

Over Chemie, Milieu en Duurzaamheid

Rede uitgesproken door

Prof. dr. R. Louw

bij het afscheid als hoogleraar Milieucemie
aan de Universiteit Leiden op dinsdag 9 april 2002.

Mijnheer de Decaan, zeergewaardeerde toehoorders:

Dit is dus een afscheidscollege. Een hoorcollege, de docent doceert en de 'klas' luistert of kijkt toe. Zo zonder hulpmiddelen - ook geen bord en krijtje - is het eigenlijk, een lezing. Maar: een boekje wordt gemaakt en nagezonden. AND: my apologies to the foreign friends here; it's tradition to bring this farewell lecture, speech, in Dutch. So for less than an hour: please relax, have a look and develop some good thoughts!

Afscheid? Is deze 9e april nu m'n laatste werkdag? De officiële uitnodiging op tekst van het faculteitsbestuur stelt dat ik vandaag met emeritaat (pensioen) ga, maar dat is betrekkelijk. Wel leg ik vandaag officieel het ambt neer als hoogleraar in de Faculteit W & N, laat dat binnen en buiten de universitaire gemeenschap weten, en leg ook zo rekening en verantwoording af. Maar 'het werk' is nog niet af. Twee talentvolle jonge chemici moeten nog promoveren. En enkele studenten komen nog om een mondeling (her)tentamen. Het 'vertrekken' uit een universiteit - in de buurt van, of zelfs voorbij 'de leeftijdsgrens' - is (vaak) een nogal diffuus proces, en wat mij betreft een goede universitaire traditie.

Ter zake. Dit is wel de juiste gelegenheid om - in vogelvlucht - terug te blikken op 35 jaar onderzoek en onderwijs - in de scheikunde, ('mijn' scheikunde) en, om af en toe er om heen ook nog wat licht te laten schijnen. Met een korte blik vooruit en wie weet, wat goede raad voor de 'blijvers'.

Werken bij het toenmalige KSLA, het Shell-lab. in Amsterdam, tijdens en na de academische studie is mede vormend en bepalend geweest voor de richting waarin m'n latere universitaire onderzoek (na aanstelling in Leiden, eerst als lector, later als hoogleraar organische chemie) zich heeft ontwikkeld.

Organische chemie is een van de 4 of 5 traditionele deelgebieden van de scheikunde, met die bijna oneindige aantallen stoffen, en wordt wel onderverdeeld in: synthese - het maken van nieuwe stoffen -, structuur, en eigenschappen: 'dynamica', reactiviteit, werking ook. Het meten aan, en dan begrijpen van structuren, reactiviteit, eigenschappen, gaat soepel over in 'theoretische' scheikunde - met de computer als steeds belangrijker 'wapen'. En nu er door rationeel ontwerpen veel meer doelgericht gewerkt kan worden, kunnen de chemici van vandaag en morgen ook steeds complexer systemen aan. Omdat een individuele onderzoeker redelijkerwijs slechts met een onderdeel vertrouwd is, vraagt het aanpakken en oplossen van een dergelijk concreet vraagstuk om samenwerking in teamverband.

De onderwerpen waarmee de jonge Louw bij Shell tot in de vroege jaren 60 te maken had laten zich in twee categorieën indelen: Reacties in dampvorm bij verhoogde temperatuur - vaak gebruikt bij industriële processen (in die fantastische opstellingen die je bijvoorbeeld achter Rotterdam kunt zien) - en: reacties die gekatalyseerd worden door bepaalde hulpstoffen. De tijd laat niet toe om hier echt op in te gaan. Vermeld

zij dat het onder meer ging om reacties van benzenen met chloor (sic), om de polymerisatie van etheen en propeen en om katalyse door palladiumcomplexen – gebieden die toen in opkomst waren. Voor de niet ingevoerde toebehoort: katalyse maakt – door bijvoorbeeld twee verschillende stoffen zodanig met elkaar in contact te brengen dat reactie mogelijk wordt die zonder zo'n 'matrijs' niet zou plaatsvinden. Een 'goede' katalysator (waarvan het ontwerp en de ontwikkeling een chemisch-wetenschappelijk doel op zich kan zijn) maakt sturing mogelijk, tot gewenste producten in zo hoog mogelijke opbrengst en zuiverheid. Dit is van groot belang om te komen tot z.g. schone of groene of duurzame chemie. Daarover zo dadelijk meer.

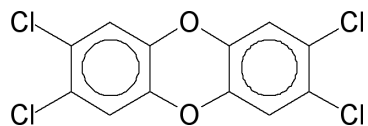
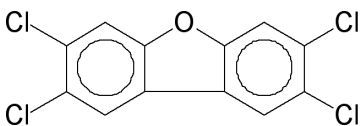
In de eerste jaren hebben promovendi en studenten mee gewerkt aan diverse 'gasfase'-onderwerpen, met een in wezen louter wetenschappelijke vraagstelling, inclusief die eerdergenoemde reacties met chloor. Andere onderwerpen kwamen al wat in de sfeer van katalyse terecht: reacties met CO, later ook NO; zwavelverbindingen; reacties met koperchloride, en de z.g. peroxyacynitrat. Deze laatste twee onderwerpen zijn – achteraf gezien - voorlopers van milieugericht onderzoek. De vraag was meestal: hoe verlopen die reacties precies? Via welke tussentoestanden? Met de antwoorden konden ook meermalen foute voorstellingen in de literatuur worden rechtgezet. Meer dan een bijkomstigheid was dat een voormalige 'chef' bij Shell, ECK - professor Ed Kooyman - nog vóór mij in Leiden was benoemd. Ik herinner me in hem een inspirerende gesprekspartner te hebben gehad. (Jammer, Anneke, dat Ed deze dag niet heeft kunnen meebeleven)...

Een ander kenmerk van de universitaire cultuur is dat promovendi worden geacht een proeve van bekwaamheid als 'zelfstandig' onderzoeker af te leggen; werken in een team kan dus problemen geven, die je niet zo gauw aantreft bij doelgemeenschappen zoals bedrijven. Een dergelijk spanningsveld bestaat ook wel nadat (jonge) afgestudeerden tot de staf, het wetenschappelijk corps zijn toegelaten; dat geldt niet specifiek voor Leiden, het komt overal in de universitaire wereld voor. Onderzoeksgroepen – onder leiding van een hoogleraar (of een ander gezaghebbend 'senior' staf lid) - maken veel meer kans om een voorstel gehonoreerd te krijgen, dan een 'lone wolf'. Een jong staf lid, medewerker, kan in die zetting zich verder ontwikkelen, maar soms denkt men dat op eigen benen staan, 'apartheid', de betere manier is om bekend en bemind te raken. De naam 'medewerker' is alweer jaren geleden vervangen door 'universitair docent', maar daarmee los je die rivaliteit niet op. Effectief onderzoek doen, of begeleiden, in een groep, vraagt om een open communicatie, stimulerende discussie, en (van jong tot oud) je kwetsbaar durven opstellen. Is dat in de praktijk moeilijk; jammer; als medewerkers echter in het tegendeel verkeert, is correctie onvermijdelijk.

De tijd gaat voort; met onderzoek – en onderwijs, daarover zo meer – en maatschappelijke activiteiten, waaronder meebesturen of voorzitten – de 2e UR, de VAWO, het 'Georganiseerde Overleg' tussen vakbonden en College van Bestuur, de KNCV, lokale

politiek - komen de jaren '80 in zicht. Het voorheen zonnige maatschappelijke beeld van de chemie ("better things for living – through chemistry") komt ter discussie, vooral na Rachel Carson's 'Silent Spring'; de keerzijde – vervuiling van ons leefmilieu – en de bedreiging van de gezondheid van de mens, en die van de levende natuur, wordt zichtbaar. De rol van de chemie als wetenschap en technologie in de ontwikkeling van zowel welvaart als welzijn is werkelijk groots – neemt u dat van mij aan – maar dat neemt niet weg, dat je de ogen voor bijwerkingen en vergiftigingsverschijnselen niet mag sluiten, wat exponenten van de chemische industrie zeker toen (maar ook soms nu nog) wilden beweren.

Een belangrijke categorie milieuvervuilende stoffen is die van de gechlloreerde koolwaterstoffen. Gemaakt en toegepast om hun gewenste werking; denk aan DDT tegen malaria (oorlog gewonnen?!), landbouw- chemicaliën – oogstbeschermers, maar ook: 'killers'; voorts o.a PCB's; heel stabiel; onbrandbare oplosmiddelen, idem koelmiddelen (CFKs). Tonnen, (honderd)duizenden tonnen, miljoenen tonnen – zeker als je chloorhoudende plastics zoals PVC meetelt. De min of meer vluchtige stoffen komen vroeg of laat in lucht, water en/of bodem terecht; raken verspreid, blijven grotelijks in tact, en zamelen zich ook op in verweefsel. Bedreigend voor borstvoeding, zeehonden, roofvogels; ecosystemen, ozonlaag. De milieubeweging komt op. En deze veertiger, met zijn toch vooral l'art pour l'art onderzoek – waaronder chlorering! - begint te beseffen dat de koers moet worden verlegd. Of dit een soort midlife-crisis was, of iets juist in de plaats daarvan, is een kwestie van smaak. Maar omstreeks 1980 wordt het me duidelijk: de milieuproblematiek, milieuvervuiling en –bescherming wordt inspiratiebron voor de verdere keuze van onderzoeksthema's. Voorbeeld: het ontchloren (dus gelijk ontgiften) van hooggechlloreerd chemisch afval – dan zijn de bijproducten en resten van al die processen waarin oplosmiddelen, CFK's en ook de grondstof voor PVC werden gemaakt. Dat afval werd (eerst op zee) verbrand. Maar verbranden van chloorhoudend materiaal levert een nieuw probleem op. Er komen de - beruchte - 'dioxines' vrij. In concreto: de (tenminste) op de z.g. laterale, 2,3,7,8- posities gechlloreerde dibenzo-p-dioxinen en –dibenzofuranen, een groep van 17 verschillende verbindingen, 'congeneren'. Deze stoffen bleken – in dierproeven – al in heel lage doses soms buitengewoon giftig te zijn: hetzij acuut dodelijk (maar met grote verschillen in gevoeligheid tussen bijvoorbeeld guinese biggetjes, aapjes, honden of hamsters), of op termijn: kankerverwekkend of vruchtbeschadigend.



Structuren van 2,3,7,8-dibenzofuraan en -dibenzo-*para*-dioxine.

Die dioxines vormen zich ook bij het verbranden van 'gewoon' huisvuil, waarin altijd zo'n 1 procent aan chloor aanwezig is, o.a. in de vorm van keukenzout (etensresten!) en afval van PVC (verpakkingen, waterleidingsbuis e.d.). Trouwens, naar later bleek is eigenlijk ieder proces waarbij organisch materiaal (als bron van het element koolstof), samen met iets chloorhoudends aan de lucht wordt verwarmd, verhit, een bron van dioxines. Ook naar later bleek vormen dioxines een verontreiniging in diverse geproduceerde chloorverbindingen, zoals de PCB oliën. Een geval apart is nog geweest het gebruik van sterk met dioxinen verontreinigde ontbladeringsmiddelen ('Agent Orange' o.a.) in de Vietnam-oorlog.

Dr Kees Olie (UvA) is de pionier geweest - al in de jaren 70 - op het gebied van de analyse, het aantonen en kwantificeren van die groep van stoffen (met name de 'dirty 17'), in o.a. asresten van huisvuilverbranders en -uiteraard - milieu monsters. Daarmee werden de dioxines 'boodschapper' van milieuverontreiniging, met vooral de effecten op de hogere levensvormen aan het eind van de voedselketen. Dus met zorgen ook om de menselijke gezondheid. Kortom, er is geen voorbeeld van een - niet bewust geproduceerde! - soort stoffen, die zo veel maatschappelijke onrust en discussie heeft opgeroepen als deze PCDD/Fs, 'dioxinen'. En in samenhang daarmee, begrijpelijk, heel veel onderzoek, en wetenschappelijke congressen....

Er waren dus goede redenen om te zoeken naar een alternatief voor het verwerken van chloorhoudende rest- en afvalstoffen (alleen in Nederland al tienduizenden tonnen per jaar). Niet verbranden, oxideren, maar reduceren: vervangen van chloor in de verbinding door waterstof. Dus van tetra (chloorkoolstof) naar het onschuldige CH₄, methaan, als simpel voorbeeld. Zo robuust en breed toepasbaar als mogelijk. Ons concept: verhitten, niet met lucht maar gewoon met waterstofgas, bleek veelbelovend: Het onderzoek werd bekostigd door de overheid (VROM) en het bedrijfsleven - met het concept, het 'THD' proces goed beschermd door een patent. Bij temperaturen lager dan die in een verbrander konden alle typen chloorverbindingen in zoutzuurgas en koolwaterstoffen worden omgezet. Zonder kans op vorming van die vermaledijde dioxines; en zouden die in het te behandelen materiaal aanwezig zijn, dan bleken ook deze chloorderivaten te worden 'ontgift' en omgezet in onschuldige chloorvrije moleculen. En die PCBs (waarvan er nog duizenden tonnen wachten op nette verwerking...) werden 'clean' omgezet in zoutzuur en benzeen. De ins en outs van die toch nog vrij subtiele chemie van het vervangen van Cl door H vormden een prima onderwerp voor promotie-onderzoek; tegelijk ook werden - in goed overleg en tot wederzijdse lering - de technologische aspecten bestudeerd en in kaart gebracht aan de TU Delft. In een latere fase hebben wij ook de 'diepe' hydrogenolyse, 'vergassing', helemaal door tot methaan, bij fermere condities, uitgezocht en kwantitatief - thermokinetisch - geïnterpreteerd.

'Vriend en vijand' achten het THD concept een prima oplossing, die ook nader is getest in een proeffabriek. Diverse factoren - geld, ook bedrijfspolitiek - hebben tot dusverre grootschalige of specifieke toepassing in de weg gestaan. Van belang is dat

intussen de technologie van verbranding sterk is verbeterd, zodat de uitstoot van o.a. dioxines nu (zij het tegen hoge kosten) tot een minimum kan worden teruggebracht. Verder zijn diverse chloorprocessen, die het materiaal voor THD zouden leveren, intussen beëindigd. En wie kan daar nu nog tegen zijn. Ik volg hier maar het opgewekte realisme van de tijgerjager; die op de vraag 'hoeveel heb je er geschoten' antwoordt: nul; maar dat is geen slecht resultaat voor tijgers....

Al met al heeft dit thema, aangevat met een milieuprobleem als inspiratiebron, veel nieuwe fundamentele wetenschappelijke kennis en inzichten opgeleverd, met bijbehorende publicaties en proefschriften.

Intussen was ook het CML, Centrum voor Milieukunde (te) Leiden, ontstaan – uit een actiegroep ontwikkeld tot onderdeel van de 'gevestigde orde'. Dit wel naast de traditionele faculteiten. Milieukunde is een (toen nieuw) inter- en multidisciplinair vakgebied, dat gaat over het (lieft op tijd...) signaleren, en analyseren, van milieuvraagstukken en het aandragen van oplossingen, dat alles volgens de normen van de wetenschap. Ook in de traditionele faculteiten waren *milieuspecialismen* opgekomen en gevestigd: milieurecht, milieusociologie, milieubiologie en (later ook) milieuchemie. Mede gevoed (idealiter) door die milieuspecialismen beoogt de milieukunde niet alleen integratie op probleemniveau, maar ook meerwaarde in de vorm van theorieën en modelvorming. De tijd ontbreekt om hier dieper op in te gaan, maar – onder aanvoerder Helias Udo de Haes, die via een bijzondere leerstoel van het WNF/Nederland, (de eerste) gewoon hoogleraar Milieukunde is geworden – zijn voor het bevatten en oplossen van milieuproblemen (en ontwikkeling richting duurzaamheid) twee belangrijke wetenschappelijke subgebieden ontstaan, waarop het CML een leidende positie inneemt: LCA (levenscyclusanalyse – van producten) en 'SFA' – substance flow analysis – stofstroomanalyse, dat zowel door het milieu als door de economie. Ik zie met genoegen terug op meer dan twee decennia betrokkenheid bij het onderwijs en het onderzoek van het CML, mede als voorzitter van de 'Contactraad', het interfacultaire bestuurscollege.

Daarnt viel het woord 'economie'. Daarvoor is er in Leiden geen faculteit; een verdedigbare stelling voor een traditionele universiteit. Ook al kun je er een Nobelprijs mee winnen, sommigen vinden economie geen wetenschap. Economie is wel heel belangrijk in relatie tot milieu: de gebruikelijke business-and-finance economie miskent totaal de milieu-waarden en veroorzaakt zelfs verder milieubederf. Pionier en autoriteit op het gebied van een evenwichtiger economisch denken is Dr. R(oeffie) Hueting - vanmiddag aanwezig. Voorbeeld: Van een maagdelijk strand aan een schone zee naar een vervuilde zee met zwembad op het strand is geen groei, maar verlies. En zo groeit de economie maar door terwijl de oerbossen worden gekapt, ('de waarde van een boom is wat de verkoop van planken of brandhout netto oplevert???'). De uitstoot van broeikasgassen versnelt – met opwarming en verwoestijning als gevolgen, opmaat voor grote klimaatveranderingen, en mogelijk rampen op aarde. Denk ook aan de genetische verarming, vermenging en vervuiling bij planten en dieren. Nu al is meer dan

10% van de mais die opgroeit in Mexico (bakermat van de mais), afkomstig van zogenaamd gecontroleerd geteelde genetisch gemodificeerde 'corn' in de VS. Met Hueting vind ik dat de hoofdoorzaak van de problemen *de mens zelf* is. Daarvan zijn er nu al te veel (6 miljard) en zijn er nog veel meer in aantocht. Om het tij te keren – en ook een oorlog tussen noord en zuid te voorkomen, zijn twee dingen nodig: condooms en fietsen. Truien, en een veel kleinere zogeheten *ecologische voetafdruk* van ons westerlingen – zeker de Amerikanen - zullen ook veel zoden aan de dijk zetten. Over deze wezenlijke zaken behoren eigenlijk alle studenten natuurwetenschap – maar zij niet alleen – voldoende kennis en inzicht te verwerven.

Maar: terug naar de chemie. In 1985 is het (keuze) *college Algemene MilieuChemie* voor gevorderde studenten voor het eerst gegeven – direct al met een grote belangstelling. Ook werd 'Chemie en Milieu' als vernieuwingsproject door Faculteit en College van Bestuur erkend. In de reeks, tot vorig jaar, waarbij de inhoud van AMC uiteraard mee evalueerde met de wetenschappelijke ontwikkelingen en ook wel met de milieuen maatschappelijke prioriteiten – heeft zo bestendig 2/3e van de chemiestudenten de colleges gevolgd, waarvan weer meer dan 2/3e uiteindelijk voor het tentamen is geslaagd.

Anders dan gebruikelijk, gingen we bij AMC (en ook bij capita selecta zoals 'verbranding' of 'afvalverwerking') uit van een – complex- probleem, zoals aantasting van de ozonlaag, of (uiteraard) dioxinevorming - waarbij de betrokken chemie uit de traditionele 'zuilen' – organisch, anorganisch + katalytisch, fysisch, biologisch, theoretisch - bijeen werd gebracht. Eigenlijk de manier waarop de scheikunde zich in werkelijkheid, buiten de universitaire curricula, haast altijd voordoet – en dus ook mede vormend voor de student. Het is ook aardig om te ervaren dat studenten die later leraar zijn geworden, nog inspiratie putten uit dat pakket handouts bij het AMC om milieuchemie in de klas vorm te geven. Tot voor kort waren er namelijk ook geen geschikte boeken op dit 'jonge' vakgebied.

Dames en heren, het onderwijs gaat in dit land min of meer continu op de schop. En het aantal chemiestudenten is over een aantal jaren dramatisch gedaald. Voeg daarbij dat ook de maatschappelijke vraag naar chemici is veranderd, mede doordat veel van de strategische research bij de grote industriële laboratoria is afgebouwd; daardoor is de vraag naar typische onderzoekers verminderd. Dan wordt het des te begrijpelijker dat een traditioneel universitair scheikunde-curriculum onvoldoende wervend is geworden. Een inkleuring, een nieuwe zetting, in Leiden met 'LST', Life Science and Technology, is een begrijpelijke stap, en vooralsnog ook succesvol. Daarnaast is het interessant om in C2W (Chemisch Weekblad) van 2 maart te lezen dat (de invloedrijke) collega Rutger van Santen – nu o.a. voorzitter van de KNCV - 'erg gecharmeerd is' van een opleidingsmodel dat – breed - begint met een probleem, werkt met projectteams etc., in plaats van in het eerste jaar allerlei losse colleges natuur-, wis- en scheikunde te geven. Dat model wordt overigens al langer o.a. in het V.K. met succes toegepast bij opleidingen 'environmental science'. Maar er is meer aan de hand: De

'harde' natuurwetenschappelijke vakken als zodanig spreken de scholieren in het voortgezet onderwijs haast niet meer aan; als je dat wilt verbeteren is modernisering naar vorm (met internet, en met gemotiveerde chemici als docent) en naar inhoud noodzakelijk.

Mag ik bekennen dat ik – met het klimmen der jaren – onderwijs geleidelijk aan 'leuker' ben gaan vinden? Als je dat redelijk goed doet krijg je van de studenten *waardering*; een kostbaar goed, dat verder aan de universiteit nogal schaars blijkt te zijn. Hoe dan ook, onderwijsactiviteiten leveren nul punten op voor een carrière; een probleem dat je niet oplost met lippendienst en een boekenbon voor de 'beste docent van het jaar'. En als het College van Bestuur een 'koersen-op-kwaliteit' inspectiepanel langstuurt dat gefixeerd is op onderzoek (en dat dan liefst 7 dagen per week, geen hobbies of ander vermaak) wordt dit probleem er ook niet minder op. Zolang dat verschil in appreciatie voor onderzoek en onderwijs zo groot blijft, zal ik een nog jong staf lid desgevraagd helaas moeten adviseren: "besteed, als je carrière wil maken, niet meer dan een strikt noodzakelijk minimum aantal uren aan onderwijs en de voorbereiding daarvan".

Hoe dan ook, tegen 1990 vond evaluatie – en acceptatie - van het vernieuwingsproject plaats; en werd ook – op mijn verzoek – m'n leeropdracht van 'organische chemie' omgezet in 'milieuchemie'; de tweede leerstoel in ons land, naast die aan de Universiteit van Amsterdam. Met een handvol 'milieuvakken' in huis kwam het toenmalige CvB op de gedachte om hier een meerwaarde aan te ontfangen: Investeren in wat extra staf voor een 'milieuplatform' om dan middelen van buiten aan te kunnen trekken voor geïntegreerd milieuonderzoek, door promovendi of postdocs. De 'AMO' - adviescommissie milieugericht onderzoek - waarin de Leidse milieuvorlieden, voorgezeten door collega G. J. Mulder, toxicoloog, heeft een aantal malen opgewekt vergaderd, tot bleek dat het CvB alleen een aanloop wilde financieren. De faculteiten zouden die nieuwe stafleden na 2 jaar hebben moeten overnemen, betalen – en dat terwijl de bezuinigingen op de reguliere taken, door het College opgelegd, er al niet om logen. Dan heb je zelfs geen eerstejaarscollege bestuurskunde nodig om te begrijpen dat dit geen levensvatbaar plan kon zijn. Dus: '*op eigen doft*' verder!

Graag maak ik nog een paar opmerkingen over onderzoek, van de 'Projectgroep Chemie en Milieu' in de jaren 90. Het meeste extern gefinancierd: via een IOP (Recycling), en door milieuprogramma's van de E.U. Met 'chlor' als rode draad. Als je met de miljoenen tonnen afvalplastics per jaar wat mooiers wilt doen dan dumpen of verbranden, is terugvoeren tot grondstof (voor nieuwe plastics) een prima idee, maar lastiger uit te voeren naarmate het mengsel afvalplastics complexer is. Verhitten zonder lucht geeft een soort olie, maar helaas: het PVC maakt die olie ook een beetje chloorhoudend, en dat staat verwerking (in een katalytisch proces) in de weg. Gezocht: een (bestaande of nieuw te ontwikkelen) chemische methode - die ook nog

bijna niets mag kosten; het noodlot van de *afvalchemicus* – om met name die chloor-microcontaminanten te verwijderen, maar de rest in tact te laten. Wij zijn er uit; en wil men maatschappelijk nog die kant op, dan kunnen we nu uitleggen hoe je dat het beste kunt aanpakken.

Zoals al eerder genoemd, het verbranden van chloorhoudend materiaal is een zorgelijke zaak. Ook als het om sterk verdunde gassen of dampen gaat. Dat deed de vraag bij ons rijzen of *katalytische* verbranding (op zich geen probleem als het gaat om ‘nette’ koolwaterstoffen, aardgas inbegrepen) ook nog wel zou kunnen als er chloorverbindingen in het spel zijn, die beruchte ‘dioxines’ e.d. inbegrepen. [Tussen haakjes: katalytische verbranding houdt geen vuur of vlam in, maar betekent afbraak tot CO₂ etc. bij milde temperaturen door de gassen te leiden over een actief oppervlak, bijvoorbeeld van een beetje Platina op een drager als alumina]. Fundamentele vragen dienen zich aan op het gebied van de chemie (met kinetiek en thermodynamica) van chloor, en chloorverbindingen, van de bijbehorende oppervlaktechemie, en mechanismen van heterogene katalyse. Na collega B.E. Nieuwenhuys (naar veler mening al te lang ‘professorandus’, maar dat lijkt nu goed te gaan komen. Ben) als partner te hebben aangetrokken, is een plan ontwikkeld en een team gevormd met groepen in Frankrijk en Spanje, om zowel de fundamentele chemie als de basis-technologie in kaart te brengen. Ook hier geldt: we weten nu veel beter hoe het gaat, hoe het moet, en wat je vooral niet moet doen.

En dan, last but not least: ‘Minidip’: acroniem voor “minimalisering van dioxine-uitstoot in thermische industriële processen”: na(ast) verbranding (van afval) ook de metallurgie, in het bijzonder de bewerking van ijzererts. Met partners in o.a. Zweden, Duitsland en België; ook in samenspraak met groepen en experts in de VS en o.a. Japan. Dit laatste ook jaarlijks in de z.g. (besloten) Karasek-conferences, opgezet door en genoemd naar een ‘godfather’ op dioxinegebied. Naast de contacten met Dr. Olie in Amsterdam is dat ook het forum voor onze wetenschappelijke inspanningen in het laatste decennium. Netwerken in de chemie, en ‘environmental science’, zijn vaak eerder ‘global business’ dan plaatselijk of regionaal.

Verbranden van afval en het bewerken van ijzererts zijn niet alleen grootschalige maar ook heel complexe processen: ‘Onderweg’ verandert zowat alles in de tijd: temperatuur, samenstellingen, en de soort reacties. Als je eenmaal weet waar, hoe, en in welke mate ‘foute’ reacties plaatsvinden krijg je (hopelijk) de sleutel in handen om het proces (graag ook weer kosten-effectief!) op te schonen.

In een echte verbrander verdwijnt per uur zo’n 60 ton huisvuil en komt er 100 m³ afgeWERKTE lucht per *seconde* uit de oven, die per m³ zo’n 5 gram vliegstof bevat. Die hete lucht wordt gedeeltelijk afgekoeld, en het stof afgevangen. En daar sta je dan in het lab, met een potje van dat vlieggas. Hoe die ‘wilde’ rit - op een essentieel onderdeel - na te bootsen? Omgerekend zou je dan per gram as - in een reactorbuis - (bij de juiste temperatuur, zeg 300 °C), in een paar seconden pakweg 200 liter ‘verbrande’ lucht moeten

gebruiken. Dat wordt een storm in een blaaspijp! Deze 'show' moet dus veel langzamer worden opgevoerd, en dan later vertaald naar de reële omstandigheden.

'Echte' verbrande lucht bevat een waslijst van heel kleine beetje organische stoffen, sommige ook met chloor. Dat (PIC) mengsel hebben we ook geïmiteerd; om dat – als vloeistof - met de juiste 'snelheid' te doseren is een microsuijt ingezet die *per uur* 10 microliters kan afgeven; dat is 1/100ste van een milliliter, minder dan een halve druppel.

Met zes belangrijke variabelen en met 'experimental design', dus steun van de computer, kun je een beperkte serie van (19) experimenten ontwerpen – uitvoeren, en maximaal inzicht verkrijgen. De even zoveel externe dioxineanalyses zijn net binnen en nu onderwerp van bezinning. Ons synthetische PIC mengsel draagt duidelijk bij aan de vorming van het complete gamma aan PCDD/Fs, ook met ongeveer de verhoudingen zoals die in een echte verbrander ontstaan. Als je 'slechts' met een enkele modelstof, i.c. phenol werkt, krijg je eenzijdig DD en vrijwel geen DF - alweer een voorbeeld dat modelproeven je op een verkeerd been kunnen zetten. Het lot van dat kleine beetje phenol in de cocktail is voor het complete inzicht een hamvraag; de proef waarbij dat phenol is vervangen door het vol-¹³C analogon is gedaan, en we wachten nog met spanning op de betreffende dioxine-analyse. Als alles op een rijtje staat (nietwaar Mariusz; de laatste promovendus...) dan komt de interpretatie (door de mens, niet alleen de computer...) en de 'vertaling' naar een echte verbrandingsinstallatie.

Overigens: de opstelling waarmee dit laatste werk is gedaan, gaat naar onze partners in Zweden, voor vervolgonderzoek; anders gezegd, er is perspectief op 'leven na de dood'.... Ook andere zaken komen goed terecht; bij partner DLR in Stuttgart (Dr. Grotheer) en bij de Universiteit van Wroclaw, Polen. Zo wordt de relatie met drie Poolse universiteiten (ook die in Poznan en Krakow), opgebouwd in een consortium met collega's in Italië, Duitsland en Engeland – en gericht op curriculumontwikkeling voor 'environmental chemistry' en 'environmental science', op een plezierige wijze afgerond.

Dames en heren, met dergelijk onderzoek aan intussen knap ingewikkeld geworden mengsels en systemen, is dat decennium 1990-2000 waarin te Leiden de leerstoel Milieuchemie heeft bestaan - eigenlijk omgevlogen.... Mede door het sterk gedaalde aantal scheikundestudenten – en de inkrimping van de staf, verdwijnt mijn vak, leeropdracht, ook weer. (Tussen haakjes, men vertelt me dat de toekomst van die andere leerstoel, aan de UvA, ook onzeker is...). Een gevolg van de invoering van het – op zich succesvolle - LST is dat de belangstelling van studentenzijde voor de 'gewone' chemiestudie lager is dan ooit. De uitweg wordt nu gezocht door *duurzaamheid* als Leitmotiv in te voeren: 'SMST', Sustainable Molecular Science and Technology. Dit idee is geënt op een zich wereldwijd ontwikkelend inzicht, dat chemische reacties en processen 'schoner', 'groener' moeten worden: minder afval, niet langer giftige grondstoffen of foute oplosmiddelen gebruiken. Wees ook energiezuinig en doe aan hergebruik; recycling. Aan dergelijke zaken heb ik dan ook in meer recente versies van AMC pas-

sende aandacht besteed.

Chemici en chemisch technologen, nu en in de toekomst, behoren een 'groene' mentaliteit te hebben - dus in hun opleiding – en nascholing - mee te krijgen. Dat vraagt uiteraard om docenten die dat willen en kunnen uitdragen; persoonlijk, in de onderwerpen van onderzoek, en via de leerstof. Zo kan 'duurzame chemie' een waardig opvolger van 'milieuchemie' worden; waarbij men overigens niet moet vergeten om de student toch ook voldoende kennis en inzicht bij te brengen inzake de chemie van en in de ecosfeer en de bedreigingen van ons milieu.

Ik verwacht dat een dergelijk programma – ook weer opgezet i.s.m. Delft – de (a.s.) studenten zeker zal aanspreken. Een keuze voor twee verschillende profielen, LST en SMST, maakt het wel bijna onontkoombaar om te stoppen met de traditionele opleiding, al was het maar vanwege gebrek aan studenten en aan opleidingscapaciteit; je kunt nu eenmaal niet alles tegelijk goed doen.

Intussen zijn ook de andere milieu-basisdisciplines in Leiden, zoals milieusociologie, milieurecht en milieubiologie weer verdwenen of bijna weg. Ook al noemde een eerdere rector - theoloog - milieu *een tweede religie* – alweer: je kunt nu eenmaal niet alles, en je mag het een traditionele universiteit (waar een latere rector zich voor monodisciplinaire studies en tegen modieze kundes uitsprak) niet verwijten als men 'milieu' geen hoge prioriteit geeft.

Dat brengt me wel weer bij het CML. Weg zijn die voedende basisdisciplines, met de bijbehorende gespreksgenoten in de faculteiten. Quo vadis? Is er nog voldoende 'chemie', met het universitaire bestuur met name? Is aanhechting in Delft wellicht beter? Het pad op van privatisering, op eigen doft? Of leiden de ontwikkelingen naar duurzaamheid binnen de faculteit W&N hier tot iets goeds? Zou het helpen als het Centrum voor Milieukunde voortaan "*Centrum voor Milieuwetenschap en Duurzame Ontwikkeling CML*" gaat heten? Een etiket dat m.i. past bij wat men nu al onderzoekt en doceert, wil, kan, en doet.... Nieuwe inspecties en visitaties kunnen achterwege blijven.

Mocht er een duurzame symbiose ontstaan van W&N en CML, dan zou bij het CML ook een gekwalificeerd milieuchemicus – als deeltijdhoogleraar bijvoorbeeld – kunnen worden aangesteld, die mede het manco in het SMST-curriculum kan verhelpen. Interessant is ook het feit dat W&N een nieuwe Decaan krijgt afkomstig van het ECN, een instituut dat met succes al een groen imago heeft opgebouwd – en waar dan ook intussen zeker vier van 'mijn' afgestudeerden zijn gaan werken ; Paul, Paul, Ruud, en Mariusz : wie weet wat de toekomst voor jullie in petto heeft...

In die pakweg 35 jaar sinds m'n aanstelling is er veel veranderd. Kon vroeger bijna alle werktijd worden besteed aan onderzoek, onderwijs en maatschappelijke dienstverlening, tegenwoordig eisen een veelheid aan rapportages, planning, voorstellen formuleren, enquêtes invullen, en bureaucratie onevenredig veel tijd op. Steeds meer moet financiering van elders komen, want steeds minder is de universiteit zelf nog in staat om eenmaal benoemden te voorzien van de professioneel vereiste middelen, zoals

apparatuur. Zou het helpen als bestuurderen, behalve beoordelaars, wat meer impresario worden voor het docentencorps? “Koesteren” mag beperkt blijven tot een enkele coryfee, maar wat meer waardering tonen voor de inzet en prestaties van die vele normaal begaafden die de universiteit dragen, zou niet verkeerd zijn.

De cultuur binnen een universiteit staat uiteraard onder invloed van die in onze maatschappij, met haar poldermodel. Dus: bestuurslagen in soorten met uiteenlopende bevoegdheden; een vervaagde representatieve en democratische controle; en ook binnen de universiteit is het heel lastig om iemand op zijn of haar bestuurlijke verantwoordelijkheid aan te spreken. Verder tref je ook bij ons interim-managers, controllers, nieuwe directeuren, en andere ‘aanstuurders’ aan. Hoeveel beleidsambtenaren heeft een universiteit, faculteit, nodig? En nog hedenochtend gelezen in het nieuwe (lente)nummer van ‘Hypothese’- blad van NWO – in een stukje van historicus en journalist Jos Palm: “Moge de *verspoorweging* van het wetenschappelijke bedrijf ons bespaard blijven”. Wat mij betreft had die goeie oude Administrateur, die zijn pappenheimers aan de basis goed kende, mogen blijven. Als er per saldo maar effectief en transparant wordt bestuurd - en de (toegegeven, beperkte) mogelijkheden voor HRM, *human resource management*, worden herkend en benut: what’s in a name?

Dames en heren, u wilt wel van me aannemen dat dit positief-kritische commentaar niet alleen een uiting is van mijn gevoelens van betrokkenheid in de afgelopen jaren, maar dat dit tevens goede wensen inhoudt voor de ‘achterblijvers’, collegae aan deze universiteit, in het bijzonder die bij het LIC/Gorlaeus Lab., en het CML. Sterkte en veel succes!

Het is u hopelijk ook duidelijk geworden dat ik - alles bijeen genomen - met veel voldoening aan en voor de Leidse universiteit heb gewerkt. Dat komt bovenal door het contact met de studenten, de intensieve samenspraak met de jonge onderzoekers, promovendi, en de vruchtbare samenwerking en vriendschap, met de partners elders - personen, die in deze voordracht - het kon niet anders - meestal anoniem zijn gebleven.

Na ruim 650 geslaagden voor AMC, 25 promoties en meer dan 150 wetenschappelijke publikaties, zit het er – bijna - op. Het is – letterlijk en figuurlijk – MOOI GEWEEST! En omdat het alweer 5 uur is geworden, wordt het ook tijd om ons naar de borrel te begeven. Maar voordat het zover is, spreek ik graag mijn dank uit aan u - zeergewaardeerde toehoorders - voor uw komst, en: geduld. Ik wil dat accentueren op een manier die – denk ik - van alle tijden is: Een bloemetje; maar: in zesvoud. Voor even zovele lieve vrouwen. Van vier generaties: jong, tot helemaal volwassen. Vandaag eens in die volgorde: Carine, kleindochter om trots op te zijn; haar lieve moeder Margot; en m’n andere lieve dochter Caroline; blij ben ik ook met jou, Ingrid, als a.s. schoondochter; je hoort er al helemaal bij. En zeker met zo’n lieve (duurzame...) vriendin Marion. En: lieve Anneke, dit boeketje voor jou persoonlijk symboliseert tevens mijn

waardering voor allen – hier al dan niet aanwezig - die voor of na Ed mijn professionele pad hebben geweest, gekruist, of mee gevolgd en ontgonnen, zodanig dat ik daaraan nog heel lang goede herinneringen zal bewaren.

Ik heb gezegd.

