

# 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

*E. Barendrecht*  
Wat blijft verandert  
(Oorspronkelijke pagina's: 423-442)

## Wat blijft verandert

*E. Barendrecht*



*12 juni 1924*      *geboren te Dordrecht*  
*1936-1939*      *MULO B Dordrecht*  
*1936-1942*      *HBS B Dordrecht*  
*1942-1945*      *kantoorbediende, analist; ondergedoken*  
*1945-1972*      *Centraal Laboratorium, Staatsmijnen Limburg (later DSM) Geleen*  
*1972-1974*      *hoogleraar Analytische Chemie, Vrije Universiteit Amsterdam*  
*1974-1989*      *hoogleraar Elektrochemie, Technische Universiteit Eindhoven*  
*1984*              *initiator Brandstofcelproject Nederland*

*Werkterrein: elektrochemie*

Rekenschap geven van eigen verleden en van de motieven, die dit leven mede vorm hebben gegeven, vereisten een grote mate van zelfkennis. Dit geldt in nog grotere mate voor een evaluatie van eigen bijdragen tot de belangrijkste ontwikkelingen in het vakgebied, in mijn geval de elektrochemie. Om niet te stranden op de Scylla van zelfoverschatting of op de Charybdis van valse bescheidenheid, eigenlijk: omdat ik mij er niet toe in staat acht en het ook niet belangrijk vind, zal ik deze evaluatie niet geven.

Waarom lees ik graag (auto)biografieën of een bio-interview? Wel, om te zien hoe anderen keuzes hebben gemaakt en wat hun motieven daarbij waren, en, hoe zij

oplossingen voor zijn of haar problemen hebben gevonden (die problemen kunnen zeer verschillend van aard zijn: sociaal, wijsgerig, religieus, wetenschappelijk, enzovoort). Maar ook omdat een er aan toegevoegde toekomstvisie, hoe speculatief ook, ons zicht geeft op de drijfveren van iemands denken en handelen.

Dit overwegende zal ik pogen, in kort bestek, iets te zeggen over:

1. mijn motieven om een belangrijk deel van mijn leven te wijden aan de studie en het overdragen van verworven kennis van de chemie, in het bijzonder van de elektrochemie;
2. de 'petite histoire personnelle';
3. de, naar mijn inzicht, belangrijkste hedendaagse ontwikkelingen in het vakgebied van de elektrochemie (nationaal en internationaal), met de te verwachten, toekomstige ontwikkelingen;
4. een meer algemeen georiënteerde terugblik.

## Motieven

Het toeval (voor zover ik in staat ben onderscheid te maken tussen eigen willen en het toeval) heeft ook in mijn leven een rol gespeeld. Zelf het leven sturen, het ideaal van vele jongeren, werd in vroegere tijden - zeg maar vóór de zestiger jaren - in belangrijke mate mede bepaald door de maatschappelijke status van de ouders. Nu hoeft daarin - aangenomen dat de persoon in kwestie (daaronder gelukkig nu ook vrouwen) redelijk intelligent en enigszins assertief is - geen beperkende factor meer te liggen. Gelukkig maar! Ik benadruk dit punt omdat, als gevolg van de maatschappelijke status van mijn vader - overigens een wijze en intelligente man - en de familiale en (religieus-) maatschappelijke infrastructuur, een HBS-studie al iets bijzonders was en een universitaire studie, ondanks een uitmuntende score bij het HBS-b-eindexamen (1942, na eerst MULO-b-examen te hebben afgelegd) sowieso kon worden vergeten; nog afgezien van het feit dat studeren in de oorlog alleen mogelijk was door een loyaliteitsverklaring te tekenen. Immers, noch voor een alfa-, noch voor een bèta-studie was geld aanwezig; bovendien werden de maatschappelijke mogelijkheden, althans in mijn toenmalige optiek, slechts beperkt tot het leraarschap, waartoe ik mij toen niet aangetrokken voelde. Deze sociale ordening mag de huidige generatie vreemd voorkomen. Nog vreemder misschien dat de oude orde, na de 'Umwertung aller Werte' door W.O. II, na de oorlog weer terugkeerde, alsof er niets gebeurd was! [Doorbraak en secularisatie zetten pas tien à twintig jaar later door. Over het waarom zal ik hier mijn visie niet geven. Wel zie je thans hetzelfde gebeuren in de bevrijde, Oosteuropese staten].

In die tijd was ik mij er wel pijnlijk van bewust dat aan onze toenmalige democratie een belangrijke component ontbrak; één, die zich het beste laat verwoorden met een passage uit een rede van de Franse president, François Mitterrand: 'Quand on parle d'égalité sociale, ça commence par l'école, par la formation, par L'EGALITE DES CHANCES' (31 mei 1990, zie Le Monde, 2 juni 1990, p. 8). Helaas moet worden geconstateerd dat de toenmalige, confessionele partijen zich aan dit aspect nauwelijks iets gelegen lieten liggen. Vanuit persoonlijke observatie weet ik dat toen veel talent verloren moet zijn

gegaan [Of de weg die men thans volgt: 'Hoger onderwijs voor velen', noodzakelijkerwijs excellentie in de hand werkt, staat nog te bezien].

Na deze korte afdwaling weer terug naar de werkelijkheid van de oorlogsjaren! Al in het laatste HBS-jaar stond voor mij vast dat, als er zich een mogelijkheid zou voordoen, ik zou proberen een baan als analist te bemachtigen. Dat was in die tijd moeilijk omdat er maar weinig goed uitgeruste researchinstituten bestonden: met Philips, Shell en TNO had je het wel gehad (het Centraal Laboratorium van de Staatsmijnen in Limburg werd pas in 1940 opgericht). In de oorlogsjaren (1942-1945) heb ik dan ook, mede door de onzekere situatie, afwisselend op een verzekeringskantoor (Holland van 1859 te Dordrecht) en op een bedrijfslaboratorium (StikstofbindingsIndustrie Nederland te Dordrecht) gewerkt met, daaraan gekoppeld, een onderduikperiode van circa een half jaar tot aan het einde van de oorlog. Met in het achterhoofd de pijnlijke, vooroorlogse ervaring van meer aanbod van kennis en ervaring dan vraag ernaar (daarom vind ik werkeloosheid een maatschappij-onterende zaak, nog altijd), was de beslissing snel genomen toen ik, vlak na de oorlog, sneller van het Centraal Laboratorium te Geleen dan van het Philips Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven een positief antwoord ontving op een sollicitatieschrijven: in oktober 1945 trad ik in dienst van het Centraal Laboratorium te Geleen. Dat stond toen onder leiding van Dr. G. Berkhof en Prof.dr. D.W. van Krevelen. De fascinatie voor de chemie werd in die tijd verdiept, maar is nooit ten koste gegaan van verwondering over andere zaken van het menselijk handelen en denken, zoals muziek (de muziek van J.S. Bach heeft mij van jongs af aan geboeid, maar ook het werk van hedendaagse, Oosteuropese componisten als Sjostakovitch, Bartok, en andere), (schilder-) kunst en literatuur (met name het meer filosofisch getinte essay). Deze cultuuruitingen heb ik altijd zeer essentieel en inspirerend voor mijn functioneren als onderzoeker gevonden. Ondanks het feit dat ik ook een zekere begaafdheid bezat (en ik denk: nog bezit) voor meer alfa-gerichte activiteiten, heb ik uiteindelijk toch gekozen voor het bèta-gebeuren. Achteraf ben ik niet ongelukkig geweest met de gemaakte keuze: vanuit bèta kan je je bezig houden met alfa; het omgekeerde gaat veel moeilijker. Daar komt nog bij dat in de natuurwetenschappen waarnemingen kunnen worden geobjectiveerd tot feiten en feiten zich weer lenen tot creatieve manipulatie; kortom, tot nieuwe ontdekkingen, althans zo simpel dacht ik toen: de natuur als waardenvrij object van onderzoek.

## Petite Histoire Personelle

Zoals gezegd, trad ik in oktober 1945 in dienst van het Centraal Laboratorium van de Staatsmijnen in Limburg, kortweg het CL. De organisatiestructuur was toen, en dat bleef zo tot medio de zestiger jaren, sterk hiërarchisch bepaald. Verzet hiertegen was, zeker in het Zuiden des Lands, nauwelijks aanwezig: kerk, staat en maatschappij waren innig met elkaar verweven en je persoonlijke toekomst was hierdoor min of meer gepredestineerd ('jij' en 'u' waren aanspreektermen, geheel bepaald door de maatschappelijke status, religieus gesanctioneerd)!

Na de oorlog kwam de research aarzelend op gang en het zal niemand verwonderen dat

toen alle aandacht uitging naar het steenkoolonderzoek. Tot 1947 heb ik hieraan meegewerkt (Van Krevelen was hierbij de drijvende kracht).

Met de komst van Dr. H.W. Deinum ging ik over naar zijn groep Analytische Chemie, alwaar ik op het spoor gezet werd van de polarografie: in het magazijn werd een Heyrovsky-Shikata polarograaf van Tsjechische makelij gevonden: of ik die op gang kon brengen! Die eerste kennismaking met de elektrochemie is dan ook een blijvende geworden.

Elektrode-kinetische principes werden toen - voor zover ontwikkeld - niet toegepast om polarografische kurven te verklaren. Trouwens, de naam polarografie verwijst al naar het verschijnsel polarisatie, dat in die jaren als *passé-partout* werd gebruikt om, wat afweek van de elektrochemische thermodynamica ( $i=0$ ), te kunnen 'verklaren'. Tot medio de zestiger jaren heb ik mij beziggehouden met de ontwikkeling van elektro-analytische methoden, in feite met alle vormen van coulometrie en voltammetrie [waaronder de heroplossingsvoltammetrie (stripping voltammetry)]; voorts met stroomvoerende potentiometrie en (bi-)ampèrometrie, alsmede met de automatisering van deze methoden, voor zover bruikbaar voor de bewaking van processen. In het laatste geval gaat het dan in het bijzonder om geleidbaarheidsmetingen (elektrodenloos en volgens het vierelektrodenprincipe), de zuurstofmeting via membraanampèrometrie en de coulometrische meting van sporen water in gassen en in niet-waterige media. In die jaren heb ik mij uiteraard ook verdiept in de verdere uitwerking van elektrode-kinetische principes en de toepassing daarvan, daarbij gebruik makend van vaste (dat wil zeggen geen kwik), al dan niet roterende elektroden (roterende schijf- of ring/schijf-elektroden). Begin zestiger jaren werd, op eigen initiatief, het arbeidsveld belangrijk uitgebreid naar elektro-synthetische methoden, geïnspireerd door het werk van M.M. Baizer. Al spoedig gevolgd door het zetten van de eerste schreden op het terrein van de brandstofcellen. De Staatsmijnen deed toen, samen met Philips, mee aan het gesmolten-carbonaat brandstofcelproject van Prof.dr. G. Broers en Prof.dr. J.A.A. Ketelaar, toen nog respectievelijk verbonden aan TNO en UvA. Zelf werden de eerste verkenningen gedaan aan de lage-temperatuur, alkalische brandstofcel en de alkalische nikkeloxyde/zinksuspensie accu. En als vanzelf, stootte ik op het fenomeen van de elektrokatalyse waaraan in die jaren, en nog lang daarna, nauwelijks aandacht werd geschonken. Die jaren, bij het CL doorgebracht, beschouw ik achteraf als de meest plezierige uit mijn werkzaam leven: een goede samenwerking op menselijk niveau en de mogelijkheid tot een zeer ruime, eigen inbreng waren kenmerkend voor die periode. Dit alles neemt niet weg dat ik mij, tegen de vijftig lopend, meermalen de vraag stelde: zo verder, of een nieuwe uitdaging aangaan (daarbij mij realiserend dat ik alleen kon terugvallen op publicaties en niet op een universitaire studie)?

In juni 1972 ben ik gewoon hoogleraar in de analytische scheikunde aan de Vrije Universiteit te Amsterdam geworden, na sollicitatie, en ik denk op basis van enkele tientallen publicaties, waaronder in Nature. Het hoofdaandachtsgebied zou voor zover dit het onderzoek betrof, komen te liggen op de elektroanalyse; aldus ook de bedoeling van ISOAN (InterSubfacultair Overleg ANalytische chemie). Door het niet kunnen of willen beschikbaar stellen van middelen [1], dreigde het hoogleraarschap beperkt te blijven tot

uitsluitend doceren. Dit was dan ook de reden dat ik belangstelling kreeg voor de toen, door een commissie van goede diensten (Prof. Ketelaar en Dr. Verwey), geadviseerde herbezetting van de leerstoel van Prof. Hoogland. Maar ook hier hetzelfde verhaal: mijn voorganger was al jaren geleden daadwerkelijk vertrokken, een onverkwikkelijke touwtrekkerij (er was niet veel animo, zo bleek mij achteraf, om de discipline elektrochemie voort te zetten), een daardoor besluiteloos afdelingsbestuur en een door interne spanningen (de elektrochemie versus milieuchemie) gedemotiveerde vakgroep achterlatend; iets, waarvan ik mij op dat moment niet bewust was (overigens met waardering voor het werk van tenminste één wetenschappelijk hoofdmedewerker). Dus: per 1 januari 1975 werd ik, bij Koninklijk Besluit, benoemd tot gewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Eindhoven. Mijn start aldaar was een ongelukkige, het hele verblijf aan deze Technische Universiteit beschouw ik als menselijk onder de maat, niettegenstaande het feit dat er wel degelijk kwaliteit in de vakgroep aanwezig was, ook menselijke.

Ondanks dit alles kon het niveau van het wetenschappelijk werk belangrijk worden opgevoerd. Na veel verzet, met name van de kant van één, achter mijn rug opererende wetenschappelijk hoofdmedewerker (laten we hem Dr. X noemen [2]), kon toch het oude onderzoeksprogramma deels worden bijgesteld en uitgebreid met elektrokatalyse, organische elektrolyse en het onderzoek aan brandstofcellen; het laatste vooralsnog beperkt tot de reductie van zuurstof in waterige media en - op bescheiden schaal - tot de technologische aspecten van de gasdiffusie-elektrode. Aan de reductie van zuurstof zijn drie dissertaties gewijd.

Er is binnen de faculteit nogal wat kritiek geuit op de diversiteit van het onderzoeksprogramma (nu zou men dit juist toejuichen, getuige het enthousiasme voor de derde geldstroom). Echter: diversiteit behoedt een groep voor inslapen en bevordert mijns inziens het creatief omgaan met problemen. Voorts lag de door mij beoogde en reeds aangeduide uitbreiding geheel in de lijn van wat in onze discipline een belangrijke rol ging spelen (en ook nu nog speelt). Bovendien had, naar mijn mening, de vakgroep als erkende (ACC rapport) en enige vakgroep Toegepaste Elektrochemie, de plicht het elektrochemisch gezicht van Nederland te vertegenwoordigen, in eerste instantie in kwalitatieve, maar ook in kwantitatieve zin. Tenslotte: de enige mogelijkheid om uit de tweede geldstroom (bedoeld is SON) onderzoek te kunnen financieren lag in het veld van de elektrokatalyse (waarmee ik overigens al in de VU-tijd gestart ben). Zodoende kon de vakgroep tot het laatst toe verzekerd zijn van twee plaatsen via de SON-werkgemeenschap Katalyse. Het onderzoek richtte zich op de elektrokatalytische aspecten van de reductie van zuurstof ten behoeve van het brandstofcelgebeuren en op de elektrokatalytische aspecten van geleidende polymeren, zoals polypyrool. Ook werden plaatsen verkregen uit het STW-fonds; het hierbij behorende onderzoek had een direct op toepassing gerichte strekking en was energie gelieerd (gedrag van de zinkelektrode ten behoeve van het beter functioneren van de nikkeloxyde/zink accu). Bij dit onderzoek moet de grote inbreng van Dr. W.H.M. Visscher worden gememoreerd. Ook de Europeesche Gemeenschap en het NIVVEE hebben aan ons onderzoek in financiële zin belangrijk bijgedragen; de eerste aan het onderzoek van de elektrolytische gasbelontwikkeling tijdens de elektrolyse van water

(naast Dr. L.J.J. Janssen moet hier de inbreng van Dr. S.D.J. van Stralen († 1991) van de Faculteit Technische Natuurkunde worden genoemd); het tweede (later overgegaan in de Prof.dr.ir. Gelissen-Stichting) vanwege onder andere zijn bijdrage aan het eerder genoemde accu-onderzoek. Tenslotte dienen de bijdragen van de kant van de industrie (de echte derde geldstroom) te worden gememoreerd: de opdrachten betroffen in hoofdzaak de elektrolyse van organische verbindingen, het versneld en energie-efficiënt verkopen van ijzeren staven en het accu-onderzoek. Drie jaar vóór mijn vertrek, juist toen de vakgroep zowel internationaal en tenslotte ook nationaal waardering begon te oogsten, gingen echter enkele, op zich als zeer positief te waarderen, ontwikkelingen [3] van start die, paradoxaal genoeg, tot de ondergang van de vakgroep hebben geleid. Omstreeks die tijd speelden enkele zaken simultaan. In de vakgroep: wie van de UHD-ers volgt mij op (naar mijn mening was slechts één ervan professorabel, hetgeen ik ook het Afdelingsbestuur kenbaar heb gemaakt)? Voorts omstreeks 1985 had de Dekaan (zo goed als zeker met medeweten van het Afdelingsbestuur, waaronder de Beheerder), in overleg met een aantal hoogleraren, die in de afdeling aan strategisch belangrijke vakgroepen leiding gaven, voorgesteld - en kennelijk met hun instemming - de leerstoel, en dus de vakgroep, na mijn emeritaat op te heffen en een andere vakgroep van de vrijgekomen formatieplaats te laten profiteren [4]. Op dit voorstel rustte een strikt embargo. Laat ik duidelijk zijn: het opheffen van een leerstoel en de daarbij behorende vakgroep is het goed recht van een afdeling/faculteit; misschien valt zelfs het niet-mededelen van zo'n voornemen, noch aan mij, noch aan de vakgroep, uit tactische overwegingen te verdedigen. Aan het knap gespeelde spel van het Afdelingsbestuur met Dr. X., terwijl ik in alle openheid ten aanzien van het vakgroepsbestuur in onderhandeling was met het Afdelingsbestuur (via de Dekaan) en het College van Bestuur (via Dr. Nijman) over een op te richten Instituut Brandstofcellen [5], kwam abrupt een einde toen bleek dat de komst van het instituut, kennelijk tegen de stille hoop en verwachting in, aanstaande was (waardoor het niet-continueren van de leerstoel in gevaar kwam) en dus de details moesten worden ingevuld en de contracten moesten worden getekend. Het project werd 'plotseling' afgeblazen en bovendien werd mij meegedeeld (9 juli 1986) dat de vakgroep eerst zou worden gesplitst en daarna zou worden opgeheven, tegelijk met de leerstoel en dat alles binnen enkele maanden! Met als zwaarste argument de onenigheidsrelatie met Dr. X., waarbij zijn leugens over mijn persoon *pour besoin de la cause* als waar werden aangemerkt [6]. De aldus gecanoniseerde leugens [7] hebben mij tenslotte teruggeworpen op het verdedigen van het laatste bastion dat een mens bezit, zijn zelfrespect. Ik ben niet achteraf, dus na mijn emeritaat, met onthullingen gekomen, zoals meestal te doen gebruikelijk is; daarom kan ik nu verder verwijzen naar wat hierover hierover in het Chemisch Weekblad is gepubliceerd [8]. Nu, meer dan drie jaar later (1993), verwonder ik mij niet meer zo over het gebeurde: in de oorlogsjaren, maar nu ook in de Oosteuropese staten werd, na onze, respectievelijk hun bevrijding, duidelijk welk percentage zich niet aan 'Zivilcourage' 'bezondigde'. De les is evident en, om niet al te moralistisch over te komen, laat ik de conclusie aan de lezer over [9].

Overigens - en dat heb ik mijzelf tijdens het schrijven ook afgevraagd - is het zinnig deze zéér persoonlijke belevenissen nogmaals te memoreren? Ik denk het wel. Het is goed om

elkaar te blijven confronteren met de vaak immorele gevolgen van ogenschijnlijk goedbedoelde utopieën. Ook ik denk dat er in 1968 heel wat te verbeteren viel aan het te autoritaire systeem, dat de leden van de vakgroep, en zeker de leden (vast en los) van de wetenschappelijke staf, veel zelfstandiger moesten kunnen opereren. Alleen: niet alles valt te democratiseren, talent en inspanning veroorzaken verschillen die niet kunnen worden ontkend en moeten worden gehonoreerd op straffe van verlaging van het peil van de universitaire bedrijvigheid.

Tenslotte, ondanks alles: er is toch waardevol onderzoek, ook promotieonderzoek verricht.

## Hedendaagse en toekomstige ontwikkelingen

Om de hedendaagse ontwikkelingen goed te kunnen begrijpen is een duik in de geschiedenis onvermijdelijk. Een beknopt overzicht heb ik gegeven in mijn afscheidsrede [10] ter gelegenheid van mijn emeritaat, 16 juni 1989. Daarin heb ik erop gewezen dat de historie van de elektrochemie, als wetenschappelijke discipline, in 1789, tegelijk met de Franse revolutie, begon met de elektrolyse van water door twee Nederlanders, de koopman Adriaan Paets van Troostwijk en de arts en filosoof Johan Rudolph Deiman. De lijn der ontdekkingen loopt dan verder over Galvani met de ontdekking van de dierlijke elektriciteit (1791), de batterij (Volta, 1800), de geniale ideeën van Faraday (die allerlei typen elektriciteit onder één noemer wist te brengen en enkele kwantitatieve wetten formuleerde), de ontdekking van de brandstofcel door Grove (1839), het eerste organische elektrolytische experiment (Kolbe, 1849), de uitvinding van de loodaccu (Planté, 1859), de commerciële bereiding van aluminium (1888) en chloor (1890); om maar enkele mijlpalen te noemen! Daarbij mogen vooral de door Nernst, Arrhenius, Tafel en vele anderen ontwikkelde wetmatigheden, ideeën en hypothesen niet worden vergeten, alsmede de door Heyrovsky geïntroduceerde polarografie, een analytische techniek die veel heeft bijgedragen tot de ontwikkeling van de elektrodekinetiek. Het veld nu overziende kan worden gesteld dat een verdere ontwikkeling van onderzoeksgebieden als elektroanalyse, batterijen en brandstofcellen, elektrolyse en andere elektrolyseprocessen (aluminium en chloor), corrosie, galvano, enzovoort, niet denkbaar zijn zonder bestudering van de daaraan ten grondslag liggende elektrokatalytische verschijnselen (waaraan de Eindhovense iredoctor (1986), Henri Beer, een belangrijke stoot heeft gegeven).

We zullen nu aan de hand van enige voorbeelden laten zien welke betekenis de elektrochemie nu reeds heeft, maar in de toekomst verder zal krijgen. Het is niet mogelijk hierbij in de verste verte volledig te zijn. Zo zal ik de rol van de corrosie en haar bestrijding, de *galvano*, de *elektroanalyse*, en *elektrochemische scheidingstechnieken* (elektrodialyse, -flotatie, enzovoort), hoe belangrijk ook, slechts summier aanduiden omdat ik mij met deze terreinen de laatste jaren slechts zijdelings heb beziggehouden. Ik zal mij daarom in hoofdzaak beperken tot de *elektrokatalyse*, de *synthese*- en de *energiegeliëerde* aspecten van de elektrochemie. Daar liggen mijns inziens respectievelijk de sleutel tot en de nieuwere toepassingsgebieden van de elektrochemie. Toch, een paar



woorden over corrosie, galvano en elektroanalyse.

*Corrosie.* Goede bescherming van materialen tegen corrosie is ook economisch van grote betekenis. Een gerichte uitbouw van corrosiebeschermende maatregelen (kathodische bescherming, toepassing van deklagen/coatings) eist fundamenteel en toepassingsgemotiveerd onderzoek, met name aan nieuwe en gemodificeerde materialen: een goede materiaalselectie voor een gegeven milieu is anders niet mogelijk. Alleen al in Nederland wordt voor enkele miljarden guldens per jaar onnodig schade geleden, voorwaar een reden tot verhoogde onderzoeksinspanning.

*Galvano.* Nog altijd een belangrijk technisch procedé ter voorkoming van corrosie. Tegenwoordig staat niet zozeer het verfraaiend aspect (verchromen), maar eerder het functionele aspect in het centrum van de belangstelling (contacten, etcetera in de elektronische en computerindustrie). Omgekeerd komt thans ook het etsen, met name van halfgeleidermaterialen, sterk naar voren. In beide gevallen zien we een groeiende belangstelling voor de *electroless* aanpak, en wel vanwege een aantal technologische voordelen.

*Elektroanalyse.* De nieuwere ontwikkelingen in de elektrochemie zijn in niet onbelangrijke mate te danken aan de opkomst van de op de elektrodekinetiek gebaseerde methoden (voltammetrie, ampèrometrie en coulometrie). In het algemeen munten deze methoden uit door grote gevoeligheid en apparatieve eenvoud: zij lenen zich bovendien uitstekend voor automatisering. Heden ten dage zien we hernieuwde aandacht voor de potentiometrische indicatorelektrode (waarvan de glaselektrode voor de pH-meting wel de bekendste is), maar dan als ion- en molekuul-specifieke elektrode, gebruikmakend van chemisch gemodificeerde elektrodematerialen (geïmmobiliseerde homogene katalysatoren, enzymen, enzovoort) en halfgeleidermaterialen (ISFET). Deze ontwikkeling is van groot belang voor zowel de procesindustrie als voor medisch-klinisch onderzoek en staat nog maar aan het begin.

### **Synthese-geliëerde aspecten**

De afgelopen decennia hebben een hernieuwde belangstelling te zien gegeven voor gevestigde processen als de chloor/alkali-elektrolyse en de aluminiumbereiding. Bij de eerste is de uitvinding van de dimensioneel stabiele anode door de eerdergenoemde Henri Beer een mijlpaal gebleken, ook al omdat hiermee het belang van een subdiscipline als *elektrokatalyse* overtuigend is aangetoond (Het is dan ook terecht een zwaartepuntsdiscipline binnen de elektrochemie geworden.). Tevens biedt dit proces een illustratie van het nut, vanuit proces en energieverbruik bekeken, van ionwisselende (in dit geval kationwisselende) membranen.

Maar ook de *organische elektrolyse* zal in de toekomst, wanneer de milieu-aspecten nog meer centraal zullen worden geplaatst, aan betekenis gaan winnen. Het gaat hierbij om de chemie van elektrochemisch gegenereerde, organische radikaal-ionen en van 'koude' radicalen (dit in tegenstelling tot die, verkregen langs thermische en/of fotochemische weg). Ondanks het feit dat de hernieuwde aandacht voor de elektrochemische bereiding van organische producten met het door M.M. Baizer (Monsanto) ontwikkelde proces van de kathodische dimerisatie van acrylonitril tot

adiponitril (een grondstof voor de bereiding van nylon, 6-6) is gestart, zal waarschijnlijk haar grootste toepassingsgebied in de synthese van fijnchemicaliën zijn gelegen. Een handicap voor een verdere uitbouw van dit gebied blijkt steeds weer het ontbreken van een gedegen kennis van de disciplines synthetisch-organische chemie en elektrochemie (en elektrokatalyse) te zijn. Misschien niet zo onverklaarbaar, omdat de oudere, organisch-synthetici zelden vertrouwd zijn met de mogelijkheden van de homogene en heterogene katalyse: ik denk, een kwestie van mentaliteit. Immers, en zoals bekend, is een elektrochemisch proces een heterogeen-katalytische proces met potentiaalcontrole, waarmee een extra parameter voor de selectiviteit is ingevoerd.

Ook organische elektrodeprocessen zijn in wezen oxydatie-, dan wel reductieprocessen. In protische oplosmiddelen kan hierbij (de-)protonering optreden van radicalen, van radikaalanionen en carbanionen (ontstaan tijdens reductie) en van radikaalkationen en carboniumionen (ontstaan bij oxydatie), terwijl in andere, niet-protische oplosmiddelen andere typen substituties en addities kunnen worden uitgevoerd. Vrijwel alle chemische oxydaties en reducties kunnen ook elektrochemisch worden uitgevoerd, in een niet gering aantal gevallen zelfs met een hoger rendement (hetgeen vrijwel altijd ook betekent: minder nevenproducten en dus minder afval) en met minder milieuvervuiling: de synthese gebeurt immers met elektronen als immaterieel reagens! Elektrochemische processen spelen zich voorts vrijwel altijd bij een lagere temperatuur af dan de analoge chemische processen, hetgeen meestal de eenduidigheid van een reactie bevordert. Dit gegeven is met name van belang in de fijnchemie, waar het toch meestal gaat om ingewikkelder gestructureerde verbindingen, die thermisch snel kunnen desintegreren. Niet alleen hierin is de elektrochemie duidelijk in het voordeel. Immers kunnen ook elektrochemische reacties worden bewerkstelligd die chemisch niet mogelijk zijn of zeer moeizaam verlopen, bijvoorbeeld reducties met kathodische gegenereerde, gesolvateerde elektronen. Uit de literatuur zijn allerlei reactiecategorieën, voor zowel reducties als oxydaties, bekend: conversie, substitutie, additie, eliminatie, koppeling (dimerisatie), splitsing, indirecte omzetting (welke laatste categorie nog vele mogelijkheden in zich bergt als men let op de overeenkomstige, homogene reacties: de elektrochemische aanpak waarborgt dan de regeneratie van de homogene redoxkatalysator, hetzij door reductie, hetzij door oxydatie) en voorts mogelijkheden naar stereo- en enantioselectiviteit (er wordt thans veel onderzoek verricht naar gemodificeerde materialen voor elektroden: het op maat maken van specifieke werkende, elektrokatalytisch-actieve elektroden).

Met nadruk moet worden gezegd dat meestal slechts òf de anodische oxydatie, òf de kathodische reductie wordt benut. De energie, nodig voor de tegenreactie, in deze gevallen meestal bedoeld respectievelijk voor de waterstofontwikkeling of de zuurstofontwikkeling (indien een waterig oplosmiddel wordt toegepast), is dus verloren energie; tenzij men: (a) een zinvol anodeproces kan combineren met een dito kathodeproces, zoals dat het geval is bij de chloor/alkali-elektrolyse (anode: chloor, kathode: loog en waterstof); het omgekeerde geval is natuurlijk ook nastrevenswaard! Een andere oplossing (b) zou de volgende kunnen zijn. In wezen gaat het daarbij om een combinatie van het beoogde proces met, òf de oxydatie van waterstof -in het geval van een beoogd reductieproces, òf de reductie van zuurstof (lucht)- in het geval van een

beoogd oxydatieproces. In feite gebruiken we dan een halve brandstofcel met de daarbij toegepaste gasdiffusie-elektrode. Als voorbeeld noemen we de eerdergenoemde chloor/alkali-elektrolyse. Stel, dat het ons zou lukken het klassieke kathodische proces te vervangen door de reductie van zuurstof met behulp van een gasdiffusie-elektrode, dan zouden we, afgezien van de katalytische aspecten, een spanningswinst van 1,23 V bij 25°C hebben bereikt (immers  $E^\circ$  voor de reductie van zuurstof bij pH=0 en 25°C = 1,23 V vs. NHE) en dat betekent idealiter een reductie van het energieverbruik met circa 30%. Bovendien blijven we loog produceren. De reden waarom ons dit nog niet is gelukt is ondermeer gelegen in het feit dat de gasdiffusie-elektrode nog niet de vereiste hoge stroomdichtheden aankan die noodzakelijk zijn voor een economische bedrijfsvoering. Mijns inziens zijn bedoelde hoge stroomdichtheden voor organische elektrolytische processen meestal van veel minder belang, zodat toepassing aldaar serieus kan worden onderzocht/nagestreefd.

### **Energie-geliëerde aspecten**

Meestal bedoelt men aspecten van de elektrochemie, waarbij opwekking en conversie van elektrische energie centraal staan: batterijen (accumulatoren), brandstofcellen en de zogenaamde waterstofeconomie (in het laatste geval toegespitst op de elektrolyse van water) [11].

*Batterijen.* De ontwikkeling op dit terrein is de laatste tien, twintig jaren indrukwekkend geweest. Van belang hierbij zijn zaken als vergroting van de energie- en vermogensdichtheid, speciaal met het oog op tractietoepassingen (elektrische auto). Elektrische tractie is naar haar aard milieuvriendelijker dan tractie met verbrandingsmotoren, hoe 'groen' de motor ook moge zijn, of hoe schoon de katalytische naverbranding ook moge wezen. Voorbeelden zijn: ontwikkelingen aan de nikkeloxyde/zink (of ijzer)-accu, de natrium/zwavel-accu en de 'vaste' lithium-batterij met een polymeer elektrolyt. En mogelijk misschien eens de 'plastic' accu, gebruik makend van geleidende polymeren? Ook op dit terrein is de vakgroep actief geweest; met name de zink elektrode is voorwerp van intensief onderzoek geweest (Dr. Visscher is hierin nog steeds actief).

*Brandstofcellen* vormen een hoofdstuk apart. Om de gedachten op te frissen: gebruiken we een waterig elektrolyt en waterstof als brandstof, dan kunnen we de werking van zo'n brandstofcel beschouwen als het omgekeerde van wat er gebeurt bij de elektrolyse van water. Brandstofcellen hebben in het algemeen een veel hoger rendement (als gevolg van het ontbreken van de zogenaamde Carnotcyclus); ook vindt de 'verbranding' bij een lagere temperatuur plaats, waardoor de NO<sub>x</sub>-uitwerp veel geringer is. Andere, evidente voordelen zijn: een veel geringere afhankelijkheid van het rendement van de belasting van de cel en de capaciteit; een veel snellere respons als het systeem 'stand-by' staat. In een aantal gevallen kan het feit dat het brandstofcelsysteem modulair is opgebouwd, betekenen dat het systeem zowel geschikt is voor kleinere voorzieningen (tractie, huizenblok, enzovoort) als voor de civiele elektriciteitsproductie (steden, fabriekscomplexen, enzovoort), al dan niet met co-generatie (warmte/kracht). De fabrieksmatige productie van het systeem garandeert flexibiliteit en een snelle levertijd.

Maar bovenal zal een zuiniger brandstofgebruik, en dus een geringere CO<sub>2</sub>-uitstoot per geleverde hoeveelheid energie, steeds meer een aantrekkelijk aspect worden.

Er bestaan diverse brandstofceltypen, waarvan de gesmolten carbonaat- en de vaste-oxyde-cel grote beloften inhouden. Nederland loopt in deze ontwikkelingen gelukkig niet achterop. Vanaf het begin ben ik door het Ministerie van Economische Zaken in de gelegenheid gesteld hieraan leiding te geven; mijn initiatief in deze (1985) heeft geleid tot een fors uitgegroeid en goed lopend programma. Het blijft te betreuren dat onze faculteit, ondanks veel inspanning mijnerzijds, doelbewust de boot heeft willen missen, op de wijze hiervoor gereleveerd. Onze vakgroep heeft in het verleden veel en goed onderzoek gedaan aan de reductie van zuurstof met metaalorganische complexen, waaronder de ftalocyaninen en porfyrienen. Daarbij is - zoals het een Technische Universiteit betaamt - ook aandacht geschonken aan de fysisch-technologische problematiek van de gasdiffusie-elektrode. Tenslotte moet worden opgemerkt dat de commercialisering in een nabijere toekomst zal plaatsvinden dan die van het MHD- of het thermo-ionische conversiesysteem.

*Waterstofeconomie.* Het idee van waterstof als universele energiedrager berust op het feit dat waterstof, met een hoog elektrisch rendement, door elektrolyse van water kan worden verkregen; maar ook, zoals reeds opgemerkt, met een hoog rendement tot elektrische energie kan worden geconverteerd. Hoe men ook filosofeert over alternatieven, waterstof blijft in dit opzicht onverslaanbaar. *Opslag* van waterstof is mogelijk; zij is daarom een ideale, complementaire energievorm naast de niet-opslaanbare, want immateriële, elektrische energie. De interconversie waterstof/elektrische energie is dus een essentieel element in deze economie; een economie die een belangrijke elektrochemische component heeft. Bovendien: waterstof als energiedrager omzeilt het *broeikas-effect* (immers het eindproduct van de verbranding, hetzij thermisch, hetzij elektrochemisch, is altijd water), mits de opgewekte elektrische energie niet uit koolstofhoudende, fossiele brandstoffen (kolen, aardolie en aardgas) wordt verkregen. Uitdrukkelijk moet worden gesteld dat waterstof een secundaire, materiële energiedrager is, die alleen uit primaire energiedragers als kolen, olie, aardgas, uraan, zon, wind, geo-energie, enzovoort, kan worden gewonnen. Bovendien is waterstof gemakkelijk en goedkoop *transporteerbaar*. Het is mijn stellige overtuiging dat de waterstofeconomie er eenmaal komt: ik denk dat - afhankelijk van de politieke wil en de internationale situatie (de verhouding tussen rijke en arme landen) - de aanzet hiertoe in de eerste helft van de volgende eeuw zal plaatsvinden. De bijdrage tot een schoner milieu zal zeer groot zijn!

*Samenvattend* kunnen we stellen dat de elektrochemie een uiterst belangrijke bijdrage kan en, naar mijn stellige overtuiging, ook zal leveren aan de verbetering van onze *leefomgeving*; en wel door de intrinsieke mogelijkheid chemicaliën met een immaterieel reagens te reduceren of te oxyderen, het transport niet meer belastend te laten zijn voor de atmosfeer, de productie van elektrische energie schoner en met een hoger rendement te laten verlopen en de komst van een uiteindelijk gewenste (dat wil zeggen noodzakelijke) waterstofeconomie mogelijk te maken. Tenslotte biedt de elektrochemie goede perspectieven voor *recycling*, onder andere voor zware metalen. Voeg daarbij dat de

elektrochemie zowel in haar basisprincipes (kinetiek, katalyse, oppervlaktechemie, de fysische chemie van vloeistoffen, de kolloïdchemie, enzovoort), èn in haar toepassingen (energie: batterijen, brandstofcellen, waterelektrolyse; synthese, analyse, corrosie, galvano, geleidende polymeren, foto- en biochemie), èn in haar technologische problematiek (bijvoorbeeld de gasdiffusie-elektrode) voor *universitair projectonderzoek* fantastische mogelijkheden bood/biedt, dan is het in mijn ogen een domme zaak geweest, de enige vakgroep Toegepaste Elektrochemie in Nederland te laten verdwijnen, en dan hoe!

## Retrospectieve

Zoals in het begin reeds gezegd, zal ik geen waardeoordeel uitspreken over eigen werk. Wel zal ik, maar dan wel kort, trachten weer te geven wat mij bezielde, of beter gezegd: wat mij motiveerde en dus bezig hield. Allereerst, denk ik, was het de verwondering over de mogelijkheid natuurverschijnselen (in de breedste zin) ‘exact’ (althans exacter dan een gebeurtenis, waarbij ook niet-materie is betrokken) te kunnen beschrijven. Moeilijker (maar altijd nog gemakkelijker dan verschijnselen, waarbij ook de geest is betrokken) bleek het deze te inventariseren (moeilijker, omdat ik me er geleidelijk van bewust werd dat het inventariseren van waarnemingen - en zelfs het waarnemen zelf - door een bewust of onbewust aanvaarde theorie of hypothese kan worden ‘gestuurd’: ieder kent de verleiding anomalieën als meetfout aan te merken), en nog moeilijker deze te interpreteren. De verwondering wordt dan nog meer een schoonheidservaring als de interpretatie ook in haar konsekventies juist blijkt te zijn. Voor mij is dan ook het verschil in beleven tussen wetenschap en kunst gering. Paul Klee zei dat voor de beeldende kunst heel treffend: ‘Die Kunst gibt nicht das Sichtbare wieder, sondern macht sichtbar’. Zoiets gebeurt ook bij het doen van wetenschappelijk onderzoek. Wetenschapsbeoefening is zo niet alleen een kunde, maar ook een kunst; met andere woorden ook de creatieve intuïtie speelt hierin een grote rol. Al zijn de wegen van de creativiteit duister, het is wel mogelijk deze te voeden. En dat voeden, het ontwikkelen van een helicopterview, het lateraal leren denken, kan alleen maar door kennis óók in de breedte op te bouwen [12]. Alleen zo ontstaat een geïntegreerd geheel van kennis. Daarbij is geheugentraining, het vastleggen van voldoende feitenmateriaal in het geheugen, - tegenwoordig een minder gewaardeerde activiteit -, essentieel. Een tweede aspect bij het doen van onderzoek is het acht slaan op anomalieën, zoals hierboven al genoemd. Vroegtijdig juichen, dan snel publiceren, met weglating van ondervonden moeilijkheden, kan tijdelijk het collegiaal ontzag spekken, maar leidt onherroepelijk tot een persoonlijke desillusie. De werkelijkheid is vaak complexer dan je denkt, maar ook: je meetmethode kan achteraf wel eens niet gans en al correct blijken te zijn. En als dat laatste toch wel het geval is: hoe vaak wordt niet een onverwacht resultaat verworpen of zelfs geëlimineerd, omdat het niet past in een voorgestelde hypothese, terwijl hier wel eens de sleutel kan liggen tot een nieuwe vondst? Maar ook: als één keer iets goed is gegaan (en ik laat nu in het midden wat dat ‘iets’ is, in ieder geval een gehoopt resultaat) maar ‘het’ lukt daarna niet meer, dan blijft toch de

omgekeerde wet van Murphy geldig: ‘als één keer iets goed is gegaan, dan moet dit altijd kunnen’. Het kan dan zijn dat zo’n verrassend resultaat zich heeft afgespeeld in de smalle marges van de experimentele omstandigheden; katalyse is hierom beroemd en ... berucht. Het onderzoek zal zich dan moeten richten op het verbreden van deze marges!

In mijn afscheidsrede [10] heb ik nog meerdere zaken aangestipt, maar gezien de voorgeschreven, beperkte omvang van de rede niet kunnen uitwerken. Ook in dit kader ontbreekt mij deze mogelijkheid. Toch wil ik nog een enkele aantekening plaatsen. In het begin heb ik een opmerking gemaakt met betrekking tot de gemaakte keuze: waarom de natuurwetenschappen mij aantrokken. Later, in de zestiger en zeventiger jaren (Club van Rome), word je meer en meer geconfronteerd met de gevolgen van de vooruitgang op wetenschappelijk en technologisch gebied. De verleiding werd toen steeds groter, onder de druk van de milieubewegingen en utopieën als de universitaire demo(n)cratie, gepaard gaande met de daarbij behorende kretologie (bijvoorbeeld ‘maatschappelijk relevant’, terwijl men niet eens de moeite nam het begrip ‘maatschappelijk’ nader te omschrijven, laat staan duidelijk te maken wat relevant is voor ‘de’ maatschappij) je te schamen voor het feit dat je met chemie bezig was en dat nog leuk vond ook. Toch, en dat besepte je wel degelijk, gaf je rücksichtslose uitbuiters van de natuur het materiaal in handen dat ook te doen: het valt niet te ontkennen dat er wel degelijk iets aan de hand was! De val van de communistische utopie, ingezet in 1989 (en wie zal rouwig zijn, gezien de vreselijke ‘bij’-verschijnselen: extreme verwoesting van het milieu, en, nog erger, de onderdrukking van de menselijk persoonlijkheid en het persoonlijk initiatief) wordt nu gevolgd door, lijkt wel, een kritiekloze omhelzing van een vorm van kapitalisme, dat puur consumentisme tot gevolg heeft. En hoewel een wetenschapper hiervoor niet verantwoordelijk kan worden gesteld, past hem of haar toch een kritische houding ten aanzien van de mogelijkheden van toepassing. Vanaf het midden van de zeventiger jaren heb ik mij, wat deze toepassingen betreft, steeds meer gericht op het accentueren van de unieke mogelijkheden van de elektrochemie, en wel ten aanzien van het terugdringen van het milieubederf en een milieuvriendelijker aanpak van de energieproblematiek; dat wil zeggen op de synthese- en energie-geliëerde aspecten, met de mogelijkheden van de waterstofeconomie! Het is om deze reden zo jammer dat in Nederland (in mindere mate ook elders) het inzicht in de mogelijkheden van de elektrochemie bijna geheel ontbreekt. Maar om niet al te pessimistisch te eindigen: de wal zal ongetwijfeld het schip keren; eens - en dat zal geen generatie meer duren - zal elektrochemie de plaats weer innemen die haar, vanwege de inherente potentie, toekomt.

## Curriculum vitae

Embrecht Barendrecht, geboren 12 juni 1924 te Dordrecht, thans wonende De Naaldenmaker 2, 5506 CD Veldhoven.

Na de lager school MULO-b-examen in 1939, HBS-b-examen in 1942. In de oorlog werkzaam geweest als kantoorbediende bij de ‘Holland van 1859’ te Dordrecht en als

bedrijfsanalist bij de (niet meer bestaande) ‘StikstofbindingsIndustrie Nederland’, eveneens gevestigd te Dordrecht; het laatste halfjaar vóór de bevrijding ondergedoken en werkzaam geweest in het ‘papieren’ verzet. In de oorlogsjaren zelfstandig wiskunde (MO-niveau) gestudeerd.

In oktober 1945 als uurloner in dienst getreden van het Centraal Laboratorium van de Staatsmijnen in Limburg. Analistdiploma in 1946, Kandidaat Technisch Chemicus in 1947 en Technisch Chemicus in 1948 (richting fysische chemie; schriftelijke studie bij PBNA te Arnhem, ter vergelijken met wat toen MTS heette en nu HTS heet). Steenkoolonderzoek (structuur en samenstelling) werd in 1947 gevolgd door elektroanalytisch onderzoek (polarografie, coulometrie, enzovoort) en in 1965, op eigen initiatief, uitgebreid tot organische elektrolyse en de elektrochemische energieconversie en -opslag. Leider van de werkgroep Elektrochemie. Van medio 1972 tot einde 1974 gewoon hoogleraar in de analytische chemie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Daarna als gewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool, nu Technische Universiteit te Eindhoven, tot aan zijn emeritaat in juni 1989.

#### *Lidmaatschappen (in actieve periode):*

- Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV), nog steeds;
- European Fuel Cell Group, London; sinds 1990 Honorary Member, samen met Sir Dr. Francis T. Bacon (†1992; in 1992 opgevolgd door Prof.dr. J.A.A. Ketelaar);
- American Chemical Society (ACS);
- International Society of Electrochemistry (ISE);
- (US) Electrochemical Society (ES), active member;
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), Fachgruppe Elektrochemie;
- SON-werkgemeenschap Katalyse.

#### *Activiteiten*

- was voorzitter van de Nederlandse afdeling van de ISE, later werkgroep Elektrochemie binnen KNCV-verband; tevens nationaal secretaris van de ISE;
- was oprichter en eerste voorzitter van de SON-discussiegroep Elektrochemie;
- was oprichter en eerste voorzitter van de Working Party Electrochemical Engineering van de European Federation of Chemical Engineers (EFChE), thans nog nationaal lid;
- was lid van de redactie van Recueil (KNCV);
- was Editorial Advisory Board Member van het tijdschrift Physico-Chemical Hydrodynamics (Pergamon Press);
- was Chief Editor van Newsletter Fuel Cells, United Nations, Paris;
- was curator van de te Arnhem gevestigde Professor Gelissenstichting;
- was president Scientific Committee ISE (1987);
- was adviseur bij DSM Research, en later bij NOVEM, Utrecht;
- medeorganisator diverse symposia (onder andere KNAW- Amsterdam, 1991, over: ‘Energy Technology and Sustainable Development; long range R&D opportunities’).

#### *Overige activiteiten*

Auteur en mede-auteur van ruim 100 DSM-rapporten, -verslagen en -interne notities. Enkele DSM-patenten. Auteur en mede-auteur van meer dan 150 wetenschappelijke publicaties (DSM en universiteit tezamen). Heeft 18 promovendi begeleid [13]; was bovendien erepromotor van H.B. Beer (1986). Heeft voorts 9 collegedictaten (VU en TUE) geschreven, alsmede hoofdstukken in internationaal bekende Advances-series en in een Handbook of Fuel Cells (verschijnt 1993). Tientallen lezingen in binnen- en buitenland, vrijwel altijd op uitnodiging.

In 1984 benoemd als voorzitter van een ministeriële commissie (EZ), die moest nagaan of voor Nederland brandstofcellen aantrekkelijk zijn voor de nationale energievoorziening. De positieve uitkomst van dit onderzoek leidde tot een Nationaal Onderzoeksprogramma Brandstofcellen, dat sinds 1986 met succes van start is gegaan en thans met enige tientallen miljoenen gulden opereert. Door de reeds beschreven onwil van de zijde van de TUE kon de vakgroep Elektrochemie hieraan niet deelnemen.

In zijn (tot zijn emeritaat weinige) vrije tijd beoefent (beoefende) hij muziek (compositie en spel: meer dan 25 jaar organist), alsmede tekenen en schilderen. Heeft belangstelling voor literatuur, geschiedenis en filosofie en schrijft artikelen in tijdschriften en kranten over diverse onderwerpen.

## Noten

1. De echte reden is mij tot op heden nog steeds niet duidelijk; mijn voorganger, Prof. van Dalen, was al jaren geleden vertrokken, waarbij de leerstoel tijdelijk werd beschermd door Prof. Gerritsma, farmacoloog en tevens deeltijdshoogleraar aan de Rijksuniversiteit te Leiden, als zaakwaarnemer; wat apparatuur betreft, was er voor het beoogde, nieuw te starten onderzoek letterlijk niets bruikbaar aanwezig; daardoor moesten twee promovendi voortijdig afhaken; een derde, mijn eerste promovendus, bleef, na een jaar gedwongen nietsdoen.

2. Deze Dr. X. is dezelfde, die later een merkwaardige rol heeft gespeeld in de ondergang van de vakgroep; deze man had slechts één doel: het 'kaltstellen' van de hoogleraar, ongeacht zijn persoon en betrekking hebbend op alle facetten van zijn taak, in naam van de universitaire democratie, en dat met het scherpste wapen waarover een mens kan beschikken: de niet te bestrijden laster.

3. Deze ontwikkelingen betroffen het Nationaal Onderzoeksprogramma Brandstofcellen (NOB), via PEO, nu NOVEM te Utrecht, gesteund door het Ministerie van Economische Zaken, ECN te Petten en de EG te Brussel, ten bedrage van bijna  $f$  4 miljoen, en voorts een vrijwel zekere deelname voor enkele tonnen aan het IOP Katalyse, alsmede een mogelijke deelname aan een IOP Geleidende Polymeren.

4. Dit werd mij medio 1987 door Prof. Prins, toen reeds verbonden aan de ETH-Zürich, medegedeeld. Ook de toen in functie zijn Rector Magnificus, Prof. Hooge, wist van dit



voornemen; hij heeft het mij echter pas later persoonlijk verteld. Allerlei argumenten zijn daarbij gebruikt: (a) elektrochemische onderzoek was weinig belangrijk en liet zich bovendien moeilijk integreren met onderzoek van andere vakgroepen; (b) colloïdchemisch onderzoek zou beter aansluiten bij onderzoek in de vakgroepen Chemische en Fysische Technologie, waaronder Polymeerchemie (op zich lijkt mij dit juist; echter daarom werd Elektrochemie ook ‘beschermd’!); het was wenselijk het aantal vakgroepen met minstens één te verminderen. En hoewel - als gezegd - Elektrochemie in het nationaal onderzoeksgebeuren was ‘beschermd’, voelde men er dus weinig voor de vakgroep (als nooit van harte gewenst) te handhaven. Nu, in 1990, zijn er toch weer zeven vakgroepen en is - met verschuivingen in andere vakgroepen - in feite de vakgroep Colloïdchemie en Thermodynamica de oorspronkelijke vakgroep Elektrochemie opgevolgd.

5. De externe beslissing door PEO/NOVEM en ECN was reeds genomen en de deelname van TNO in de figuur van Dr. Mackor al geregeld: Mackor had reeds een huis gekocht in Waalre.

6. Verweer werd niet aangehoord en notulen werden mij geweigerd. Na mijn openbaar protest werden de aanzeggingen prompt ontkend. Het spel werd toen voortgezet met het kwasi-instellen van een zogenaamde préprofielcommissie, die natuurlijk op een gegeven moment, liefst zo onopvallend mogelijk, weer moest worden ontmanteld; hetgeen einde 1988 op slinkse en verrassende wijze - als ware het de conclusie van een octrooi - werd uitgevoerd door een viertal ‘wijze’ mannen: de leerstoel en de vakgroep werden opgeheven!

7. Het recept hiervoor bevatte als hoofdingrediënten: slachtoffertaal en (wellicht in het verleden gevormd) antihoogleraarsentiment, gebakken in de meest vette en daartoe geëigende artikelen van de WUB en opgedist als roddel (hij had ze, met de daarom heengeweven verhalen, niet alleen bij de leden van de vakgroep, maar ook bij de meeste van mijn collega’s en bij de R.M. opgediend). In dit onwaarachtige spel paste ook het ophitsen van de vakgroep door Dekaan en Beheerder teneinde mij op ‘democratische’ wijze af te zetten, op basis van deze leugens (27 februari 1987). Het gebrek aan ‘Zivilcourage’ bij de Vakgroep (‘het is niet in ons belang achter jou te gaan staan’) en bij de Faculteitsraad, maar ook bij de meeste van mijn collega’s (‘wij hebben ook onze vakgroepsbelangen - personeel en geld’) was Dekaan en Beheerder uiteraard zeer welkom en diende de buitenwacht als bewijs voor hun gelijk; het vragen om een onderzoek naar deze kwaadaardige beweringen kon daarom, zonder ander dan mijn protest, worden afgewezen.

8. Chemisch Weekblad: a. 26 februari 1987, 73; b. 26 maart 1987, 117; c. 2 juli 1987, 265; d. 24 december 1987, 505; e. 28 januari 1988, 30; f. 5 november 1992, 366.

9. Of ik achteraf de moed zou hebben gehad, alles vooraf wetende, te handelen zoals ik gehandeld heb, weet ik niet: het gezondheidsoffer dat ik gebracht heb, was aanzienlijk.

Anderzijds denk ik, dat een over mij heen hebben laten komen van zoveel leugens en gebrek aan elementair fatsoen, en dan mijnerzijds zonder protest, mijn leven blijvend zou hebben ontregeld. In ieder geval moet worden gezegd dat het veelvuldig en systematisch negeren van het negende gebod van mijnheer Mozes ('gij zult niet vals getuigen tegen uw naaste') ook in deze tijd een samenleving onherroepelijk zal desintegreren: triest, maar onvermijdelijk, is dat daardoor ook vele persoonlijke relaties blijvend zijn beschadigd, terwijl daders en meelopers weer doen alsof er niets gebeurd is. Roddel vervreemdt het object van de naaste, maar evengoed het subject van zichzelf. Hoe alles zo kon gebeuren? Ik denk dat coincidentie van een aantal zaken hiervoor kunnen worden aangewezen: (1) de negatieve houding van veel wetenschappers tegenover de potentie van de elektrochemie, nationaal en ook internationaal, en dus ook aan de TUE; (2) het machiavellistisch gedrag in deze affaire van de toen in functie zijnde Dekaan en Beheerder en (3) de persoonsstructuur van één lid van de wetenschappelijke staf van de vakgroep. En dat alles gesuikerd door de zo edel ogende universitaire 'democratie': 'democraten' die maar één doel hadden: het opsieren van hun eigen ego (want 'macht is lekker' zoals één hunner toegaf) en niet de dienstbaarheid aan mens en wetenschap. De les? Denk niet al te utopisch: een utopie is een extremum, een fundamentalisme, dat de dynamiek en de relativiteit van het gebeuren ontkent en het zo sympathiek klinkende 'de verbeelding aan de macht' (maar het is de eigen inbeelding) als gevaarlijk en intolerant wapen hanteert.

10. Afscheidsrede verkrijgbaar bij de Centrale Bibliotheek van de Technische Universiteit Eindhoven, postbus 513, 5600 MB Eindhoven.

11. In andere zin bedoelt men hiermee het zoeken naar katalytisch actiever elektrodemateriaal, alsmede het verbeteren van de elektrolyse-omstandigheden en het optimaliseren van het reactorontwerp, zodanig, dat het elektrisch energiegebruik minimaal is.

12. Ik zie al mensen de wenkbrauwen fronsen; zo kweek je immers mensen die steeds minder weten over steeds meer! Het is eerder andersom: een specialist is juist iemand die een wijdere wereld ontdekt vanuit een vaste greep op een kleiner stuk werkelijkheid.

13. In chronologische volgorde: (1) J.C. Verhoef, Mechanism and Reaction Rate of the Karl-Fischer Titration Reaction, VUA 1977; (2) J.F. van der Plas Electrocatalytic Hydrogenation Processes at Controlled Potential [aspects of charge and mass transfer], THE 1978; (3) F.T.B.J. van den Brink, Metal Phthalocyanines as Electrocatalysts for Cathodic Oxygen Reduction [a mechanistic study], THE 1981; (4) C.W.M.P. Sillen, The Effect of Gas Bubble Evolution on the Energy Efficiency in Water Electrolysis, THE 1983; (5) J.P.G.M. Schreurs, Surface Modified Electrodes [an exploration into preparation, characterization and possibilities], THE 1983; (6) J.L.H.M. Hendriks, The Zinc Electrode [its behaviour in the nickel oxide-zinc accumulator], THE 1984; (7) J.J.G. Willems, Metal Hydride Electrodes/Stability of LaNi<sub>5</sub>-related Compounds, THE 1984;

(8) B.E. Bongenaar-Schlenter, Ohmic Resistance and Current Distribution at Gas-evolving Electrodes, THE 1984; (9) R.C.M. Jakobs, The Polymer Modified Electrode [characterization and electrocatalytical possibilities of polypyrrole], THE 1984; (10) J.G.D. Haenen, Oxygen Evolution on NiCo (2) O (4) Electrodes, THE 1985; (11) A.M.T.P. van der Putten, The Electrocatalysis of Dioxygen Reduction on Transition Metal Chelates, TUE 1986; (12) A. Elzing, The Adsorption and Reduction of Dioxygen on Metal Phthalocyanines, TUE 1987; (13) F.T.A. Vork, Application and Characterization of Polypyrrole-Modified Electrodes with Incorporated Catalyst Particles, TUE 1988; (14) R.E.F. Einerhand, Zinc Electrode Shape Change, TUE 1989; (15) P.H.L. Notten, Electrochemical Study of the Etching of III-V Semiconductors, TUE 1989; (16) J.M. Chin Kwie Joe, Aspects of Power Reduction in the Chlor-Alkali Membrane Electrolysis, TUE 1989; (17) P.J. Sonneveld, The Zinc Suspension Electrode, TUE 1991; (18) P.J.M. van Andel-Scheffer, The Electrochemistry of the Solvated Electron [A study of its properties and of its applications], TUE 1992.

*Juni 1990, aangevuld mei 1993.*