

Van chemie tot proces

van der Wiele, K.

Gepubliceerd: 01/01/1984

Document Version

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the author's version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Van chemie tot proces

Dr.ir. K. van der Wiele

Van chemie tot proces

Dr.ir. K. van der Wiele

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van
gewoon, hoogleraar in de Chemische Technologie aan de
Technische Hogeschool Eindhoven op 11 mei 1984.

Mijne heren leden van het College van Bestuur en van de Hogeschoolraad,
Mijnheer de Rector Magnificus,
Dames en heren hoogleraren en personeelsleden van de Hogeschool,
Dames en heren studenten,
en voorts U allen die met Uw aanwezigheid van Uw belangstelling blijkt geeft,

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Als intree-redenaar is mij de vrijheid gegeven U geheel naar eigen inzicht toe te spreken over onderwerpen die verband houden met de aanvaarding van het ambt van hoogleraar aan deze hogeschool, in een vorm die zou mogen variëren van een vurig politiek betoog of een humoristische causerie tot een uiterst specialistische uiteenzetting over de fundamenteën van de chemische technologie. Zij, die mij kennen zullen niet verbaasd zijn dat mijn voorkeur vandaag uitgaat naar een overwegend serieuze beschouwing van het vakgebied waarin mijn activiteiten liggen, maar wel op zodanige wijze dat ook voor U die niet met het vakgebied vertrouwd bent mijn woorden enigszins verteerbaar zijn.

Na deze inleidende woorden wil ik graag met mijn eigenlijke betoog beginnen, dat in drie delen uiteen valt. Allereerst wil ik de chemische technologie in algemene zin in beschouwing nemen en aangeven wat mijn visie is op de onderwijstaken van deze leerstoel. Vervolgens wil ik met U filosoferen over de ontwikkeling van de natuurwetenschappen, om tenslotte mijn ideeën te geven over nieuwe wegen van onderzoek.

Wat omhelst chemische technologie? Chemische technologie is het zeer brede en diverse terrein van de wetenschap die zich

bezighoudt met het technisch gebruik van de chemie: gebruik van de chemie voor het vervaardigen van produkten waar mensen als U en ik waarde aan hechten, en direct of indirect een belangrijk deel van ons inkomen aan besteden. Om er een paar te noemen: metalen, halfgeleiders, plastics, kunstvezels, keramiek, glas, kunstmest, benzine, medicijnen, drinkwater, papier, inkt, verf, lijm en wasmiddelen.

Het bewuste gebruik van chemische reacties door de mens ten eigen nutte is al heel oud, als U denkt aan vuur en de oudste toepassingen daarvan als het bereiden van voedsel, bakken van potten en dergelijke. In de loop van de eeuwen heeft de technische toepassing van de chemie zich aanvankelijk gemanifesteerd in de vorm van een aantal ambachten als het maken van kleurstoffen en verf, een kunst die de Egyptenaren al verstonden, het maken van zeep, en de fabricage van porcelein, glazuur en bouwmaterialen.

Het industriële gebruik van chemie is gestart in het einde van de 18e eeuw. Een van de eerste, beroemde voorbeelden is het Le Blanc proces voor het maken van soda uit keukenzout, met behulp van zwavelzuur, cokes en kalk. Dit proces maakte een einde aan de heersende grondstofschaarste voor de fabricage van glas en zeep. Nieuw ten opzichte van de ambachtelijke werkwijze waren de intree van machines ter vervanging van menselijke arbeid, de schaalgrootte van de produktie, en het feit dat de produktiemethoden werden ordersteund door de eerste inzichten in de chemie.

Een volgende mijlpaal in de ontwikkeling van de chemische industrie die het noemen waard is, is de overgang van ladingsgewijze, discontinue processen naar continu werkende processen waarin materialen in een ononderbroken stroom een aantal bewerkingen ondergaan. In de negentiende eeuw verschenen de eerste processen van dit soort als het lodenkamerproces voor de bereiding van zwavelzuur en het nieuwe sodaproces van Solvay. Het Solvay proces is een aparte vermelding waard omdat het een voor die tijd ongelofelijk efficiënt proces is waarbij, anders dan bij het Le Blanc proces, géén zwavelzuur verbruikt wordt, terwijl een nieuwe hulpstof, ammoniak, in het proces wordt gerecirculeerd. Uitzonderlijk is dat dit proces tot op heden onovertroffen is en dat bijvoorbeeld onze Nederlandse sodaproductie nog steeds volgens dit ruim honderd jaar oude proces wordt uitgevoerd.

De chemische technologie als wetenschap van principes waarop produktiemethoden gebaseerd kunnen worden, vindt zijn ontstaan rond de eeuwwisseling. Aanvankelijk was deze nog ingedeeld naar specifieke takken van nijverheid rond grondstoffen als steenkool, suiker, oliën en vetten. Inzicht in de gemeenschappelijke basisprincipes van ogenschijnlijk verschillende processtappen is pas op gang gekomen na de eerste wereldoorlog en wel voor een belangrijk deel vanuit de Verenigde Staten. In plaats van de produktgerichte technologieën ontstond in de eerste plaats de technologie van de zogenaamde unit operations, eenheidsbewerkingen of fysische werkwijzen als malen, mengen, roeren, verwarmen, verdampen, destilleren, extraheren en drogen. Deze unit operations zijn op hun beurt gebaseerd op principes van thermodynamica, fasenleer, stromingsleer en de algemene beginselen van transport en overdracht van massa, energie en impuls. Het vakgebied van de unit operations en de onderliggende principes staat in ons land bekend als de fysische technologie. Eén unit operation ontbreekt aan dit vakgebied namelijk de chemische reactor. Pogingen om hier te unificeren naar soorten van chemische reacties hebben niet tot een zinvol resultaat geleid. Terwijl de principes niet verschillen van die van de fysische unit operations, leidt de toevoeging van chemie tot complicaties die gemaakt hebben dat een eigen vakgebied ontstaan is, dat in ons land chemische reactorkunde heet en internationaal bekend staat als chemical reaction engineering.

Ik zou de chemische technologie te kort doen door deze alleen te beschouwen als het samenstel van fysische technologie en reactorkunde. Er is meer vereist dan het bestuderen van proceseenheden om van chemie tot een proces te komen. De verschillende eenheden van een proces zijn in hun functioneren sterk van elkaar afhankelijk. Het selecteren van de eenheden en de synthese ervan tot een proces, binnen technische en economische randvoorwaarden kan gezien worden als een extra dimensie in de proceskunde die behalve de techniek om ingewikkelde processchema's door te rekenen, vraagt om inzicht in de principes van procesintegratie. Tenslotte maakt de chemie zelf, die de basis vormt van het proces, een wezenlijk deel uit van de chemische technologie, en ik ben met vele anderen van mening dat het een goede zaak is voor onze industrie dat onze technische hogescholelen scheikundig ingenieurs opleiden die met methoden en principes van technologie en chemie vertrouwd zijn.

Fysica	
Fysische technologie & Unit Operations	Reactor- kunde
	Chemische kinetiek
Procesintegratie	
	Chemie

Chemische technologie

De door mij gehanteerde opbouw van het vakgebied van de chemische technologie heb ik met een eenvoudig schema voor U weergegeven, waarbij ik tegelijk een paar kanttekeningen wil maken. Eén ervan is dat de scheidslijnen tussen de delen belangrijk minder scherp zijn dan een schema aan kan geven en we er naar mijn mening ook bewust naar moeten streven er voortdurend overheen te stappen. Een ander is dat ik in mijn beschouwing het productieproces centraal heb gesteld. Indien ik het produkt zelf centraal had gesteld, zouden chemie en fysica deels zijn versmolten tot materiaalkunde en zouden vervolgens materiaalkunde met een deel van de proceskunde zijn samengegaan tot een produktkunde veld. Een van de redenen dat ik U een dergelijk eenvoudig schema voorhoud, is om duidelijk aan te kunnen geven in welk deelgebied het accent ligt van de leerstoel die ik aanvaard heb, namelijk bij chemische reactoren en processen of wel in en om de reactorkunde 'Van chemie tot proces' lijkt mij het beste motto voor het onderwijs waaraan ik mijn bijdrage wil leveren en ik wil graag een drietal essentialia van dat onderwijs apart belichten, te weten grondslagen en modellen, feitenkennis en synthese.

De grondslagen van de reactorkunde zijn in feite grondslagen uit de chemische kinetiek, de warmte-leer en de fysische technologie. Deze leiden tot wiskundige vergelijkingen voor de snelheden van elementaire processen die in de reactor plaatsvinden. Daarbij moet onderscheid gemaakt worden naar de schaal waarop ze plaats vinden. Op moleculaire schaal hebben we te maken met de chemische reactie, met moleculair transport door diffusie en met geleiding van warmte. Op wat grotere schaal vindt transport en overdracht plaats van verzamelingen moleculen in de vorm van gasbellen, vloeistofdruppels, korrels of andere conglomeraten. Tenslotte belanden we op de grootste schaal, die van de

hele reactor, die via externe stromen met andere delen van de fabriek of het proces verbonden is.

De geweldige ontwikkeling die de reactorkunde na de tweede wereldoorlog heeft doorgemaakt, is in de eerste plaats de ontwikkeling van de systematiek om elementaire processen te integreren tot een totaal-model voor de reactor. Voor 'geïdealiseerde' benaderingen van de werkelijkheid heeft dit geleid tot een aantal eenvoudige (wiskundige) modellen die enerzijds inzicht geven in de globale werking van een reactor en anderzijds goed genoeg zijn om er het gedrag van een groot aantal 'echte' reactoren mee te beschrijven en uit te rekenen. De verdere ontwikkeling van de reactorkunde is sterk gestimuleerd door de komst van het electronisch rekentuing. Het is daardoor zinvol geworden ingewikkeldere en beter bij de realiteit aansluitende modellen op te stellen, met name voor reactoren die van nature complex zijn door de aard van de chemische reactie of door de wijze waarop de reagerende stoffen met elkaar in contact komen. Juist bij veel nieuwe processen, die gebaseerd zijn op katalyse en biochemische reacties zijn dergelijke complicaties steeds aanwezig. Concluderend acht ik het van belang dat onze studenten zich de grondslagen van de reactorkunde eigen maken, inzicht verwerven in het gedrag van reactoren aan de hand van eenvoudige modellen, en tenslotte dat zij kennis maken met de aanpak van berekeningen per computer.

Een tweede aspect dat ik in het onderwijs van chemie tot proces wil belichten is feitenkennis. Feitenkennis wordt in de exacte wetenschappen ten onrechte beschouwd als minderwaardig. Hoewel in het onderwijs terecht de nadruk ligt op principes en methoden zijn feiten onmisbaar zodra we de methoden en principes willen toepassen. Ze vormen in wezen de brug tussen theorie en praktijk. Zo is het voor ingenieurs, die zich bezig gaan houden met het bedrijven van bestaande chemische processen of het uitvinden van nieuwe, mijns inziens belangrijk dat zij enige kennis hebben van de eigenschappen van materialen en produkten, van de praktische consequenties van ongewone drukken en temperaturen, en van de toepasbaarheid van gangbare apparatuur. Idealiter zou de leerstof die de student wordt aangeboden een mengsel moeten zijn van theorie en praktijk. De vierjarige opleiding, waarnaar nu wordt overgeschakeld, zal echter zonder twijfel tot een concentratie in de theoretische richting leiden.

Het derde en laatste aspect dat ik wil noemen is integratie en synthese. In het vakgebied van de proceskunde valt concreet te denken aan activiteiten als procesintegratie en procesontwerp. Meer abstract en in ruimere zin denk ik aan de volledig andere benadering van vergaarde kennis, die meer overeenkomt met die van de uitvinder en de architect. Terwijl één methode voor de benadering van een probleem of een doelstelling er een is van *analyse*, waarbij men probeert een probleem op te delen in kleine problemen, en die vervolgens rationeel aanpakt, zijn inventieve of creatieve oplossingen gekenmerkt door synthese of combinatie van verschillende ideeën of principes, vaak uit ver uiteenliggende gebieden. Om vergaarde kennis op een dergelijke creatieve wijze te kunnen benutten dient men deze te kunnen overzien en met fantasie op te kunnen roepen in een andere samenhang dan waarin men de kennis heeft opgenomen.

Gaan we er vanuit dat onze maatschappij, die op alle punten zozeer in beweging is, creatieve technologen nodig heeft, en nemen we aan dat onderwijs die creatieve kwaliteiten kan stimuleren, wat betekent dit dan voor dat onderwijs? Mijns inziens houdt het in dat we ervoor moeten oppassen de studenten louter te belasten met grondslagen en feitenkennis die we aandragen met perfecte collegedictaten, en dat we moeten zorgen dat er ruimte behouden blijft voor creatieve opdrachten: opdrachten in het kader van ons eigen onderzoek en onze eigen studies op het terrein van nieuwe chemie en nieuwe processen en producten. Een probleem is het vinden van de juiste balans tussen de drie elementen die ik u genoemd heb. Het is mijn overtuiging dat weglaten van het derde element, de creatieve synthese, ons onderwijs degradeert tot dat van een verlengde middelbare school. Een ontwikkeling in die richting is duidelijk gaande gezien het streven van de overheid om aan TH's en universiteiten meer mensen op te leiden in kortere tijd en met minder docenten. Laten we hopen dat het een tijdelijke ontwikkeling is.

In het tweede deel van mijn betoog wil ik even met U filosoferen over de ontwikkeling van de natuurwetenschappen in het algemeen. Ik wil die graag vergelijken met de ontwikkeling van een appelboom. De tijd dwingt mij af te zien van mooie analogieën over de groei van de kiem en de eerste groene blaadjes. Ik begin bij de jonge plant die de stand van de natuurwetenschappen enkele eeuwen geleden voorstelt. Beter is het te spreken van meerdere jonge planten die de verschillende,

nog nauwelijks samenhangende wetenschappen als natuurkunde, scheikunde en biologie voorstellen. De voedingsbodem van deze jonge planten is de menselijke nieuwsgierigheid. Samen met de kunsten worden deze wetenschappen gekoesterd door de zon die uitstraalt van de rijke elite van die tijd. De omvang van alle planten samen is nog zodanig dat de geleerde verzorger ervan het geheel kan overzien en elke plant in detail kan kennen. Er is veel gebeurd sindsdien. De bomen zijn gaan bloeien en vruchten af gaan werpen die bleken te smaken. Men heeft ontdekt dat de scheikunde en de biologie geënt dienen te worden op de natuurkunde, die zich ontwikkelde tot de gemeenschappelijke stam van de natuurwetenschappen. De boom werd inmiddels veel te groot om in de paleistuin te blijven staan en kwam midden in onze maatschappij terecht. De boom werd ook zo groot dat deze niet meer door één man te overzien was, tenzij in vogelvlucht. Verschillende sectoren van de boom kregen dan ook verzorging van specialisten - specialisten die op hun beurt weer in soorten te onderscheiden zijn: beoefenaars van de zuivere wetenschap, die vooral geïnteresseerd zijn in een mooie nieuwe tak met jong groen, waar, wie weet, het appeltje van de toekomst aan zal groeien. Jong groen aan de rand van de kroon, dat veel zon nodig heeft om te ontspruiten. Daarnaast toepassingsgeörienteerde wetenschappers, die proberen nieuwe bloesemtakken te ontwikkelen en deze door kruisbestuiving vruchtdragend te maken. En tenslotte de ontwikkelaars, die interessante appelsoorten verder veredelen en met veel water en kunstmest de oogst maximaliseren.

Ik wil niet met U spreken over de schaduwen die een grote appelboom werpt, niet over zure en rotte appels die tussen de oogst zitten, en niet over de schillen die na consumptie van de appels overblijven. Wel wil ik met dit beeld van de wetenschap als appelboom duidelijk aangegeven dat ontwikkeling van de wetenschap onvermijdelijk leidt tot steeds meer vertakkingen (specialismen), waarvan de onderlinge afstand bij uitgroei steeds groter wordt, en dat steeds meer verzorgers (wetenschappers) en steeds meer licht en lucht (geld) nodig zijn om alle groei te stimuleren.

Uit mijn beeld van de wetenschap als appelboom wil ik een drietal stellingen afleiden. De eerste is dat er grenzen zijn aan de snelheid van groei van de wetenschap, omdat mensen en middelen beperkt zijn, en omdat groei ver van de stam steeds moeizamer gaat. Die snelheidsgrenzen zijn mijns inziens bereikt, omdat niet te verwachten is dat het aantal mensen dat direct of

indirect aan de groei bijdraagt nog sterk zal toenemen. Momenteel is door storingen in ons economisch stelsel zelfs sprake van een afname: industrie en overheid hebben de snoeischaar gehanteerd en in bepaalde sectoren flink uitgedund. De tweede stelling is dat ook de totale omvang van de actief bedreven wetenschap beperkt is, en wel tot het gezamenlijke bevattingvermogen van alle wetenschappers. Een actief en groeiend wetenschapsterrein in één sector van de boom zal bij een beperkte sapstroom en hoeveelheid licht noodzakelijkerwijs gepaard gaan met verminderde activiteit in andere sectoren. Bekende voorbeelden van sectoren die in een sterke groeifase verkeren zijn de micro-electronica en het duo biochemie-microbiologie. Minder spectaculair, maar qua omvang en ontwikkeling eveneens van grote betekenis is de katalyse. Mijn derde stelling is dat een van de kansrijkste methoden om nieuwe takken met nieuwe vruchten (nieuwe toepassingen) te ontwikkelen bestaat uit snoeien en het enten van nieuwe loten op een goede oude stam. Wat de proceskunde betreft denk ik dat deze eigen verdere uitgroeimogelijkheden heeft, maar daarnaast vooral een goede stam vormt voor nieuwe chemie. Voor biochemie en microbiologie levert deze enting de thans sterk in het zonlicht staande bioprocestechnologie, voor katalyse de technologie van nieuwe katalytische processen. Dit laatste terrein wil ik in het derde deel van mijn betoog nader belichten.

Katalytische processen bezetten een bijzonder belangrijke plaats in de chemische industrie. Voor de toekomst is een grote vraag naar nieuwe katalytische processen te verwachten, en wel om twee redenen: In de eerste plaats zal het streven naar efficiënter gebruik van grondstoffen en energie zich voortzetten, zowel om economische redenen als om redenen van milieubescherming. Deze hogere efficiëntie en geringere milieubelasting kunnen vooral bereikt worden door selectievere chemische processen te ontwikkelen en door duurzamere materialen te produceren. In de tweede plaats zullen in de toekomst aanpassingen moeten plaats vinden aan nieuwe grondstoffen en zal voor organisch chemische producten aardolie op den duur plaats moeten maken voor alternatieven als steenkool en 'niet-oprakende' grondstoffen uit de levende natuur als cellulose en zetmeel. De vraag naar nieuwe processen geldt dus processen met hoge selectiviteit en processen uitgaande van nieuwe grondstoffen. Het is deze hoge selectiviteit die vraagt om de toepassing van katalysatoren, hulpstoffen die door reversibele binding met de reagerende moleculen de gebeurtenissen op atomaire schaal de gewenste loop geven.

Katalysatoren kunnen qua aard en samenstelling variëren van ogenschijnlijk eenvoudige anorganische katalysatoren als metalen of metaalionen en oxyden tot de uiterst complexe molecuulstructuren van natuurlijke enzymen, met daartussen een gebied waarin we onder andere de synthetische organometaalverbindingen aantreffen. Daarnaast is er een onderscheid tussen enerzijds homogene katalysatoren, die in het reactiemengsel opgelost zijn en dus op moleculaire schaal gemengd zijn met de reactanten en anderzijds heterogene katalysatoren die doorgaans uit vaste deeltjes bestaan waarvan het oppervlak de katalytisch actieve centra herbergt. Hoewel ik ontzag heb voor de uiterst specifieke werking van enzymen en daar de uitspraak 'Natura artis magistra' zeer op zijn plaats is, wil ik het vakgebied van de biokatalyse en biotechnologie graag overlaten aan anderen en mijzelf beperken tot de 'gewone katalyse, die zijn eigen sterke kanten heeft, en momenteel de kern vormt van een belangrijk deel van onze industriële chemie. Wat die sterke kanten betreft, denk ik onder andere aan de levensduur van de katalysator, bestandheid tegen hoge temperaturen en scheiding van katalysator en produkt. Het vakgebied van de katalyse is nog steeds sterk in ontwikkeling, zowel door baanbrekende vondsten als bijvoorbeeld de werking van zeolieten, als door fundamenteel onderzoek naar relaties tussen eigenschappen en structuren. In de heterogene katalyse wordt langzaam maar gestaag terrein gewonnen op de "zwarte kunst" van de bereiding van industriële katalysatoren, die bestaan uit actieve basiscomponenten en een cocktail van chemische kruiden.

Nieuwe katalysatoren zijn nog geen nieuwe processen, en ik ben van mening dat met name voor heterogene katalyse de combinatie met proceskunde een belangrijk terrein van onderzoek oplevert. De prestaties van een katalysator hangen namelijk ten nauwste samen met technologische factoren als de aard van de reactor en de wijze van bedrijfsvoering. Als voorbeeld wil ik even een eenvoudige buisreactor in beschouwing nemen waarin zich een bed van vaste deeltjes bevindt waarvan het oppervlak katalytische activiteit heeft. Door deze reactor stromen gassen die door reactie aan het oppervlak in de gewenste produkten worden omgezet. Indien deze gassen gelijkmatig door de reactor stromen en de reactie eenvoudig is kan dit een heel efficiënte reactor zijn. Indien echter naast de gewenste reactie aan het katalysatoroppervlak ook een ongewenste reactie kan optreden in de gasfase zelf, zoals bij voorbeeld het geval is bij selectieve oxydatieprocessen, wordt de situatie heel anders. Het zou dan aantrekkelijk kunnen zijn de reagerende gassen niet samen in te

voeren maar gesplitst, waarbij de één normaal door de reactor stroomt en de ander wordt toegediend via meerdere zijkanalen, verdeeld over de lengte van de reactor. Ik kan U dit verduidelijken door even een analogie te maken met een receptie. Stel U voor dat de reactor bestaat uit een lange smalle receptiezaal en het katalysatoroppervlak uit tafeltjes. Doel van de reactor is een stroom van receptiegasten gelijkmatig te voorzien van een redelijk aantal drankjes en hapjes. Men zou daartoe een het ene uiteinde van de zaal gasten en serveersters met gevulde bladen kunnen invoeren in de juiste verhouding en aan het andere eind tevreden gasten kunnen uitwuiwen en serveersters kunnen recirculeren via de keuken. In mijn ideale voorbeeld vindt overdracht plaats via de tafeltjes en komt de juiste dosering tot stand doordat gasten en serveersters gelijk op lopen. Stel nu echter dat er een ongewenste reactie op kan treden, namelijk gasten die direkt van de bladen nemen. Dit zou kunnen leiden tot een te hoge activiteit bij de entree van de zaal met ongewenste nevenverschijnselen. Om dit te voorkomen zou men de serveersters op vier plaatsen zijdelings kunnen invoeren. Per binnentredende serveerster is de onmiddellijk beschikbare tafelruimte dan groter en indien het neerzetten voldoende snel gebeurt wordt het ongewenste grijpen van het blad goeddeels voorkomen. Nu is deze vast-bed buisreactor een betrekkelijk eenvoudig voorbeeld van een reactor voor een katalytisch proces. Anders wordt het wanneer we gaan kijken naar systemen waarbij de heterogene katalysator niet gefixeerd is maar rondzwerft door de reactor, zoals in een fluid bed-reactor, waarbij katalysatordeeltjes als los stof door snel stromend gas in werveling gebracht worden of in een gas-vloeistof slurry-reactor, waarbij vaste katalysatordeeltjes in vloeistof gedispergeerd zijn, en door het doorvoeren van gas in beweging gehouden worden. Mijn verwachting is dat katalytische meerfase-reactoren in de toekomst een belangrijker aandeel zullen krijgen in de industrie, waarbij ook in de sector fijnchemicaliën interessante perspectieven liggen.

Hoewel dergelijke reactoren niet nieuw zijn in de reactorkunde heeft weinig onderzoek plaats gevonden naar selectiviteitsaspecten. Dit vraagt *samenhangend* onderzoek van de processen van stroming en van stof- en warmte-overdracht in en tussen de verschillende fasen in de reactor en van de processen die zich afspeelen aan het oppervlak van de katalysator.

Overzien we de chemical reaction engineering literatuur van de laatste tien jaar dan valt doorgaans de aandacht of op kinetiek en katalyse, of op fysische parameters. Ik ga dan even voorbij aan

de aparte categorie van studies van de dynamica van chemische reactoren. Deze scheiding is begrijpelijk omdat op beide terreinen afzonderlijk nog veel onbeantwoorde vragen liggen. Aan de kant van de kinetiek levert elk nieuw proces en elke nieuwe katalysator een groot aantal onbekende op: adsorptie- en reactieconstanten die samen de chemische kinetiek opleveren van het samenstel van gewenste en ongewenste reacties. Voor een reële beschrijving van die kinetiek is doorgaans een groot aantal parameters nodig, overeenkomstig de ingewikkeldheid van reactiemechanismen. De grilligheid van de natuur op het punt van chemie maakt het kwantitatief voorspellen van snelheden onmogelijk, zodat telkens weer uitvoerig experimenteel werk nodig is voor het meten daarvan. Van fundamentele ontwikkelingen op dit terrein is mijns inziens nauwelijks sprake, afgezien misschien van het modelleren van katalysator-deactivering. Uiteraard blijven kinetische studies van groot belang om inzicht te krijgen in de werking van specifieke katalysatoren.

Aan de kant van de fysische parameters liggen de problemen anders. Ze hebben te maken met de beschrijving van wat ik eerder genoemd heb transport en overdracht van conglomeraten van moleculen. Problemen ontstaan wanneer dergelijke eenheden als druppels, bellen en dergelijke niet vormvast zijn of anders gezegd wanneer moleculaire processen en macroscopische processen niet te scheiden zijn. Een eenvoudig voorbeeld daarvan is turbulente stroming van gassen of vloeistoffen door pijpen. Bij hoge snelheden ten opzichte van de wand gaan pakketten vloeistof wervelen. Het resultaat op de drukval is niet met een mechanistisch model te beschrijven, wel met semi-empirische correlaties die een groot gebied van geldigheid hebben en één kengetal, het Reynoldsgetal. In meerfase-reactoren treden steeds dergelijke problemen op, en is het fundamentele onderzoek erop gericht goede correlatie-modellen te ontwikkelen voor het voorspellen van het stromingsgedrag van de verschillende fasen in reactoren en van parameters voor stof- en warmteoverdracht. Bekend is de ontwikkeling die het modelleren van fluid-bed reactoren heeft doorgemaakt. Recente ontwikkelingen liggen vooral op het terrein van slurry-reactoren en trickle-phase reactoren.

Helaas heeft sophistication van de modellen niet altijd geleid tot een evenredige toename van de betrouwbaarheid van hun uitkomsten, hetgeen betekent dat essentiële parameters als volumefracties van de verschillende fasen en overdrachtscoëfficiënten in de meeste gevallen gemeten moeten worden. Bovendien neemt men in de praktijk van een concreet proces

vaak zijn toevlucht tot relatief simpele modellen omdat de extra gegevens, nodig voor een ingewikkelder model moeilijk verkrijgbaar zijn en omdat grote onzekerheden aan de kant van de chemische kinetiek sophistication aan de kant van de fysische relaties niet rechtvaardigen.

Het ligt in mijn bedoeling de aandacht van het onderzoek voor een belangrijk deel te richten op selectiviteitsaspecten in heterogeen katalytische meerfase-reactoren en daartoe de interactie van fysische en chemische parameters te onderzoeken.

Vast staat dat technologische factoren, waaronder ook het vorm geven aan de katalysator zelf, een enorm effect kunnen hebben op de selectiviteit en ik zie het als een grote uitdaging nader inzicht te verwerven in deze factoren door de prestatie van interessante nieuwe katalysatoren in verschillende typen reactoren en onder verschillende condities te bestuderen, en modellen te ontwikkelen voor de beschrijving ervan. Het streven is erop gericht dat dit onderzoek niet alleen zal leiden tot inzicht en begrip maar ook tot creatieve ideeën voor nieuwe katalysatorsystemen waarbij ik met name denk aan het combineren van meerdere katalytische functies in één reactor. Het is om die reden dat ook onderzoek aan katalysatoren, met inbegrip van exploratief onderzoek, een belangrijke plaats heeft in het door mij beoogde researchwerk aan katalytische reactoren en processen.

Na deze vaktechnische beschouwingen over het onderzoek waarop ik mijn aandacht zal concentreren, wil ik tot slot nog enkele opmerkingen maken over de mogelijkheden van uitvoering.

De financiële mogelijkheden voor het draaiend houden van een goed geëquipeerd technisch laboratorium zijn in de laatste jaren dramatisch verslechterd. Gecorrigeerd voor inflatie zijn de budgets voor apparatuur met meer dan een factor drie gedaald. Wat jonge onderzoekers betreft is voorts de zuigkracht van het bedrijfsleven op de goede mensen enorm groot. De sterke verlaging van de aanvangssalarissen van de promovendi nieuwe stijl, die overeenkomstig de "Beiaardnota" van kracht zal worden, zal dit probleem vergroten. Wordt dit het einde van het onderzoek aan de hogescholen?

Zo somber ben ik niet, maar er zal wel een sterke verandering plaats gaan vinden in de richting van het Amerikaanse systeem waarbij het werven van fondsen en industriële contracten een noodzaak is om voort te bestaan.

Dames en heren,

Aan het einde gekomen van mijn voordracht over onderwijs en onderzoek dat ons van de chemie naar het proces brengt wil ik allereerst mijn dank betuigen aan Hare Majesteit de Koningin voor mijn benoeming aan deze Hogeschool.

Waarde collega Piet van den Berg,

Jou en mijn andere Delftse leermeesters wil ik danken voor hetgeen ik als student en medewerker in Delft heb opgestoken en voor het Delftse stempel dat op mij is gedrukt, en dat ik positief waardeer. Ongetwijfeld zal weer iets daarvan uitstralen in deze nieuwe Brabantse omgeving.

Mijne heren directeuren, oud-collega's en vrienden van Akzo Zout Chemie,

Het is bij U dat ik mijn industriële ervaring heb opgedaan. Hoewel mijn verblijf bij U relatief kort was heb ik met veel facetten van industriële research kennis kunnen maken. Ik heb in een bijzonder plezierige sfeer bij U gewerkt, en ben U dank verschuldigd voor zeven geweldig fijne jaren in Twente.

Waarde collega Hessel van der Baan,

Sinds september ben jij emeritus hoogleraar van deze hogeschool. Ik heb je plaats ingenomen na gedurende ruim een half jaar door jou te zijn ingewijd in de kunsten van het hooglerarschap. Ik ben je bijzonder erkentelijk voor de wijze waarop je voor mij een aantal nieuwe wegen hebt "voorgebaand".

Waarde collegae in de Katalyse en de Procestechologie,

Voor de sympathieke wijze waarop ik in Uw midden en in de gelijknamige werkgemeenschappen van SON ben opgenomen ben ik U zeer erkentelijk. Samenwerking met U zal voor mij een onmisbare factor zijn voor het welslagen van onderzoek op het veelzijdige terrein van de katalytische processen.

Waarde collegae van de Afdeling der Scheikundige Technologie,

De collegialiteit die ik van elk van U ondervonden heb, waardeer ik bijzonder. Het geeft mij alle vertrouwen dat wij samen door de

branding van het heden de goede koers naar de toekomst zullen houden.

Dames en heren medewerkers van de vakgroep Chemische Technologie,

De overgang van industrie naar hogeschool is groot. De goede sfeer die heerst in de groep heeft mij niettemin snel thuis doen raken in Uw midden. Vernieuwingen kosten tijd en geld. Er is al veel veranderd in het afgelopen jaar, maar er wachten ook nog veel plannen op uitvoering. Ik ben er echter van overtuigd dat wij door gezamenlijke inspanningen gestage voortgang zullen boeken.

Dames en heren studenten,

U hebt uit mijn betoog kunnen destilleren dat U een goede toekomst wacht in een maatschappij die voor ons welzijn op alle terreinen vraagt naar andere en betere processen en produkten. Voor U moet dat een veel grotere uitdaging zijn dan de vraag naar meer en groter. Uw inzet en enthousiasme zijn een sleutel tot het welslagen van ons onderwijs en ons aller toekomst.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Ik dank U voor Uw aandacht.

Vormgeving en druk:
Stafgroep Reproductie en Fotografie
Technische Hogeschool Eindhoven