.

Ik was inmiddels getrouwd, met Elfrieda Kreisel, evenals ik in Rotterdam geboren. Wij hadden in Delft een leuk huis gevonden aan de Vliet, zonder er idee van te hebben dat we er maar een paar maanden zouden wonen.

Mijn eerste jaren bij de Staatsmijnen in Limburg, 1940-1947

Eind december 1939 verhuisden wij dus naar Zuid-Limburg, naar Lutterade-Geleen, waar het Stikstofbindingsbedrijf van de Staatsmijnen was gevestigd. Het was een voor die dagen al groot chemisch complex, waar vele soorten kunstmest werden gefabriceerd.

De Staatsmijnen waren in 1902 gesticht, en wel om te voorkomen dat de provincie Limburg economisch in nog sterkere mate door buitenlandse ondernemingen zou worden beheerst. Alle bestaande particuliere steenkoolmijnen waren reeds in handen van Belgisch

en Frans kapitaal. Een bedrijf, volledig in handen van de Nederlandse staat, en gesticht door een liberale regering! In de statuten was bepaald dat het bedrijf zich zou gedragen als een particuliere onderneming; de invloed van de politiek was inderdaad zeer gering.

Successievelijk waren in het begin van de eeuw vier moderne mijnen door het jonge bedrijf aangelegd. Onder de stuwende leiding van het directielid Prof. van Iterson waren eerst twee cokesfabrieken en een groot gasdistributiebedrijf tot ontwikkeling gekomen, en daarna het al genoemde Stikstofbindingsbedrijf (SBB) waar op basis van waterstof uit het cokesovengas en stikstof uit de lucht chemie werd bedreven. De chemische staf was nog vrij klein, maar enthousiast en deskundig. De topleiding van cokesfabrieken en SBB berustte bij Ir. Ross van Lennep; zijn voornaamste chemische medewerker was Dr.ir. van Aken. Toen ik in dienst trad bij het SBB was er een Centraal Laboratorium voor de chemische bedrijven in aanbouw: als chef daarvan was Dr. Berkhoff benoemd, die ook mijn directe chef werd (de latere eerste rector magnificus van Universiteit Twente).

Er was een plan ontwikkeld om het bedrijf in organisch-chemische richting te diversifiëren; een fabriek voor het maken van alcohol uit de ethyleen in het cokesovengas was juist in bedrijf gesteld. Er waren twee proeffabrieken voor nitrering van teerkoolwaterstoffen gebouwd en er was reeds een contract voor een phenolfabriek afgesloten. Ik was aangesteld om met een aantal andere jonge collega's de plannen te gaan verwezenlijken. Begin januari startte ik mijn nieuwe werk; noch ik, noch mijn collega's hadden een voorstelling van het oorlogsgevaar dat ons boven het hoofd hing: wij geloofden nog altijd dat ons land zijn neutraliteit zou kunnen handhaven. De Duitse bezetting van Noorwegen deed ons al het ergste vermoeden. Op 10 mei 1940 vielen de Duitse troepen ons land binnen en na vier dagen was ons aller lot beslecht. Ook dat van het diversificatieplan van Staatsmijnen. De Duitsers hadden geen enkele behoefte aan de Nederlandse investeringsplannen in de zware organische chemie en de Staatsmijnen deden wat maar mogelijk was om niet ingeschakeld te worden in de springstoffenfabricage. De plannen kwamen in de ijskast en, zoals spoedig bleek, voor jaren!

De jonge chemische staf moest dus aan heel ander werk worden gezet. Voor mij werd in juni 1940 een opdracht bedacht, die mij aanvankelijk buitengewoon oninteressant toescheen. Er was op het SBB een installatie in aanbouw om cokesovengas te gaan wassen met een ammoniak-oplossing. Tot dusverre gebeurde dat met water, maar het daarin geabsorbeerde koolzuur ging verloren.

Het koolzuur zou nu worden gewonnen door regeneratie van de oplossing, en beloofde een interessante chemische grondstof te worden (voor soda- en ureumfabricage). Het proces had nog meer perspectieven: het moest mogelijk zijn langs deze weg niet alleen koolzuur uit het gas te winnen, maar ook zwavelwaterstof (dat toen in zuiverkisten aan ijzeroer werd gebonden). Er was zelfs een Frans octrooi, waarin werd beweerd dat bij deze ammoniakale wassing ook het schadelijke NO_x kon worden verwijderd. Die stof kon namelijk in de gasscheiding, door reactie met onverzadigde koolwaterstoffen, afzettingen van explosieve harsen veroorzaken; die moesten coûte que coûte worden voorkòmen.

Hoewel er een installatie in aanbouw was voor de technische uitvoering, was eigenlijk niemand op de hoogte van de snelheid van alle reacties die bij dit proces optraden. Het was daarom mijn tak eerst van de koolzuurabsorptie een studie te maken, die vervolgens

uit te breiden tot de selectieve scheiding van de twee gassen en daarna de mogelijke NO-verwijdering te onderzoeken. Als dit onderzoek afgesloten was, kon ik op dezelfde manier een reeks andere belangrijke fabricageprocessen onder de loupe nemen, zoals de katalytische ammoniak- en zwavelzuur-synthese, de salpeterzuurfabricage, enz.

Ik begon eraan, zoals gezegd, zonder veel enthousiasme, omdat het - zo dacht ik althans - allemaal 'bekende chemie' was. Maar al spoedig zag ik dat ik hiermee een voor mij geheel nieuw gebied betrad, namelijk dat van de chemische proceskunde, de 'chemical engineering', waarin de combinatie van chemische reactie en snelheid van stofoverdracht tussen twee fasen het fundamentele probleem vormde.

Gelukkig was er in de bibliotheek van het SBB een uitstekend boek aanwezig, dat kort voor de oorlog was verschenen: *Gas Absorption*, van de hand van Professor Sherwood van het beroemde M.I.T. in Amerika. Het werd mijn gids in het nieuwe werkgebied, dat ik in Delft heel vluchtig had leren kennen door het volgen van enkele colleges van Prof. Van Dijk (van Shell). Sherwood's boek was een deel uit een serie over chemical engineering. Lezend en snuffelend begon ik mij voor dat vak steeds meer te interesseren.

Een toevallige omstandigheid deed daar nog een schepje bovenop. In 1942 vatte de MTS (nu HTS) te Heerlen het plan op, aan het leerplan van de afdeling Chemische Techniek het vak Technologische Bewerkingen toe te voegen; men vroeg aan de directie van de Staatsmijnen of er onder de jonge ingenieurs misschien iemand was die dit vak zou kunnen doceren en als 'deeltijd-leraar' hiervoor beschikbaar kon worden gesteld. Professor Van Iterson, die voorzitter van het bestuur van de MTS was (en misschien wel de initiator van het plan was geweest?) wees mij daarvoor aan. Zo zag ik mij ook van die kant 'gedwongen' om de chemical engineering als een professionele taak op te vatten.

Mijn studie van de gasabsorptie heeft succes ge oogst. Na de oorlog kon een reeks publikaties verschijnen, die mijn naam op dit gebied hebben gevestigd, ook internationaal. De meeste bekendheid kreeg het 'sleuteldiagram', waaruit de versnelling van de absorptie door gelijktijdige chemische reactie kon worden afgeleid. Het is afgebeeld in schema 1, en staat onder experts bekend als het 'Van Krevelen-diagram voor chemische gasabsorptie'. Ook andere, verwante studies, over de kinetiek van de ammoniaksynthese en de katalytische zwaveldioxide-oxidatie, en vooral die over de absorptie van nitreuse gassen bij de salpeterzuurfabricage leidden tot voor het bedrijf belangrijke conclusies ter optimalisering van de bedrijfsvoering.

Een jaar na de bevrijding van ons land stelde de directie van de Staatsmijnen mij in de gelegenheid om drie maanden in de USA door te brengen en mij te oriënteren over de nieuwe chemisch-technische ontwikkelingen daar. Ik heb daar vrijwel alle coryfeeën op het gebied van chemical engineering persoonlijk leren kennen zoals Sherwood, W.K. Lewis, Walker, MacCabe, Chilton, Colburn, Hougen, Watson, Farrington Daniels en vele anderen en heb in hun laboratoria voordrachten gehouden. Hun referenties openden voor mij de mogelijkheid om toegelaten te worden tot het Active Membership of the American Institute of Chemical Engineers, toen een hoge onderscheiding voor een buitenlander, vooral voor een nog zo jeugdige als ik toen was (32).

Ondanks alle narigheid in de oorlog (ik verloor bij het bombardement van Geleen in 1942 mijn huis dat door brandbommen was getroffen) zijn de oorlogsjaren voor mijn werk

vruchtbaar geweest.

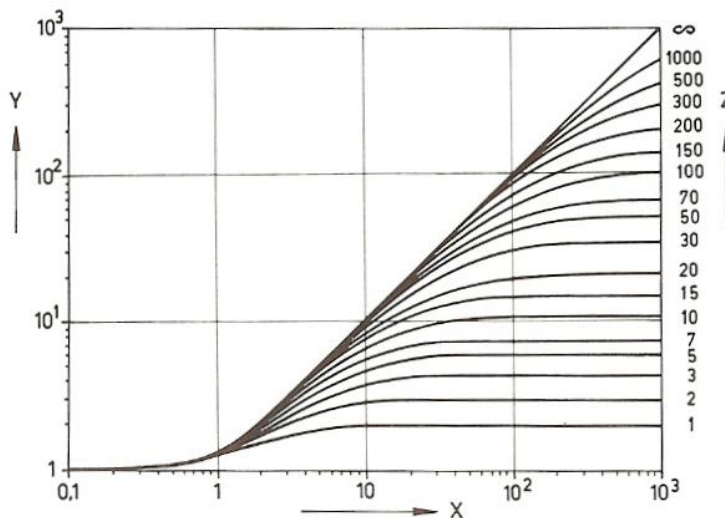
Na de oorlog heb ik nog een aantal jaren actief de chemical engineering beoefend, onder andere in verband met het drogen van gekorrelde stoffen, bellenvorming in vloeistoffen en warmte- en stofoverdracht in 'fluid beds', evenals de vergassing van cokes met stoom en zuurstof. Ik had daarbij bekwame medewerkers in Hoftijzer, Van Heerden en Van Loon (de laatste twee later hoogleraar resp. te Nijmegen en Eindhoven), om enkelen met name te noemen.

SCHEMA 1

ABSORPTIE MET CHEMISCHE REACTIE



VERSNELLENGSFACITOR DOOR CHEMISCHE REACTIE = \textcircled{Y}



Betekenis der KENGRROOTHEDEN X en Z

$$X = \frac{\sqrt{k \cdot C_B \cdot D}}{k_L} \sqrt{\frac{\text{maximale reactiesnelheid in grenslaag}}{\text{maximale diffusiesnelheid door grenslaag}}}$$

$$Z = \frac{C_B (l)}{C_A (i)} = \frac{\text{concentratie van B}}{\text{oplosbaarheid van A}}$$

De tweede periode bij de Staatsmijnen, 1948-1959

In 1948 werd ik bevorderd tot 'director of research' van het Centraal Laboratorium. Ik kreeg nu een management-functie, wat het gevaar inhield dat ik van het eigenlijke onderzoek zou vervreemden. Dat wilde ik in geen geval. Het was echter ook niet fair, en voor de goede verhoudingen zelfs ongewenst, dat ik de leiding van mijn bloeiende afdeling onder mijn hoede zou blijven houden. Wilde ik nog research blijven doen, dan moest ik een gebied kiezen, waarop nog niemand binnen het C.L. werkzaam was; dat gebied moest uiteraard voor Staatsmijnen van belang zijn. Ik koos daarom voor fundamenteel onderzoek over de steenkoolstructuur, daarbij ondersteund door een kleine vaste groep van vier medewerkers, met ad-hoc specialistische hulp van de afdelingen. Op die wijze hoopte ik als researchman 'in leven te blijven'.

Het mag misschien wonderlijk klinken, maar het feit lag er nu eenmaal, dat in dit grote steenkoolwinningsbedrijf geen enkele chemicus aan meer fundamenteel steenkoolonderzoek werkte. Tien jaar eerder had een jong ingenieur op cokesfabriek Emma een onderzoek gedaan over de invloed van de aard van de steenkool op de cokesbereiding en was daarop zelfs gepromoveerd (Koopmans); ook de analyticus Dr. Pieters had op dezelfde cokesfabriek enkele onderzoeken over cokeskolen verricht. Tegelijk met de stichting van het Centraal Laboratorium (ten behoeve van de chemische bedrijven) werd ook een Centraal Proefstation opgericht voor (mijnbouwkundige en werktuigkundige) research voor de steenkoolwinningsbedrijven. Het gevolg was (in de praktijk) dat er een splitsing plaats had: al het onderzoek dat op steenkool was gericht ging naar het C.P., en het C.L. werkte geheel voor het chemische bedrijf. Chemische research over de aard van steenkool werd zodoende niet meer gedaan. Ik voelde hier een lacune, en meende dat hier nuttig wetenschappelijk werk kon worden verricht.

Zo kwam ik dus aan mij tweede grote werkterrein bij de Staatsmijnen: dat van de steenkoolstructuur en cokesvorming. Het sloot bovendien logisch aan bij de chemisch-technische bewerkingen, waarop tot dusverre mijn aandacht was gericht.

Uiteraard boeide dit onderwerp mij buitengewoon. Zowel de geologische herkomst als de chemische aard van steenkool als materiaal, als ook het 'gebeuren' bij de omzetting tot cokes intrigeerden mij. Het onderwerp had ook directe aansluiting bij mijn werk over de aardoliestructuur bij Waterman.

Steenkool is een relict van een miljoenen jaren geleden levende vegetatie, van vreemde bomen die in grote oerwouden voorkwamen, en wier overblijfselen ten dele door de natuur zijn geconserveerd, zij het in sterk gewijzigde samenstelling. Van de oorspronkelijke plantenweefsels zijn alleen nog de morfologische structuren zichtbaar te maken (steenkool-petrografie); chemisch heeft er een enorme verandering plaats gehad: de inkoling.

Na een eerste fase van biochemische omzetting, onder invloed van micro-organismen (de 'diagenese') volgde een tweede fase van nog ingrijpender geochemische omzetting (de 'kata- en meta-genese') waarin de resten van de diagenese, onder invloed van druk en warmte bij het steeds dieper wegzinken van de kolenlagen, werden 'gekraakt'.

Steenkool is chemisch heel moeilijk te onderzoeken; oplossen en kristalliseren is onmogelijk, bijna altijd treedt ontleding op zodra verhit wordt; er zijn in feite maar enkele eigenschappen te bepalen van de onveranderde steenkoolstructuur: de elementaire samenstelling, het soortelijk gewicht (dichtheid) en de brekingsindex (de laatste via het reflecterend vermogen). Dit zijn overigens dezelfde fysische grootheden waarmee ik door het aardolieonderzoek bij Waterman vertrouwd was. Van steenkool is echter geen molecuulgewicht te bepalen vanwege de onoplosbaarheid. Wij zijn er *nu* zeker van dat steenkool een *macromoleculaire* stof is, met veel dwarsverbindingen en intramoleculaire holten (waarin natuurlijke krakingsprodukten zijn ingekapseld, die gedeeltelijk kunnen worden geëxtraheerd).

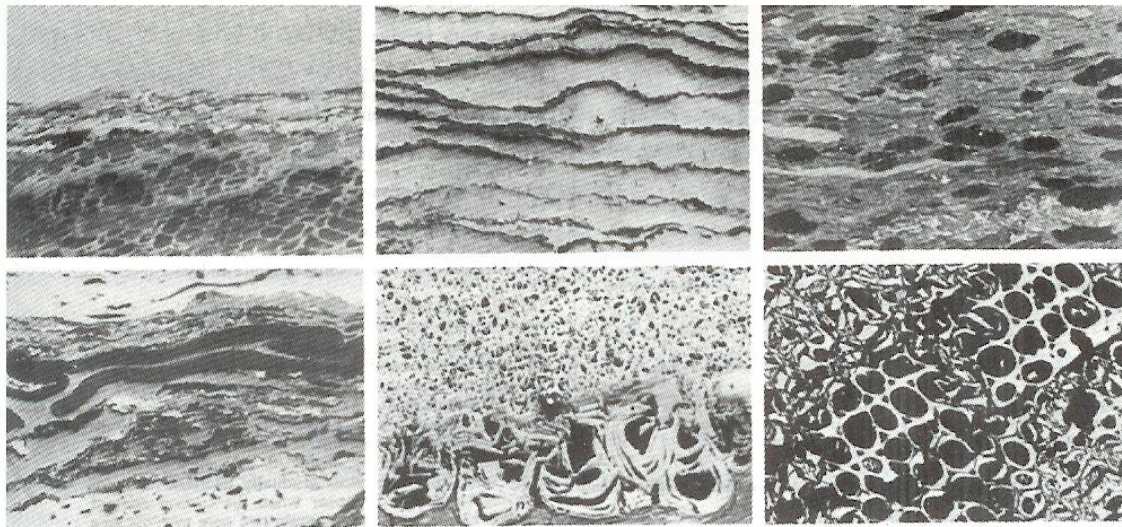
Mijn onderzoek verliep in vier stappen.

Allereerst werden representatieve steenkoolmonsters uit de hele inkolingsreeks (van turf tot anthraciet) verzameld en werd gepoogd deze monsters zo goed mogelijk in 'homogene' petrografische componenten *maceralen* te splitsen (maceraalscheiding op soortelijk gewicht). Van deze maceraalmonsters werden element-analyses bepaald. Uit de grote reeks van cijfers kwam een diagram voort, dat snel wereldbekend werd: het H/C-O/C diagram; hierin zijn de atomaire verhoudingen der drie hoofdelementen (H, C en O) gebruikt als coördinaten. In dit diagram zijn de inkolingstrajecten van de voornaamste maceralen weergegeven (zie schema's 2 en 3):

- Vitriniet, een glasachtige substantie ontstaan uit houtweefsel;
- Exiniet (nu ook wel liptiniet genoemd), in hoofdzaak ontstaan uit bladweefsel en sporen;
- Alginiet, relict van vetrijke algen en lipoide bacteriën;
- Resiniet, ontstaan uit plantenharsen en wassen;
- Fusiniet, een fossiele houtskool
- Micriniet, een vèrgaand oxydatief/thermisch afgebroken produkt van een mengsel van plantenbestanddelen, onder andere fungi.

Vitriniet vormt als het ware de hoofdreeks, exiniet en resiniet zijn waterstofrijkere en fusiniet en micriniet waterstofarmere nevenreeksen.

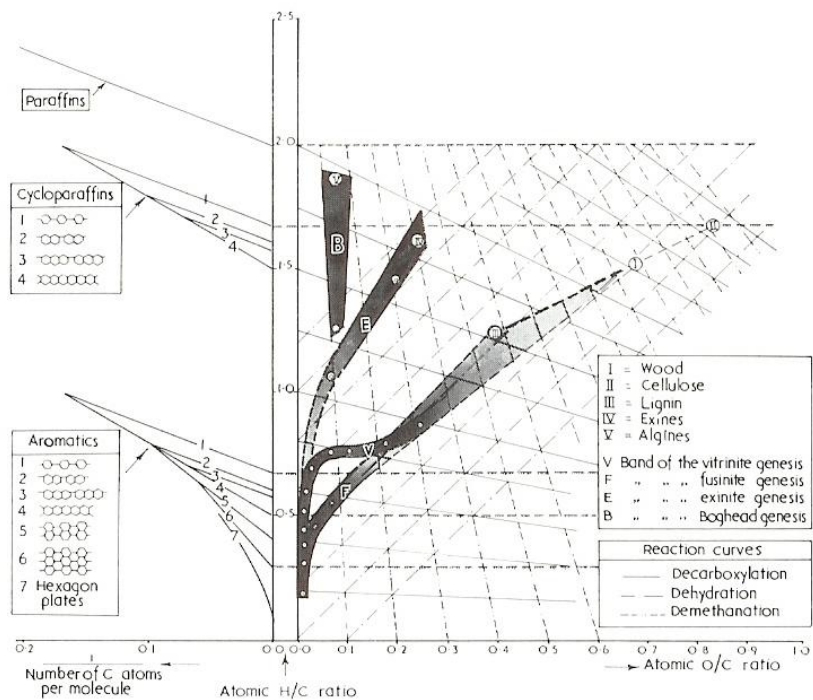
In het diagram zijn ook lijnen aangegeven die de belangrijkste reactie-processen weergeven: decarboxylatie (afsplitsen van kooldioxide), dehydratatie (afsplitsen van water) en demethanatie (afsplitsen van methaan, aardgas). Men ziet direct dat in de hoofdreeks eerst in hoofdzaak water, dan kooldioxide en tenslotte methaan wordt afgesplitst. In het linkervak van het diagram ziet men de koolwaterstoffen afgebeeld, de drie hoofdgroepen, de paraffinen, de cycloparaffinen of hydroaromaten en de aromaten. Een vluchtige blik op het diagram leert ons dat hout (en cellulose) in hoofdzaak een cycloparaffinische structuur hebben, de echte steenkool in sterke mate aromatisch van structuur is, terwijl alginiet (zogenaamde boghead-kool) van oorsprong sterk paraffinisch moet zijn. De hoofdreeks van de inkoling splitst zich bij een H/C-verhouding van 0.75 in twee takken, een waterstofarme, die in elk opzicht weinig reactief, inert, is en als productengroep daarom wel inertiet heet, met als hoofdmaceralen fusiniet en micriniet (samen inertiniet). De goede cokeskolen liggen duidelijk in de 'buitenbocht' van de hoofdreeks.



SCHEMA 2

TYPISCHE MACERALEN

| | | |
|---|-------------------------------------|------------------------------|
| COLLINIET en TELINIET | CUTINIET in COLLINIET | ALGINIET (BOGHEAD COAL) |
| SPORINIET in COLLINIET en MICRINIET | SEMI-FUSINIET en SCLEROTINIET | FUSINIET |



SCHEMA 3

H/C vs. O/C DIAGRAM : DEVELOPMENT LINES

Na deze eerste stap, die een verrassend interessant resultaat opleverde kwam een tweede: de studie van de dichtheid. De dichtheid van een stof is de verhouding van de molecuulmassa tot het molecuulvolumen. Beide laatstgenoemde grootheden zijn *additief* te berekenen uit de atoommassa's en atoomvolumina. Nu zijn helaas de molecuulmassa's van de steenkolen niet bekend; zij kunnen zelfs principieel niet worden bepaald, omdat, zoals wij nu weten het steenkoolmolecule een macromoleculair *netwerk* is. We kunnen ons uit de moeilijkheid redden door alles te herleiden tot de molecuulmassa per koolstofatoom (of als men dat preferereert: per 100 C-atomen) die immers uit de elementenanalyse kan worden berekend. Bij polymeren, en dus ook bij steenkool, is het molecuulvolumen voor stoffen zonder aromaatringen of dubbele bindingen additief uit atoomvolumina te berekenen. Dubbel gebonden koolstof kan in steenkool niet worden aangetoond. Klopt de additief berekende waarde van de stof met de experimenteel gevonden waarde, dan is de stof met zekerheid paraffinisch; is er een verschil, dan is dat verschil een maat voor het gehalte aan ringstructuren, in hoofdzaak van aromaten. Steenkool bleek een zeer ringrijke substantie te zijn. De mate ervan kon worden uitgedrukt in een ringindex.

De derde stap was de studie van de brekingsindex, die indirect kon worden afgeleid uit het reflectievermogen. Uit brekingsindex en dichtheid kan men de molecuulrefractie afleiden, opnieuw gebaseerd op de molecuulmassa per C-atoom. Ook dat is een additieve grootheid, die kan worden berekend uit atoomrefracties. Het verschil tussen berekende en gemeten waarde is een directe maat voor aantal en aard der aromaatringen, uit te drukken in de aromaatfractie (f_a).

Door meting van verbrandingswarmtes en van de snelheid van geluidsgolven kon het resultaat op onafhankelijke wijze worden bevestigd. Combinatie van lichtrefractie en Röntgendiffractie leverde nog een verder gegeven: de grootte en de mate van stapeling van de aromatische ringsystemen; grotere aromatische ringsystemen hebben de neiging tot vorming van diskoide complexen.

De laatste stap was het synthetiseren van modelstoffen die op steenkool lijken in hun globale structuur; daarvoor gingen wij uit van aromaten uit de steenkoolteer (in zuivere vorm), die met CH_2 -bruggen aan elkaar werden gekoppeld. Dit gebeurde door reactie met radioactief gemerkte formaldehyde, waardoor netwerken werden gevormd met een meetbaar aantal CH_2 -bruggen per aromaatsysteem.

De verkregen model-polymeren vertoonden bij thermische ontleding inderdaad hetzelfde gedrag als de steenkolen van diverse inkolingsgraad. Door vergelijking was het zelfs mogelijk een schatting te doen van het aantal dwarsbindingen per aromaatsysteem.

In een betrekkelijk kort aantal jaren was het mijn researchgroep gelukt om een vrij volledig beeld van de steenkoolstructuur te ontwerpen, dat verifieerbaar en falsificeerbaar is. Het werk werd in Engeland met de 'Coal Science Medal' bekroond en vond zijn uiteindelijke vorm als boek, onder de titel 'COAL-Typology, Physics, Chemistry and Constitution', dat in 1961 verscheen, na een voorloper in 1957 onder de titel 'Coal Science'. Mijn voornaamste medewerkers bij dit onderzoek waren de heren Chermin, Dormans, Groenewegen (later hoogleraar te Utrecht), Huntjens, Smidt (later hoogleraar te

Delft), Schuyer (later hoogleraar te Twente) en Wolfs.

Mijn droom was verwezenlijkt; ik was door mijn 'managerschap' niet uitgeschakeld voor de wetenschap.

Gelukkig was de periode 1947-1959 ook voor het Centraal Laboratorium een periode van grote bloei. Veel onderzoekswerk leidde tot verbetering van bestaande fabrieken (salpeterzuur, ureum, organische produkten, waaronder caprolactam en melamine) en polymeren: lineair polytheen. Enkele honderden publikaties zagen het licht, het aantal personeelsleden groeide tot 900 en de gebouwuimte werd aanzienlijk uitgebreid.

Ik had voortreffelijke medewerkers, waarvan ik alleen de naaste hier kan noemen, de sectorchefs: Van Heerden (later hoogleraar te Nijmegen) voor het fundamentele werk; Revallier (later Director of Research van DSM) voor het toegepaste werk; Deinum (en na diens vroegtijdige dood Hallie) voor de totale Analytische sector en Van der Sommen voor de Dienstensector. Schmitz als hoofd van de Administratie en Berx als persoonlijk secretaris bewezen mij grote diensten.

Voor mijzelf werd in deze periode nog een belangrijke mijlpaal bereikt toen ik in 1952 te Delft werd benoemd tot Buitengewoon Hoogleraar in de Chemische Technologie, een ambt dat ik 28 jaar lang zou bekleden en dat mij veel voldoening heeft gegeven.

De periode bij AKU, 1959-1969

In maart 1959 werd ik benaderd door de directie van de toenmalige AKU (nu AKZO) met de vraag of ik bereid was mij kandidaat te stellen voor een plaats in de topdirectie. Ik voelde mij uiteraard vereerd: de AKU was toen reeds een der grootste Nederlandse ondernemingen, een internationaal concern van formaat. Mijn taak zou geheel liggen op het gebied van Research en Ontwikkeling.

De Algemene Kunstzijde Unie was in 1911 gesticht als ENKA, Nederlandse Kunstzijdefabriek en was door uitbreidingen en acquisities in de pionierstijd van de kunstzijde gegroeid tot een concern. De eerste directeur was de stichter, Dr. Hartogs, een leerling van de Amsterdamse hoogleraar Holleman. Na hem werd de onderneming geleid door Prof. de Vooys, en Dr.ir. Van Schaik. Rond 1960 was Ir. Engel president-directeur.

De uitnodiging van de AKU plaatste mij wel voor een groot dilemma. Ik had bij de Staatsmijnen een benijdenswaardige positie als hoofd van het Centraal Laboratorium, met een zeer bekwame staf van medewerkers en een werkgebied waar ik was 'ingegroeid'. Ik was 44 jaar en kon ook als ik in Limburg bleef mij nog verder ontplooiën, wetenschappelijk en maatschappelijk. AKU betekende voor mij een vreemde nieuwe wereld, vrij eenzijdig gericht op één markt, de chemische vezels, dat wil zeggen de textielgrondstoffen. Toch voelde ik dat hier, vooral door de opkomst van de geheel-synthetische vezels, een eenmalige kans lag: daaraan leiding te geven, in een snel groeiend concern met een wereldwijde activiteit en laboratoria in Nederland, Duitsland en de U.S.A. Ik voelde het als een uitdaging, die ik wat leeftijd betreft nog aan zou kunnen.

Wel was ik mij er van bewust dat mijn afstand tot de laboratoriumtafel, tot de echte bron

van onderzoek en kennis, nu nog groter zou worden.

Ik bedong dat ik mijn buitengewoon hoogleraarschap zou behouden mits Delft ermee accoord ging dat mijn onderwijs in de chemische technologie nu een ander accent kreeg. Delft ging daarmee accoord en vroeg me, mij om te schakelen naar de proceskunde der polymeren.

Zo had ik opnieuw een tweeledige noodzaak om mij snel in te werken in de nieuwe tak van de chemische technologie. Ik ben zowel Delft als AKU nog altijd dankbaar voor de op deze wijze geschapen mogelijkheid om wetenschappelijk actief te blijven.

Het grote gebied van de Polymeertechnologie werd nu mijn nieuwe arbeidsveld. Een zekere aanloop had ik bij de Staatsmijnen in deze richting al gehad: enerzijds had mijn steenkoolonderzoek zich al ontwikkeld tot polymeeronderzoek, want steenkool bleek een polymere structuur te bezitten; anderzijds omdat ook bij het Staatsmijnbedrijf de eerste stap al was gezet in de polymeerchemie, namelijk met de fabricage van hoge- en lage-druk polyethyleen, met al het onderzoek wat daarvoor nodig was.

Toch duurde het even eer ik bij AKU een duidelijke eigen richting voor ontwikkeling en onderzoek begon te zien, namelijk die van 'specialties' in polymeren en polymere systemen. Zo werd bijvoorbeeld AKU de eerste onderneming die aromatische polyester als kunststof op de markt bracht (als vezel en als folie had polyester toen zijn plaats al veroverd); daarvoor was een speciale na-condensatie nodig tot hoger molekulgewicht. Het onderzoek ontplooidde zich van polymeren met aromaatringen in de keten tot polymeercomposities zoals vezelvliesen en kunstleer.

Als persoonlijk aandachtsgebied koos ik: verband tussen structuur en eigenschappen van polymeren. De doelstelling was om methodes te vinden om uit de structuur van een polymeer de eigenschappen te voorspellen, en omgekeerd om voor gewenste eigenschappen de gewenste polymeerstructuur te voorspellen. Ambitieuze doelstellingen, waarin ik uiteraard slechts ten dele kon slagen.

De overgang naar AKU betekende intussen wel, dat ik mijn beide wetenschappelijke hoofdterreinen: de eigenlijke chemische proceskunde en de steenkoolwetenschap definitief moest verlaten; dat ik de met zorg opgebouwde contacten met vakcollega's en het organiseren van conferenties op die gebieden moest prijs geven. In plaats daarvan kwamen langzamerhand natuurlijk nieuwe, ook interessante contacten, maar de positie in de wetenschappelijke wereld die ik had in de tijd bij de Staatsmijnen heb ik niet meer herkregeen. Mijn eigen bijdrage tot de polymeerwetenschap resulteerde in enkele tientallen publikaties en vooral in het boek 'Properties of Polymers; their Correlation with the Chemical Structure', waarvan de eerste druk in 1972 uitkwam.

In de jaren '60 stond het denken bij AKU, naast de verdere ontwikkeling in de chemische vezels, in het teken van 'diversificatie'. De president-directeur Meynen (1962-1966) was daarvan de motor.

Hij was een groot voorstander van 'Joint Ventures' met buitenlandse ondernemingen, zo mogelijk op 50/50-basis. Daar was al een begin mee gemaakt in 1959 toen de dochteronderneming Ciago (Chemische Industrie AKU Goodrich) tot stand kwam die elastomeren ging produceren; in 1961 volgde Silenka (samen met Pittsburgh Plate Glass)

voor de produktie van glasvezels, en in 1962 Petrochemie (samen met Amoco/Standard Oil of Indiana) waar het eerste petrochemische produkt DMT (dimethyl-terephthalaat, grondstof voor polyester) werd gemaakt. Tenslotte kwam in 1963 Polychemie (40/60 joint venture met de Amerikaanse General Electric) voor de ontwikkeling en produktie van de nieuwe kunststof PPO (poly-dimethyl-phenyleen-oxide), dat als Noryl later een grote markt zou veroveren. In de onderhandelingen over de meeste dezer joint ventures had ik uiteraard mijn aandeel, omdat chemische diversificatie tot mijn directietaak behoorde.

Achteraf bleek diversificatie via joint ventures toch een misgreep, vanwege de belangen- tegenstellingen die steeds ontstonden. Van al deze samenwerkingsverbanden is er niet één blijven bestaan. Ciago ging over naar Goodrich, Silenka naar Pittsburgh, Polychemie naar General Electric (thans een der grote kunststofproducenten) en Petrochemie is na de fusie van AKU met KZO geliquideerd. AKU was al te laat om geheel op eigen kracht te diversifiëren; het werd duidelijk dat echte diversificatie alleen door fusie met een groot chemisch bedrijf tot stand kon komen.

Tweemaal werden zeer vergaande fusiebesprekingen met Staatsmijnen gevoerd, in 1963 en in 1967/1968. Ook in deze onderhandelingen speelde ik mijn part. Maar beide keren sprongen zij af - met het accoord in zicht en uiteraard tot mijn grote spijt. Oorzaak was in de eerste plaats de politieke complicatie: Staatsmijnen was toen nog een echt staatsbedrijf. Tenslotte kwam in 1969 de grote fusie met KZO, waardoor de nieuw ontstane onderneming AKZO in één klap tot de grote internationale chemische concerns ging behoren. Ik heb deze fusie van harte toegejuicht omdat ik daarin de laatste kans zag om in Nederland tot een groot internationaal *chemisch* concern te geraken, dat op vrijwel alle terreinen van de chemie actief was.

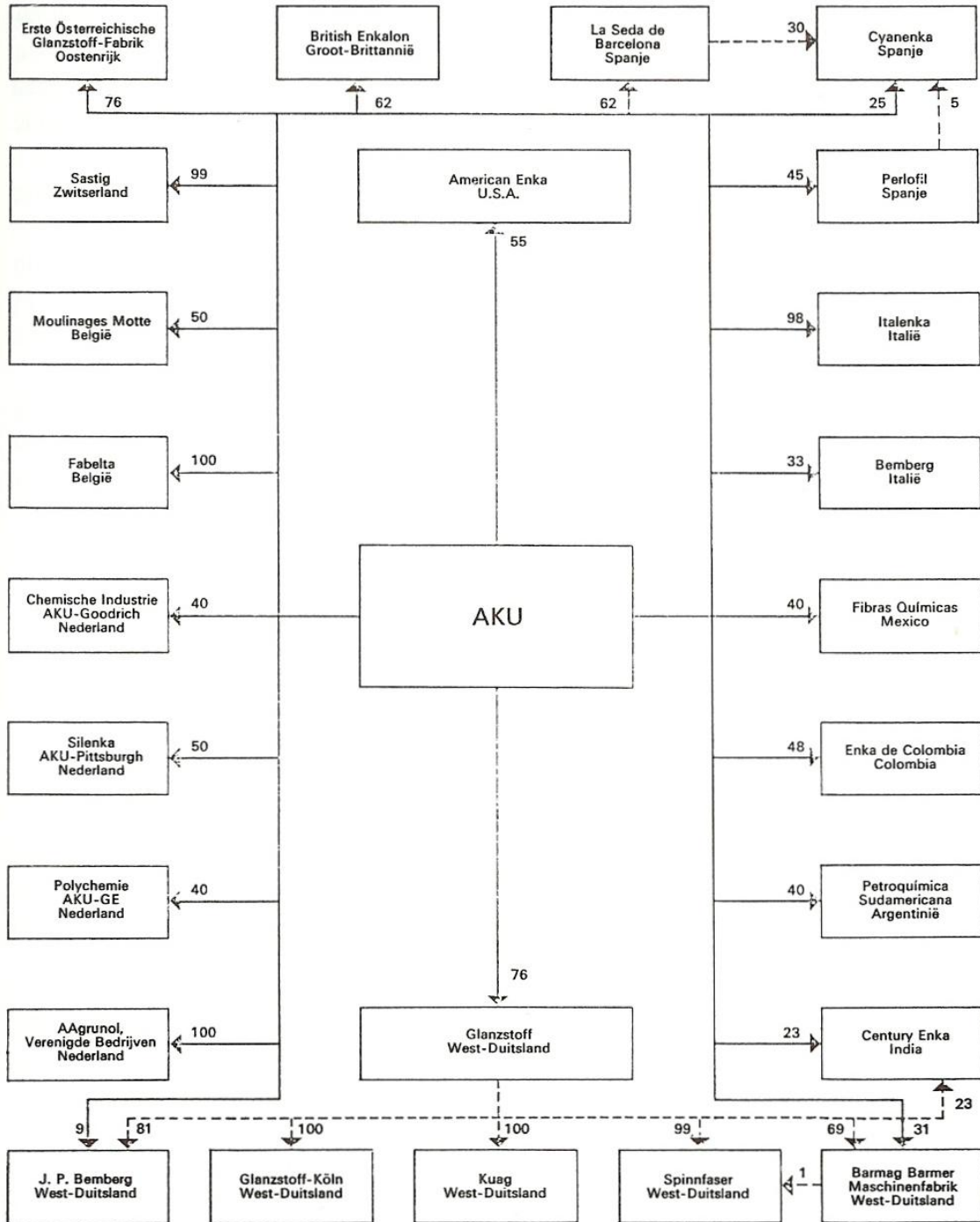
Schema 4 geeft nog een beeld van de omvang die de AKU-groep al had, kort vòòr de fusie.

Inmiddels heeft ook het Nederlandse Staatsmijnenbedrijf, na de ingrijpende sluiting van cokesfabrieken en mijnen, zich onder de nieuwe naam DSM ontwikkeld tot een belangrijk internationaal concern. Ook de chemisch tak van Shell is steeds omvangrijker en belangrijker geworden. Wat in 1960 nog vrijwel onmogelijk leek is werkelijkheid geworden: ons land is een reus geworden in de internationale wereld van de chemie.

Maar laat ik nog even terugkeren naar mijn periode bij AKU. Als lid van de raad van bestuur en topman van de research van dit concern en deeltijd-hoogleraar in Delft had ik mijn handen vol, soms te vol, voor iemand wiens hart naar de wetenschap uitging. Het was daarom een prettige verrassing, toen de Technische Hogeschool te Darmstadt mij tot haar eredoctor benoemde op grond van mijn vernieuwende researchwerk in de proceskunde. Het stak mij een hart onder de riem en dat kon ik 'gebruiken', want in de daarna komende jaren zou mijn taak alleen maar omvangrijker en zwaarder worden.

SCHEMA 4

AKU-groep: Schema van de belangrijkste groepsmaatschappijen



De cijfers zijn de deelnemingspercentages in de vermelde maatschappijen.

De jaren bij AKZO (1969-1976)

In 1969 kwam de grote fusie van AKU met KZO tot stand, waardoor AKZO ontstond, een concern, waarin vrijwel alle takken van de chemische industrie waren vertegenwoordigd. AKU's voorzitter Soesbeek werd de eerste president-directeur, in 1971 opgevolgd door Kraijenhoff van KZO.

KZO was een zeer snel gegroeid conglomeraat van ondernemingen, waaronder vermaarde firma's als Koninklijke Zout, Ketjen, Noury en Van der Lande, Sikkens, Organon en vele kleinere. Al deze ondernemingen hadden een eigen geschiedenis, een eigen stijl en een eigen bedrijfsfilosofie. Terwijl bij AKU van een vrij sterke centralisatie sprake kon zijn, was KZO in zeer sterke mate gedecentraliseerd, en dat kon ook niet anders! Dat zo'n fusie dus problemen mee zou brengen was duidelijk. Problemen ook voor mij persoonlijk, omdat mijn gezichtsveld nu vrijwel de gehele chemische techniek moest gaan bestrijken, met zeer verspreide researchcentra, de meeste in Nederland en Duitsland, maar ook in andere Europese landen en in de U.S.A.

Elke maand ging ik enkele dagen naar Duitsland, gemiddeld twee maal per jaar voor enkele weken naar Amerika en Engeland en de tijd daartussen werd gevuld door vergaderingen van de raad van bestuur, door research- en projektbesprekingen, programma- en budgetbesprekingen, onderhandelingen over mogelijke samenwerking, colleges in Delft, congresbezoek, etcetera. In 1975 bijvoorbeeld gaf ik nog een reeks voordrachten en colleges in de U.S.A., om de banden van onze Amerikaanse dochterondernemingen met de universitaire wereld te bevorderen en AKZO in die kringen meer bekendheid te geven.

Wij hebben bij AKZO de hele denkbare fusieproblematiek doorgemaakt. Het ergste daarbij was, dat de in 1972 beginnende grote economische crisis de problemen nog aanzienlijk verzwaarde. De herinneringen aan de moeilijkheden bij de voorgenomen sluiting van Breda zijn nog steeds niet vergeten. AKZO leed verliezen van honderden miljoenen, maar heeft al deze ellende op eigen kracht overleefd, zij het soms met veel pijn.

In het dieptepunt van de crisis, in 1976, verliet ik AKZO omdat ik de 'pensioen-gerechtigde leeftijd' had bereikt.

Als vrucht van mijn persoonlijke inspanning mag ik onder andere terugzien op de totstandkoming van de centrale 'Corporate Research' van AKZO met zetels in Arnhem en Obernburg, waaruit belangrijke bijdragen tot de activiteiten der verschillende AKZO-divisies zij voortgekomen.

Ondanks de sombere omstandigheden werd mijn afscheid van AKZO toch een feestelijk gebeuren, gesierd door een wetenschappelijk symposium, waarin verschillende sprekers uit binnen- en buitenland het woord voerden en mijn bijdragen tot chemie en technologie hebben geschetst.

Ook vanuit de Nederlandse chemische industrie kreeg ik een mooi blijk van waardering: ik ontving in 1977 de Chemieprijs van de VNCI.

Bij mijn afscheid verscheen verder een bloemlezing van mijn belangrijkste publikaties op het gebied der proceskunde.

De jaren na 1976

Tot 1980 bleef ik nog buitengewoon hoogleraar in Delft, toen ook daar het emeritaat aanbrak. Bij mijn afscheid verscheen een bundeling van mijn voornaamste voordrachten, beginnend met mijn inaugurele rede en eindigend met mijn afscheidsrede; de titel van deze bundel was dezelfde als die van het afscheidscollege: *In Retrospect*.

Na mijn pensionering keerde ik voor korte tijd nog terug naar de steenkoolwetenschap. Ik werd door Shell uitgenodigd om enkele jaren adviseur te worden van hun nieuwe dochteronderneming Shell Coal. Dit bracht mij nogmaals veel nieuwe contacten en gaf mij veel voldoening. Zo ben ik begonnen en geëindigd met een adviserende functie bij Shell: eerst als medewerker van Professor Waterman en nu als 'free-lance adviser'. Beide periodes duurden ongeveer 2,5 jaar; de cirkel was daarmee gesloten.

Na mijn pensionering kreeg ik de tijd om mij opnieuw toe te leggen op wat eens mijn hobby was op het gymnasium: geschiedenis, en wel: vergelijkende cultuurgeschiedenis met speciale accenten op mythologie en kunst. Ik koos vier cultuurgebieden die mij sterk interesseerden: de Klassieke Culturen (Griekenland en Rome), het oude Egypte, de Keltische Cultuur en Meso-Amerika (de Indianen uit de Latijns-Amerikaanse landen). Met mijn vrouw heb ik een reeks grote reizen gemaakt om ter plaatste de sfeer te proeven van wat zich daar had afgespeeld. Ik heb daarover vele lezingen gehouden, bijna honderd, onder andere voor het Nederlands Klassiek Verbond, voor Ex Oriente Lux en voor enkele Volksuniversiteiten.

In 1984 werd ik verblijd met een eredoctoraat van mijn eigen Universiteit Delft. Het was voor mij de bekroning van mijn chemisch-technische loopbaan.

In 1986 heb ik mij opnieuw op de chemische wetenschap geworpen, toen mijn uitgever sterk aandrong op een nieuwe, derde editie van mijn boek *Properties of Polymers*, waarvan de 2e editie inmiddels tien jaar oud was en een nieuwe opfrissing en 'updating' behoefde*. Een immens karwei!

In het huidige jaar, 1989, nu ik deze memoires schrijf, beleefde ik een reeks jubilea: 75 jaar oud, 50 jaar getrouwd, 50 jaar doctor in de Technische Wetenschap, 50 jaar geleden bij DSM in dienst getreden en 30 jaar geleden bij AKU/AKZO!

Alles bijeen genomen is het een opwindende en boeiende tijd geweest, vol van telkens nieuwe ervaringen.

* De 3e editie (XXII + 875 bladzijden) is inmiddels in december 1990 verschenen; ook zag zojuist (1993) een nieuwe, heel bijgewerkt, 3e editie van 'COAL' het licht (XX 1970 bladzijden).

Publikaties

Circa 275 wetenschappelijke publikaties (chemische technologie, proceskunde, steenkooltechnologie, polymeertechnologie).

Boeken:

1939: *De geïnduceerde pyrolyse van methaan* (proefschrift).

1946: *The wet purification of gas* (met H.A.J. Pieters) Elsevier.

1957: *Coal Science* (met J. Schuyer), Elsevier.

1961: *COAL; Typology - Chemistry - Physics - Constitution*, Elsevier.

1972: *Properties of Polymers; Correlations with Chemical Structure*, Elsevier. 2nd Ed.

1976; 3rd Ed. 1990

1976: *Selected papers on Chemical Engineering Science*, Elsevier.

1980: *In Retrospect*, Meulenhoff.