

Polymeren van....uit Nederland

Lemstra, P.J.

Gepubliceerd: 01/01/2011

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](#)

Citation for published version (APA):

Lemstra, P. J. (2011). Polymeren van....uit Nederland. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

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.

Afscheidscollege
prof.dr. Piet J. Lemstra
30 september 2011



/ Faculteit Scheikundige Technologie

TU **e**

Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Polymere van...uit Nederland

Where innovation starts

Afscheidscollege prof.dr. Piet J. Lemstra

Polymeren van...uit Nederland

Uitgesproken op 30 september 2011
aan de Technische Universiteit Eindhoven

Inleiding

Mijnheer de Rector Magnificus, Dames en Heren,

Met gerede schroom sta ik hier op het podium om een afscheidscollege te geven. Toen ik in 1985 begon bij de TH Eindhoven werd mij gevraagd om een intreedende te verzorgen. Het is me gelukt om die vraag 26 jaar tot het allerlaatste moment te ontwijken. Maar nu sta ik dan toch voor u, met mijn afscheidscollege.

Als decaan – en ik heb twee keer dat ambt mogen bekleden; een vlakke baan laat zich nauwelijks voorstellen – heb ik vele afscheidscolleges moeten bijwonen. Het kan aan mij liggen, maar ik kan mij eigenlijk de inhoud van geen enkele van deze voordrachten nog helder voor de geest halen. Deze zomer heb ik dankzij onze uitstekende digitale universiteitsbibliotheek vele afscheidscolleges kunnen herlezen en heb ik me laten inspireren door de tekst van oud-collega Metselaar¹. Ruud Metselaar deed aan technische keramiek en hij werd in 1995 mijn opvolger als decaan.

Ik neem de technische keramiek als voorbeeld om te laten zien hoe panelen in de loop der tijd kunnen gaan schuiven. In de jaren tachtig werd technische keramiek nog gezien als hét materiaal van de toekomst met als ultieme toepassing de energiezuinige keramische motor. Ruud Metselaar richtte samen met TNO aan de TU/e het Centrum voor Technische Keramiek op.

Er zijn veel essentiële, maar voor het oog soms onzichtbare toepassingen door technische keramiek tot stand gekomen. In motoren, turbines en in het menselijk lichaam. Maar qua volume is het nooit tot een doorbraak gekomen.

In de jaren tachtig en negentig werd mijn vakgebied, dat van de kunststoffen, de nieuwe hype en evenals Ruud Metselaar werd ik directeur van een instituut, het Dutch Polymer Institute (DPI).

¹ R. Metselaar, afscheidscollege TU/e 29 juni 2001 “Over Klei en Technische Keramiek”

Wat mag u van mijn verhaal verwachten? Ik zal u in vogelvlucht meenemen door de historie van het universitaire en het industriële onderzoek in mijn vakgebied. De pieken, maar zeker ook de dalen en het maatschappelijk perspectief. Ik wil ook graag wat persoonlijke observaties over mijn ervaringen met u delen. Voor u als gehoor blijft het natuurlijk afwachten of ik als *cruise missile* dan wel als *ongeleid projectiel* op mijn doel afga.

Plastics

Mijn vakgebied is dus de kunststoftechnologie. Wat zijn kunststoffen? Een simpele omschrijving luidt: plastics. Plastics staan nu bijna voor alles wat slecht is. Plastics zijn vervuilend, verstikkend, vernietigen het milieu en werken verloederend. Dat is niet alleen nu de opvatting, maar dat was ook al zo toen ik 26 jaar geleden hier begon. Mijn jongste dochter ging naar een keurige basisschool in Veldhoven en kwam thuis met een lied over mijn vakgebied. Ik wil ik u het volgende couplet niet onthouden:

*Plastic, plastic
Rot op met je plastic
De pot op met je plastic
Denk es even na waar al
Die plastic zoi tot leidt
Je raakt die vieze plastic rommel
Never nooit meer kwijt*

In de jaren zestig werd plastic gezien als het nieuwe wondermateriaal. Wie plastics zei, dacht aan *kleurig, modern en gemakkelijk in gebruik*. Het was de verbeelding van de maakbaarheid van de leef sfeer². Lichtgewicht onbreekbare plastics maakten het leven letterlijk een stuk lichter.

De traditionele natuurvezels wol en katoen werden vervangen door synthetische vezels zoals nylon, polyester en acryl. De film ‘The Graduate’ uit 1967 met Dustin Hoffman bevat een scène waarin de achttienjarige zoon des huizes het advies krijgt om toch vooral voor een carrière in de plastics te kiezen. Aan de Rijksuniversiteit Groningen waar ik chemie studeerde kwam een nieuwe leerstoel ‘Polymeerchemie’ om het gebied van plastics wetenschappelijk te schragen. De leerstoelhouder, mijn latere promotor Ger Challa, trok veel nieuwsgierige studenten.

² P. Hooghoff “Plastics in het huishouden: de kleurige draaglijkheid van het bestaan”, Europese Bibliotheek, Zaltbommel, 2001. ISBN 90 288 3548 2

Ik neem u nog wat verder mee terug in de historie. Plastics kwamen tot grote bloei na de Tweede Wereldoorlog, nadat chemici Fawcett en Gibson in de jaren dertig bij het concern ICI *per toeval* ontdekt hadden dat het gas etheen onder hoge druk en temperatuur overging in een wasachtige substantie.

Die substantie bleek bij nadere analyse polyethyleen te zijn.

Per toeval? Het bovenstaande is de romantische versie zoals het British Science Museum die presenteert. In werkelijkheid stonden de beide heren figuurlijk op de schouders van professor Teun Michels van de Universiteit van Amsterdam, leerling van de grote Van der Waals, die experimenteerde met het gedrag van gassen onder hoge druk. Dus niks *serendipity*! De zoon van Michels, collega hoogleraar polymeerfysica Thijs Michels, kan mijn verhaal bevestigen³.

In die dagen experimenteerde aan de andere kant van de oceaan de geniale Wallace Carothers bij Du Pont met kunstzijde. De export van zijde uit Japan naar de USA was stil komen te liggen in de jaren dertig. Carothers maakte een synthetische zijde die bekend werd als nylon. Nylonvezels, in de gelijknamige kousen, werden een enorm commercieel succes.

³ A.J.P. Maas "Atomisme en Individualisme: de Amsterdamse natuurkunde tussen 1877 en 1940", Uitgeverij Verloren Hilversum 2001. ISBN 90 6550 678 0

Plastic soep

Terug naar het heden, hoe staat het in onze dagen met het imago van plastics? Mijn schoondochter vroeg me laatst: “Is het eigenlijk wel veilig om jouw kleinzoon melk te laten drinken uit een polycarbonaat fles?”.

Ik kan daar, met 40 jaar ervaring in plastics, geen eenduidig antwoord op geven. De informatie over mogelijke gezondheidseffecten is verwarrend.

Het imagoprobleem voor plastics wordt er niet kleiner op nu een nieuw probleem letterlijk grote vormen dreigt aan te nemen. Dat van de ‘plastic islands’ ook wel aangeduid met ‘plastic soep’. Met het toenemen van de welvaart heeft zich in de loop der jaren in de oceanen plastic afval verzameld, in gigantische draaikolken (gyres) met de afmetingen van West-Europa.

Sommigen denken dat je op die eilanden kunt lopen, maar in werkelijkheid zijn de plastic deeltjes vaak onzichtbaar klein, gefragmenteerd door een combinatie van mechanische agitatie en ultraviolette straling.

De grote onheilsprofeet van deze ‘plastic islands’, Charles Moore, claimt dat de vervuiling tot 5 kg/km² kan oplopen. Kan die troep dan niet gewoon worden opgevist? Dat zal niet lukken, want vaak zijn de deeltjes te klein. Fijnmazige netten zouden ook de levende organismen wegvissen, resulterend in een dode zee. Dit vervuilingprobleem lijkt zo al ernstig genoeg. Maar het is in feite nog veel groter. Ik zal u dat uitleggen.

Zoals u weet worden plastics gemaakt uit olie. Veel van die zware olie wordt in havens als Rotterdam aangevoerd en daar dan gekraakt. De olie fragmenteert onder invloed van hoge temperatuur in allerlei bestanddelen zoals bitumen, diesel, benzine, en de zogenaamde *lichte fractie* zoals etheen en propeengas. En daar maken we dan plastics van.

We herinneren ons van een jaar geleden de grote olieramp in de Golf van Mexico. Als we de media mogen geloven, vallen de effecten achteraf nogal mee. De natuur is blijkbaar vergevingsgezind, want de in de oceaan aangetroffen bacterie *Alcanivorax*, doet zijn stinkende best om die vieze olie weg te werken. In het serieuze tijdschrift *Science* van augustus 2010 lezen we dat een groot deel van de olie

intussen is opgegeten. Alsof die bacterie zich bewust is van het gevaar van de vervuiling⁴.

Wanneer olie in zee blijkbaar zo gemakkelijk kan worden afgebroken, zal het dus ook wel meevallen met de milieuv vervuiling van die plastic soep?

Het antwoord is *nee!* De kunststofindustrie weet namelijk al jaren dat plastics afbreekbaar zijn onder invloed van de ultraviolette straling van zonlicht. Er is een hele industrietak ontstaan die additieven maakt om juist die afbraak tegen te gaan. Er is een reeks van additieven op de markt die zijn ontwikkeld om plastic producten een lang(er) leven te geven.

En het verhaal wordt nog erger. We kennen allemaal nog de onkruidbestrijdingsmiddelen als DDT (dichloor-diphenyl-trichloroethaan).

Tegenwoordig streng verboden, maar vroeger door de boeren uitbundig gebruikt. DDT is een zogenaamde POP, een *Persistent Organic Pollutant*.

De adder zit 'm in dat persistent. In de loop der jaren zijn die stoffen via sloten en rivieren terechtgekomen in de zee. Deze POP's mengen niet met water maar hechten zich graag aan plastic en u begrijpt het al: in de plastic deeltjes in de oceaansoep treffen we dus veel van die gevaarlijke POP's aan. En we weten dat kleine deeltjes ook in de voedselketen terecht komen.

Michael Braungart, hoogleraar Chemie in Duitsland, prominent lid van Greenpeace en liefhebber van de schijnwerpers, lanceerde de kreet 'Cradle-to-Cradle'. In de biologische kringloop dient afval als voedsel. Na het lezen van zijn boek⁵ durf je geen plastic meer aan te raken.

Na dit sombere verhaal zult u nu ongetwijfeld verwachten dat het onderwerp van degradatie en stabilisatie van plastics wel hoog op de onderzoeksagenda zal staan van de TU/e. Het antwoord is driewerf *nee*.

Ik durf te stellen dat de meeste collega's niet eens weten dat plastics additieven bevatten. Nog niet zo lang geleden ontdekte een vakbroeder (ik zal zijn naam niet noemen), een nieuwe (kristal)structuur van Polypropreen. Wij als collega's waren een beetje jaloers, want hij kreeg uitnodigingen voor *invited lectures* en publiceerde in toonaangevende tijdschriften. Later ontdekten we dat het geen nieuwe kristalstructuur was, maar een artefact. De waargenomen röntgenpatronen in Polypropreen waren afkomstig van de additieven.

⁴ Science 8 October 2010: Vol. 330 no. 6001 pp. 204-208

⁵ M. Braungart en W. McDonough "Cradle to Cradle: afval = voedsel", Search Knowledge, Heeswijk 2007, ISBN-13.978-0-86547-587-8

Plastic afval hoort natuurlijk niet in zee te worden gedumpt, maar het gebeurt nu eenmaal en zelfs op georganiseerde wijze! *“There is no technology to cure lack of human discipline.”*

Doen we dan helemaal geen onderzoek dat bijdraagt aan oplossingsroutes? Gelukkig wel, al betreft het maar een beperkte activiteit. In onze groep SKT houdt Pieter Gijsman zich als visiting deeltijdhoogleraar bezig met ‘stabilisatie en degradatie’ van plastics.

De belangstelling groeit voor het onderwerp *biocomposteerbare* plastics waarover straks meer. Maar voor alle duidelijkheid: biocomposteerbare plastics zijn *niet* de oplossing voor het ‘plastic soep’-probleem.

In zeewater degraderen ze niet of nauwelijks of zelfs in de verkeerde richting: ze vormen namelijk methaangas.

De toekomst van plastics

Zou de mensheid überhaupt zonder plastic kunnen? De harde cijfers wijzen helaas op een groeiende verslaving. Wereldwijd wordt ongeveer 250 miljoen ton plastics per jaar gebruikt en dat is zo'n 35 kg per hoofd van de bevolking! Het gebruik van plastics is nog beperkt in China (20 kg) en India (~ 7 kg) maar in de Westerse wereld en Japan gaat het om zo'n 150 kg/capita! Wanneer China en India aan het einde van deze eeuw het welvaartsniveau van West-Europa hebben bereikt, en dat is het streven, dan zal de wereldwijde consumptie toenemen tot meer dan 1000 miljoen ton per jaar.

We gebruiken nu 5% van de olieproductie om er plastics van te maken. Om die 1000 miljoen ton plastic te produceren, zou 25% van de olie moeten worden ingezet. Dat is een volstrekt onrealistisch scenario, afgezet tegen de eveneens groeiende energiebehoefte.

Er zijn al wel alternatieven voor olie voorhanden. Kolen en gas kunnen als basis dienen voor de petrochemie. Toen het Zuid-Afrikaanse apartheidsregime te maken kreeg met een olieboycot heeft energie- en chemieconcern Sasol aangetoond dat dit mogelijk was. Shell en BP volgden in Qatar.

Polymeren

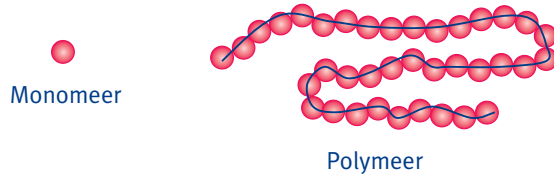
Voor ik kan ingaan op de toekomst van plastics moet ik u eerst uitleggen wat polymeren eigenlijk zijn. Dat is geen sinecure. De naam is ontleend aan het Grieks en betekent letterlijk ‘veeldeeltjes’. Om in een paar minuten het vakgebied van de Polymerchemie uit te leggen is feitelijk onmogelijk. Maar ik zal een poging wagen.

Moleculen zijn de bouwstenen van de materie. De polymeerchemicus gaat nu uit van bepaalde moleculen, de zogenaamde monomeren, en kan die aan elkaar rijgen tot lange, ketenvormige moleculen. Denk aan kralen in een ketting. De natuur weet al miljoenen jaren hoe dat werkt. Cellulose, zetmeel zijn aan elkaar gekoppelde suikermoleculen; glucose. Een nog indrukwekkender prestatie van de natuur is het geprogrammeerd aan elkaar rijgen van twintig verschillende typen aminozuren tot eiwitten. Iedereen kent DNA, de drager van onze erfelijke eigenschappen. Nu we toch praten over lange moleculen: stel u voor dat een koolstofatoom de dimensie heeft van een tennisbal, dan zou een DNA-molecuul om de evenaar kunnen worden gelegd.

Tot zo'n honderd jaar geleden was het principe van (bio)polymeren, in de zin van chemisch aan elkaar gekoppelde monomeren, niet bekend. Rond 1900 maakte Leo Baekeland in Gent per ongeluk het eerste synthetische polymeer. Uit de reactie van phenol en formaldehyde ontstond een zwarte kleverige stof, die later op de markt werd gebracht als Bakeliet. Baekeland heeft zijn hele leven nooit geweten dat hij een polymeer had gemaakt!

Het principe van een polymeermolecuul werd voor het eerst gepostuleerd door Staudinger in de jaren twintig, maar niemand geloofde hem. In de media werd hij belachelijk gemaakt "*Prof. Staudinger has found a zebra in Africa with a length of several hundred meters*"⁶. Pas in 1953 kreeg Staudinger de Nobelprijs, 30 jaar na zijn postulaat!

⁶ J.W. Nicholson, Etymology of Polymers, Education in Chemistry, mei 1991



Figuur 1

Van monomeer tot polymeer

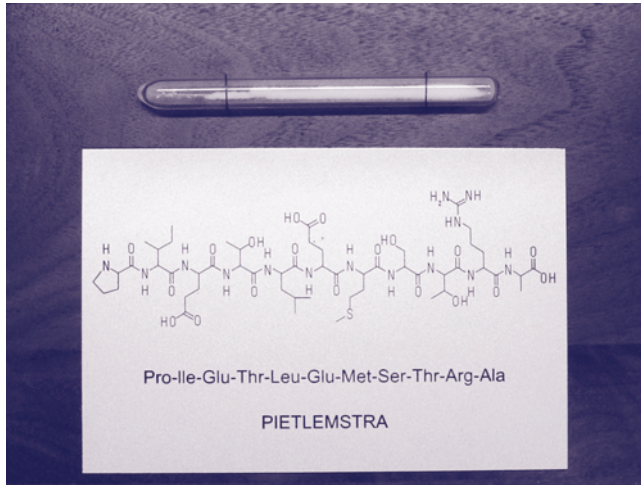
Figuur 2 toont de belangrijkste bio polymeren en synthetische polymeren. Het moge duidelijk zijn dat de natuur een meester-polymerchemicus is die de synthese van eiwitten, van DNA, van cellulose en van zetmeel regelt bij normale druk en temperatuur! Inmiddels kunnen we als chemici gelukkig synthetisch ook wel wat.

Nature	vs.	Man
Biopolymers <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cellulose ▪ DNA ▪ Starch ▪ Polypeptides ▪ Natural Rubber <p>20 building blocks (amino acids) > 10¹⁰ different proteins!!</p> <p>Full control polymerisation (at normal P and T)</p> <p>DNA up to 60.000 km length</p>		Synthetic Polymers (Plastics) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Commodities (PE, PP, PVC, PS) ▪ Engineering Plastics ▪ Speciality Polymers <p>Aprx. 20 building blocks (monomers) about. 100 (co)polymers</p> <p>We can still learn a lot!! (notably polymerisation catalysis)</p> <p><i>length scales (1 C-atom = size tennisball)</i></p> <p>PE up to 30 km length</p>

Figuur 2

Natuurlijke vs. synthetische polymeren

Op mijn 60^{ste} verjaardag kreeg ik van collega Bert Meijer als cadeau een wit poeder bestaande uit aminozuren dat (bijna) mijn naam vormde. Die twee A's (zie figuur 3) op het einde heb ik nooit begrepen.



Figuur 3

Polypeptide (Genscript Corporation)

Verskil tussen een polymeer en een plastic?

In figuur 2 kunnen we zien dat synthetische polymeren relatief eenvoudig van opbouw zijn. Het voordeel van dergelijke eenvoudige chemische structuren is dat ze thermisch robuust zijn en verhit kunnen worden tot een (viskeuze) vloeistof zonder thermisch te ontleden. Het natuurlijke polymeer hout (cellulose) moet ver-spanend worden bewerkt, maar synthetische polymeren kunnen worden verwerkt via de gesmolten toestand. Om deze vloe-eigenschappen en thermische stabiliteit nog te verbeteren, worden allerlei additieven aan het polymeer toegevoegd en dan ontstaat een plastic (compound):

Plastic = polymeer + additief

De bijna exponentiële groei van plastic producten in de vorige eeuw hebben we te danken aan de snelheid waarmee complexe vormdelen tot stand komen in combinatie met het geringe gewicht van het materiaal.

Wie een plastic product wil maken, moet plastic korreltjes opsmelten, ze door een gaatje (resultaat een vezel) of spleet (resultaat een film) persen, dan wel in een matrijs spuitgieten, het geheel laten afkoelen en klaar is het product.

Doelgebied plastics nu en toekomst






Ik heb u het afgelopen kwartier een beeld geschetst van verleden en heden, maar hoe staat het met de toekomst? Figuur 4 toont de diverse sectoren van plastics gekoppeld aan de toekomstverwachtingen.

Transport

De transportsector streeft naar gewichtsbesparing en dat geldt zowel voor auto's als voor vliegtuigen. Plastics zijn vaak niet stijf genoeg en worden daarom versterkt met vezels, waardoor composieten ontstaan. De nieuwe *Dreamliner* van Boeing bestaat voor de helft uit met koolstofvezel versterkt plastic. In het huidige nanotechnologietijdperk bestaat er veel belangstelling voor versterking van plastics met nanodeeltjes, vulstoffen met tenminste 1 dimensie in de orde van een paar nanometers, zoals carbon-nanotubes en nanoklei.

Vezels

Vroeger was de mensheid aangewezen op natuurlijke vezels zoals katoen en wol. De eerste kunstvezels dateren uit ongeveer het begin van de twintigste eeuw. Later kwam de hybride vorm op (kunstvezels gecombineerd met natuurvezels).

Area	Transport sector	Fibres	Films	Medical Technology	Electronics
					
	Weight reduction	Performance	Functional/smart packaging	Implants	ICT
2010	<ul style="list-style-type: none"> 30 km/liter car Composites (natural fibers) Recycling 	<ul style="list-style-type: none"> Ultimate Properties Composites 	<ul style="list-style-type: none"> Controlled barrier properties Food additives 	<ul style="list-style-type: none"> Tissue engineering Artificial skin Drug Carriers Improved artificial knee and hip joints 	<ul style="list-style-type: none"> All polymer displays Optical fibers (GRI)
>2010	<ul style="list-style-type: none"> 100 km/liter car Nano-composites Data transfer 	<ul style="list-style-type: none"> Wearable electronics Natural fibers 	<ul style="list-style-type: none"> Biodegradability Non-animal food ICT 	<ul style="list-style-type: none"> Artificial organs 	<ul style="list-style-type: none"> Plastic electronics Solar cells Plastic lasers

Figuur 4

Toekomst plastics

Nu wijst de trend naar volledig synthetische vezels, zoals microporeus biaxiaal verstrekt polytetrafluoroetheen, wat doorlatend is voor lichaamsvocht maar niet voor (regen)water van buiten. Ook de zogenaamde 'high-performance' versterkende vezels zoals de reeds genoemde koolstofvezel nemen in belang toe. Bekend zijn ook de aramide vezels en de sterkste vezel ter wereld (wanneer rekening wordt gehouden met het gewicht): polyethyleen. Hierover straks meer.

Verpakking

Circa veertig procent van alle plastic toepassingen betreft verpakkingen. Verpakkingen mogen low-tech lijken, maar zijn dat beslist niet. Het heeft ongeveer twintig jaar geduurd voor men een petfles had ontwikkeld die op 'eigen benen kon staan'. Slimme verpakking steunt op wetenschappelijke kennis over de diffusie van gassen. Een plastic verpakking moet in het algemeen zuurstof buitensluiten en CO₂ binnenhouden. Maar met die balans kunnen we spelen om versheid en houdbaarheid van voedsel te regelen. Bij verpakking zullen de reeds genoemde biocomposteerbare plastics een grote rol spelen. Ik kom daar zo dadelijk wat uitgebreider op terug.

Polymeren aan en in het lichaam

Polymeren aan en in het menselijk lichaam spreken meer tot de verbeelding dan verpakkingen. De zachte contactlens, aan te brengen op het oog, was in de vorige eeuw een wetenschappelijke doorbraak. Wat betreft het inbrengen van polymeren *in* het menselijk lichaam bestaat er een zekere terughoudendheid bij plasticproducerende bedrijven. De problemen veroorzaakt door het inbrengen van siliconen bij vrouwen met, laat ik het maar noemen *Dolly Parton-ambities*, staan nog vers op het netvlies. Het ambitieniveau van onderzoekers ligt echter zeer hoog en toepassing van polymeren in het *Health-domein*, in de vorm van plastic kunstspieren⁷, tissue engineering en kunst huid, spreekt ook jonge mensen aan. Intellectueel gezien kunnen we met dit thema nog wel honderden jaren vooruit.

Plastic electronica

Het gebruik van plastics in de elektronica is al langer bekend. Toen een jaar of dertig geleden (beeld-) en geluidsdragers als de compact disc en later de dvd doorbraken, associeerden veel mensen de schijfjes met metaal. Maar het ging natuurlijk om kunststof. Van meer recente datum dateert het onderzoek naar speciale polymeren die licht uitstralen onder invloed van een aangelegde spanning, de zogenaamde poly-led's, met als beoogde toepassing flexibele displays en plastic zonnecellen.

⁷ Nature Materials juni 2011

Biobased economy en bioplastics

Ik kondigde al aan dat ik wat uitgebreider zou ingaan op bioplastics. Een recente maatschappelijke trend is het denken over een ‘biobased economy’ die niet langer gebaseerd is op olie. Ik sprak al over de plastics uit gas in Qatar. Wereldwijd zijn onderzoekers en ondernemers bezig met bioplastics, op basis van natuurlijke grondstoffen. Helaas moeten we constateren dat er veel kaf onder het ideologische koren zit en dat kan leiden tot verwarring en misleiding van de consument.

Bioplastics zijn in opkomst, al is hun volume nog gering. In totaal gaat het om minder dan één procent van de totale markt. Maar dat kan veranderen wanneer de overheid bijvoorbeeld door wetgeving niet afbreekbare plastic supermarktzakken zou verbieden.

Het zal u niet verbazen dat de grote plasticproducenten naar een groener imago streven. In hun productportfolio treffen we steeds vaker op basis van biomassa geproduceerde plastics aan.

Brazilië geldt min of meer als gidsland voor de nieuwe groene chemie en ook mijn zoon probeert in dat land samen met de firma Rodenburg uit het Brabantse Oosterhout een business op te bouwen op het gebied van bioplastics. Ook ons eigen land doet het niet slecht als innovator in deze tak.

Een bedrijf als Purac brengt monomeren op de markt voor het biocomposteerbare polymelkzuur (PLA). Synbra levert groen PLA-schuim. Avantium maakt een nieuwe type polyester gebaseerd op Furan vanuit biomassa. En Rodenburg en Avebe produceren een thermoplastisch zetmeel.

Wanneer we maar lang genoeg wachten, zijn alle plastics in principe *bio-degradable*. Maar het kan heel erg lang duren en daar ligt de oorzaak voor het ontstaan van het verschijnsel van de ‘plastic soep’.

Wat er schuil gaat achter het label bioplastics is niet altijd helder.

Er wordt door de industrie soms bewust verwarring gecreëerd om de consument te misleiden met zogenaamde groene en bio-afbreekbare plastics.

Zo produceert het bedrijf Braskem in Brazilië polyethyleen (PE) gemaakt van etheen dat weer gemaakt wordt uit (bio)ethanol dat weer gebaseerd is op suikerriet. Mogen we dat eindproduct PE nu groen labelen? Het is weliswaar biobased,

maar het blijft gewoon polyethyleen dat dus kan eindigen in de gevreesde plastic soep.

Om de verwarring in kaart te brengen onderscheiden we vier klassen, die in onderstaande tabel zijn opgenomen.

	Biobased (Biomassa)	Petro-based (Olie)
Biocomposteerbaar	Zetmeel (TPS)	Alifatisch/aromatische copolyesters (PBAT), Ecoflex® van BASF
	Bacterieel Polyester (PHB)	
	Polymelkzuur (PLA)	Polybutyleensuccinaat (PBS)
		Polycaprolacton (PCL)
Niet-biocomposteerbaar	Nylon11 (Arkema)	Polyethyleen
	Nylon4,10 (DSM)	Polypropyleen
	PTT (Du Pont)	Polystyreen
	Polyethyleen uit ethanol (Braskem)	Polyvinylchloride
		Nylons
		Polyesters (PET en PBT)

Rechts onder staan de bekende ‘klassieke’ plastics, gebaseerd op olie.

Links onder zijn de plastics opgenomen die ten dele of geheel op biomassa zijn gebaseerd. In de vakken *linksboven* en *rechtsboven* worden de zogenaamde biocomposteerbare plastics op een rijtje gezet. Dat zijn plastics die in een industriële composthoop binnen een bepaalde tijdspanne overgaan in CO₂ en H₂O en dan geen naargeestige reststoffen achterlaten.

Maar nu komt de verwarring. Er bestaan maar drie plastics (TPS, PHA, PLA) die én biocomposteerbaar én op biomassa zijn gebaseerd. Er zijn ook drie plastics in de markt (PBS, PCL en PBAT) die weliswaar biocomposteerbaar zijn, maar gebaseerd op olie. Ook deze worden verkocht als biodegradeerbaar en ‘groen’.

Het wordt de politiek, laat staan de consument, bijzonder moeilijk gemaakt om onderscheid te maken tussen dat overaanbod aan bioplastics die worden aangeprezen als ‘groen’ met als claim dat ze een ‘reduced carbon footprint’ hebben.

De schimmigheid wordt nog vergroot door handige zakenlui die additieven in de markt zetten (zogenaamde masterbatches die vaak zware metalen bevatten) met de claim dat hiermee de klassieke oliegebaseerde plastics volledig afgebroken kunnen worden tot moleculaire brokstukken, die weer worden verteerd door micro-organismen in de natuur.

Er bestaan wetenschappers die dit concept volstrekt niet geloven en er bestaan (betaalde) wetenschappers die in publicaties deze zogenaamde 'oxo-degradable plastics' aanprijzen als de ultieme oplossing voor de milieuproblematiek.

Evenmin als voor het probleem van de 'plastic soep' geldt ook hier dat er nog geen oplossing voorhanden is. Onderzoekers hebben dus nog veel werk te doen inzake bioplastics. Opstartproblemen waren er ook in de begintijd van de plastics. Er was jaren onderzoek nodig voordat de stap van lab naar fabriek gemaakt kon worden. Wat onze eigen universiteit betreft: we waren met collega's Cor Koning, Denka Hristova, Bart Noordover en Rob Duchateau aardig op weg om een expertise-centrum bioplastics op te bouwen. Cor Koning gaat echter terug naar DSM, Duchateau naar Sabic, PLEM met emeritaat en de faculteit ST moet zwaar bezuinigen, dus?

Polyethyleen

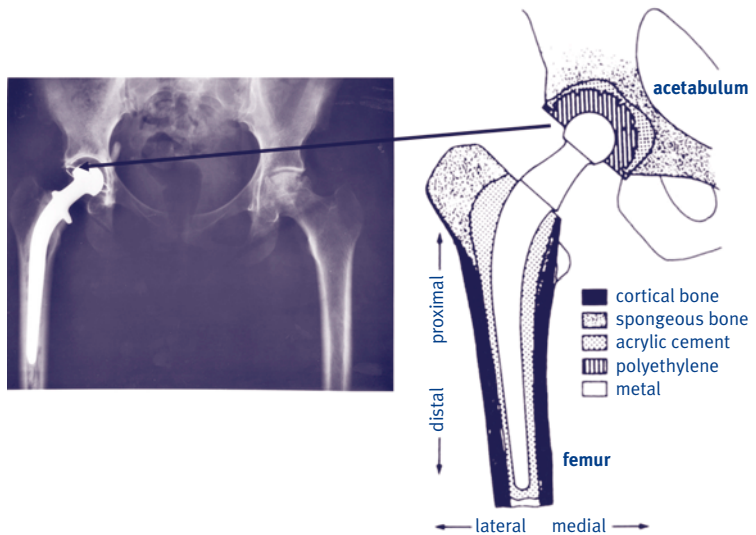
Ik wil het bioplastic nu laten voor wat het is en wat vertellen over het onderwerp waaraan ik zo'n veertig jaar van mijn leven heb besteed. Polyethyleen (PE). Het bestaat uit chemisch aan elkaar geschakelde koolstofatomen en is daarmee een eenvoudig polymeer. Hoe kan dit eenvoudige polymeer nu interessant zijn en aanleiding zijn voor een stapel proefschriften? Als ik dan ook nog vertel dat we uitsluitend geïnteresseerd waren in één type PE, het zogenaamde ultra-hoog moleculair gewicht PE (UHMW-PE), dan is uw conclusie ongetwijfeld "wat zit ik hier te luisteren naar een simpele geest".

UHMW-PE bestaat ruwweg gemiddeld uit zo'n honderdduizend aan elkaar geschakelde koolstofatomen en dat zijn er een heleboel. De industrie produceert het in poedervorm en het kan niet op een normale manier, zoals middels spuitgieten, worden verwerkt. Je kunt UHMW-PE opsmelten tot een vloeistof, maar die vloeistof is extreem viskeus en is niet meer door een gaatje te persen. In de praktijk wordt dit poeder dagenlang geperst in een matrijs op hoge temperatuur in de hoop dat die lange moleculen in elkaar gaan kruipen. Dat noemen we diffusie en het resultaat is een spaghetti-achtige massa waarbij de lange moleculen met elkaar verstrengeld zijn. Bij afkoelen ontstaat dan een vast PE dat je vervolgens verspanend kunt bewerken (net als hout) of schilferen tot een film (net als fineer).

UHMW-PE is het meest slijtvaste materiaal op aarde. Dat kan een leek begrijpen: een verzameling zeer lange moleculen die ook nog met elkaar zijn verstrengeld, trek je zo maar niet uit elkaar. Het materiaal wordt toegepast op het glijgedeelte van ski's, maar ook als zacht en slijtvast materiaal in een kunstheup, tussen de heupkom en de stalen pen. Zie figuur 5.

In 1979 bij DSM kwamen we er al achter dat de samenhang tussen die lange moleculen te verbreken was en dat van het ultra-slijtvaste UHMW-PE een ultra-ductiel materiaal te maken viel. Een eenvoudige methode bleek simpelweg het PE op te lossen in een geschikt oplosmiddel. De moleculen gaan uit elkaar en ontwarren. Wanneer het oplosmiddel weer wordt verdampt, dan komen de moleculen weer bij elkaar maar verstrengelen zich dan niet direct met elkaar.

Dit ontstregelde UHMW-PE bleek heel gemakkelijk te deformeren waarbij de lange moleculen naast elkaar kwamen te liggen.



Figuur 5

Röntgenfoto rechterheup implantatie (links in foto); de UHMW-PE cup is niet zichtbaar (transparant voor Röntgen-straling); bron Wikipedia

Deborah en Dyneema

Nu komt de factor tijdschaal in beeld. Aanleiding voor mij om u even wat Bijbel-onderricht te geven. In de Statenbijbel zingt een zekere Deborah het lied “De bergen vervloten voor de Heer”. De moderne Bijbelvertalers hebben dat woord niet goed begrepen. Hoe kan een berg nu vervloten = vervloeien? Dus maakten ze er in vertaling van: “de bergen wankelden”. Dat kenden ze van aardbevingen. Maar voor God duurt de experimenteertijd van – oneindig tot + oneindig en in die tijdspanne komen de bergen op en vergaan ook weer. Voor God is dus alles in wezen een vloeistof. In het vakgebied van de stromingsleer of rheologie is er een belangrijk getal naar Deborah genoemd. Dit Deborah getal is de verhouding tussen de interne beweeglijkheid van mijn systeem, aangeduid met de relaxatietijd λ , en de tijd die ik neem voor mijn experiment: Δt .

$$D_e = \lambda / \Delta t$$

Wanneer ik die lange UHMW-PE moleculen naast elkaar heb gelegd en er langzaam aan verder trek dan glijden ze langs elkaar. Maar bij een snelle belasting zijn de moleculen te traag om snel te reageren en reageert het materiaal als één-dimensionaal diamant met een ongekend hoge sterkte en stijfheid.

Daarmee zijn we aangeland in de wereld van de *high performance* vezels en bij het polyethyleen UHMW-PE, beter bekend als Dyneema[®] van DSM dat bij kamertemperatuur geldt als de sterkste vezel ter wereld (op gewichtsbasis).

Het ontstrengelen van die lange UHMW-PE moleculen is nu ook mogelijk via directe polymerisatie in de reactor. De crux van het verhaal is echter het vastleggen van de ontwarde toestand en dat gaat via kristallisatie, een vakgebied dat we hebben mogen leren van wijlen mijn supervisor prof. A. Keller (Bristol). Ik ben blij dat ik die hele ontwikkeling heb mogen meemaken, zeker nu ik weet dat mijn oud-promovendus Yvonne Engelen nu als R&D-directeur werkt bij DSM-Dyneema en mijn oud-medewerker Sanjay Rastogi bij Teijin in Arnhem werkt aan een nieuwe route voor de PE-vezel. Zij beiden sturen een team van zeer enthousiaste mensen aan waarvan velen uit onze eigen SKT-stal.

Onderwijs

Ik was nauwelijks twintig jaar toen ik als leraar scheikunde op het Fivelcollege in Delfzijl voor de klas stond. Als promovendus koos ik er net als veel collega's voor om parttimeleraar te worden. Dan hoefde je niet in dienst. Van 1973 tot 1975 was ik leraar aan het Ichtus college in Drachten en dat ik daar niet ben gebleven heb ik te danken aan mijn promotor prof. G. Challa die een beurs voor mij had geregeld als post-doc bij de universiteit van Bristol. Ger, mijn grote dank! Of dat leraarschap mij heeft voorbereid op mijn latere functie als hoogleraar weet ik niet. Gelukkig was Peter Koets altijd bereid om mijn colleges over te nemen wanneer ik daar geen zin in had en hij bleef dat doen met enthousiasme. Peter mijn dank!

Het probleem met onderwijs is dat de student steeds minder geïnteresseerd lijkt te zijn en ook minder bereid tot (zelf)studie. Toen ik in 1973 als leraar in Drachten begon werd ik al gewaarschuwd: "Piet waar begin je aan, de leerlingen zijn niet meer te motiveren." Bij een reünie in de jaren negentig hoorde ik van mijn oud-collega's die leraar waren gebleven: "Toen jij begon was alles nog prima maar nu is het een grote puinhoop!" Hebben we te maken met een continu afglijdende schaal? Was vroeger alles beter? Volgens de annalen van de universiteit van Cambridge, nu de absolute topuniversiteit in Europa, zaten in de begintijd de studenten vaak dronken in de collegebanken en kregen de hoogleraren een pak slaag als ze te moeilijk lesgaven.

Is het in het buitenland dan beter? Ik heb als gasthoogleraar college gegeven aan de KU Leuven en aan Indiase en Chinese universiteiten. In het buitenland is de afstand tussen hoogleraar en student veel groter. Dan geef ik toch de voorkeur aan de Nederlandse studenten die interactief en assertief zijn en reageren op prikkels van de docent tijdens colleges.

College geven heb ik aan onze faculteit altijd als prettig ervaren, maar het bijbehorende tentamen trof me daarna meestal als een mokerslag.

Meer dan vijftig procent onvoldoende was de standaard en antwoorden waren vaak nauwelijks leesbaar of op de gok neergepend.

We hebben als universiteit te maken met een sterke druk om het rendement op te krikken en het langstuderen uit te bannen. Ironisch is wel dat dit ons wordt

opgelegd door een kabinet waarvan een aanzienlijk deel nooit een academische studie met succes wist af te ronden. En sommigen die dat wel lukte, namen daar dan weer zeer ruim de tijd voor, nietwaar heren Rutte en Verhagen.

Als gasthoogleraar aan een niet bij name te noemen Chinese topuniversiteit gaf ik aanvankelijk, zoals ik gewend was, cijfers op een schaal van 0-10, dus typisch tussen de 5 en 9. Dat was een groot probleem! Want de ouders en de politiek verwachtten van een topuniversiteit ook topprestaties en dus werd er standaard niet beneden de 9 becijferd. De oplossing: op hun schaal tussen 0 en 100 werd er nooit een cijfer onder de 90 toegekend!

Staat u mij toe aan de faculteit nog een suggestie aan de hand te doen om het tentamenrendement hoger te krijgen. Ik constateer dat we te weinig studenten trekken, effectief een veertigtal per jaar in de bachelorfase en een vergelijkbaar aantal in de masterfase. We hebben nu een vaste staf van ongeveer zestig leden. Een sommetje leert dat de onderwijsbelasting gemiddeld dus erg laag is. Mijn advies luidt om de schriftelijke tentamens te vervangen door uitsluitend mondelinge. Ik hoor de kritiek al: “dat kost mij vele uren en dat gaat ten koste van mijn onderzoek.” Maar je kunt mondelinge tentamens afnemen in groepjes van drie tot vijf studenten. Een docent merkt direct wie het wel en wie het niet heeft gesnapt. Ik heb ervaring met het afnemen van mondelinge tentamens in de masterfase en dat heeft vele voordelen. Je leert de student (beter) kennen, niemand waagt het meer om onvoorbereid op tentamen te komen en als een student iets niet snapt leg je het nog een keer uit en laat hem eventueel terugkomen. Het rendement is dan gegarandeerd honderd procent!

Industrie en Academia

In mijn inleiding beloofde ik u wat persoonlijke observaties en mijmeringen gebaseerd op mijn ervaringen opgedaan in mijn loopbaan in de industrie en aan de universiteit.

Toen ik in 1985 aankondigde bij DSM dat ik wilde overstappen naar de TH Eindhoven, viel die boodschap in slechte aarde. De toenmalige directeur R&D Dick Venderbos was een ambitieus man die het lab qua personeelsbezetting wilde verdubbelen. Daar had hij zijn bijnaam *Spenderbos* aan te danken. Mijn vertrek was dus een slecht signaal. In een persoonlijk onderhoud probeerde hij mij te overreden om te blijven en hij zette daarbij een troefkaart in: “misschien kun je ooit mij opvolgen.”

Dat was de juiste toonzetting! Ik rilde bij de gedachte dat ik in het bronsgroen eikenhout ooit baas zou moeten worden van een verzameling medewerkers van wie er velen in gedachten vaker bij hun fanfare of schutterij verwijden dan bij DSM.

In Eindhoven werd ik de eerste tijd met rust gelaten, want ik had alle energie en tijd nodig om een laboratorium op te bouwen. Geld was er niet.

Gelukkig had ook mijn vriend en DSM-collega Han Meijer de overstap gemaakt als deeltijdhoogleraar. Hij had als werktuigbouwkundige oog voor detail en techniek. Om aan geld te komen, richtten we de stichting ‘Polymer Blends’ op waarin bedrijven geld konden storten voor fundamenteel onderzoek. Een van de promovendi van het eerste uur, Laurent Nelissen, ontpopte zich alras als een financieel genie.

Eind jaren tachtig kreeg ik van de toenmalige directeur beheer van de faculteit te horen dat een hoogleraar drie taken had: onderzoek, onderwijs en bestuur. En op de faculteit had ik op bestuurlijk gebied nog niets verricht.

Ik werd vicedecaan en ik moet bekennen dat dit weinig voorstelde.

Het echte werk werd gedaan door decaan Buck die gesteund werd door zijn rechter- en linkerhand, in de persoon van de directeur beheer. Ik vond dit prima, want ik had geen zin om mij als vicedecaan te profileren en al helemaal geen ambitie om ooit zelf decaan te worden. Maar ik werd ingehaald door de geschiedenis die zich in het voorjaar van 1990 ontvouwde. Iedereen kent de gebeurtenissen die later bekend zouden worden als de ‘affaire Buck’. Toen Buck het veld had geruimd,

werd mij als vicedecaan gevraagd om met een interne commissie de affaire te onderzoeken. Tevens werd ik tot decaan gebombardeerd. Mogelijk publiceer ik nog eens een boek over deze zwarte bladzijde uit de geschiedenis van de instelling.

Ik was dus plotseling decaan geworden van een verziekte faculteit. In 1995 besloot ik af te treden maar werd alras wederom tegen wil en dank bestuurder, nu van het Dutch Polymer Institute.

Dutch Polymer Institute

In het begin van mijn rede vertelde ik u al over de grote verwachtingen die in Nederland hingen rond het gebied van de polymeren en de plastics. Nederland was niet alleen vestigingsplaats voor de productiefaciliteiten van grote concerns, maar ook voor de R&D-hoofdkwartieren. Akzo Nobel was leidend in vezels en coatings, Shell was groot in polypropreen en epoxies, GE Plastics in Bergen op Zoom zette de toon voor technische kunststoffen, Dow in Terneuzen deed dat voor bulkplastics en DSM in het zuiden maakte alles. Qua innovaties was Nederland 'second-to-none'. De industrie maakte zich grote zorgen over haar toekomstige *workforce*. Slechts vier universiteiten boden polymeerprogramma's en ze leverden mondjesmaat ingenieurs en gepromoveerde polymeerchemici af. Terwijl de grote laboratoria toentertijd werk boden aan drieduizend hoger opgeleiden.

Op instigatie van minister Wijers van EZ werd de industrie uitgedaagd te opteren voor een zogenaamd Technologisch Top Instituut onder het motto: "industrie verenigt u in een consortium, stop geld in de pot, EZ gaat dat verdubbelen en ook de participerende universiteiten doen voor 25% *in kind* mee." Samen met prof. Leen Struik, toentertijd directeur basisonderzoek van DSM, schreef ik een plan voor het Dutch Polymer Institute (DPI) dat in 1997 werd goedgekeurd. Er werd naarstig gezocht naar een directeur met reputatie maar die bleek onvindbaar. Niemand had zin om een instituut te gaan leiden dat het interface zou moeten worden tussen universiteit en de industrie. Toen sprak Jan Zuidam, lid van de Raad van Bestuur van DSM: "Bij gebrek aan beter moet jij maar directeur worden." En zo geschiedde.

In de periode tussen 1997 en 2000 werkten we vanuit een holistische benadering van onderzoek en dat liep goed. De participerende bedrijven waren veelal concurrenten in de markt en daarom werden generieke en lange termijn doelen ondergebracht in het DPI. Mijn droom was 'Eindhoven Polymer Town'. Dat was een figuurlijk gebouw met als pijlers TNO (dat inclusief het Kunststoffen & Rubber Instituut van Delft naar Eindhoven verhuisde), de collega's van de *Eindhoven Polymer Laboratories* en de stichting Kunststoffenhuis als eerstelijns-opvang voor mkb'ers.

Om de interactie tussen industriële en universitaire onderzoekers te bevorderen begon ik met de benoeming van industriële onderzoekers op parttimebasis, de zogenaamde DPI-fellows. Collega Dick Broer van Philips was de eerste en werd een groot succes. Hij bouwde bij de TU/e samen met Cees Bastiaansen een eigen groep op en werd bij Philips vicepresident research. Doetze Sikkema was de tweede DPI-fellow maar werd geconfronteerd met het feit dat zijn werkgever AKZO Nobel het corporate lab sloot.

In 2000 gingen er meer panelen schuiven in de petrochemische industrie. Shell trok zich volledig terug uit de chemie, GE Plastics startte een corporate R&D-centrum in Bangalore, India, en als klap op de vuurpijl verkocht DSM haar bulk-plastics aan Sabic. Het kan verkeren: bij de officiële opening van DPI in april 1998 had de CEO nog verkondigd dat “DSM met hulp van DPI nummer 1 zou worden op het gebied van plastics in Europa”!

U kunt zich voorstellen dat de frustraties onder industriële onderzoekers groot waren. Diverse industriële projecten sneuvelden, zoals het Carilon[®]-project bij Shell en projecten rond nieuwe vezels als M-5 en Bocell bij Akzo Nobel. De lange termijn corporate research verdween langzaam maar zeker. De titel van mijn rede “Polymeren van....uit Nederland” is geboren in die tijd. Door die schuivende panelen kwam het gehele concept van publiek-private samenwerking op de helling te staan. Industriële research richtte zich hoe langer hoe meer op kortetermijn-projecten en het snelle succes. Die tijdschaal past niet bij een universiteiten waar een promotieonderzoek vier tot vijf jaar duurt.

Om DPI te herstructureren en aan te passen op de nieuwe situatie werd prof. Leen Struik, toegevoegd aan DPI als Managing Director en ik heb met hem tot aan zijn pensionering nog goed samengewerkt, daarna was voor mij de maat ook vol in 2004.

Ik kom nog vaak oud-promovendi en afstudeerders tegen en ik heb honderden jongelui werkzaam in de industrie via cursussen om- en bijgeschoold. Ik kan niet zeggen dat ze ongelukkig zijn, maar: dieren die in een dierentuin zijn geboren, lijken ook gelukkig. Ze weten niet beter. Roland Plasterk, toen nog hoogleraar aan de Universiteit Utrecht, wijdde een paar jaar geleden een van zijn columns in het programma Buitenhof aan de verdwenen spirit in de corporate R&D in Nederland. Plasterk zei: “Als ik op vrijdagmiddag na 4 uur een R&D-lab van een groot bedrijf probeer te bereiken, dan is er niemand meer terwijl mijn promovendi in het weekend gewoon doorwerken. Waarom zou ik die gemotiveerde jongelui nog opleiden om straks bij Unilever een krul te mogen leggen in spaghetti tussen 9 en 4?”

Toekomst

Het lijken sombere tijden en ik heb zeer te doen met jonge mensen die een toekomst moeten opbouwen. In het jaar 2000 werd de Lissabon-agenda gelanceerd en de afspraak was dat Europa in 2011 de meest competitieve economie in de wereld zou worden waarbij alle lidstaten drie procent van het BNP aan R&D zouden besteden. Dit is een grandioze mislukking geworden. In ons land ging Balkende als voorzitter van het Innovatieplatform roemloos ten onder, maar of we alleen hem daarvan de schuld moeten geven?

Anno 2011 worden we geconfronteerd met forse overheidbezuinigingen. Minister Verhagen lanceerde het plan voor de topsectoren en vroeg een groot aantal gelouterde veteranen om deze sectoren te gaan trekken. Het past mij niet om het effect van deze geweldige plannen te betwijfelen, want een belangrijk man van de topsector chemie, dr. Bert-Jan Lommerts, zit in de zaal en zal mij mogelijk vandaag nog toespreken. Laat mij dus voorlopig maar opmerken dat we in Nederland geen kenniseconomie maar een kennis**en**economie hebben opgebouwd.

Is het dan allemaal kommer en kwel? Zo mag een emeritus zijn verhaal toch niet eindigen? Gelukkig groeien en bloeien er in het moerassige Europa nog bloemen zoals de regio München, de regio Cambridge en de regio Eindhoven. Eindhoven is zoals we weten recent uitgeroepen tot de intelligentste regio in de wereld. Als dat geen hoop geeft!

Wat betreft de chemie ontwikkelt zich in Zuid-Limburg de *chemiehub* van Europa: Chemelot. De grote spelers zijn DSM en Sabic maar intussen hebben zich tal van andere grote en kleinere bedrijven gevestigd op de campus van Chemelot. Aan de universiteit van Maastricht bestaan grootse plannen voor programma's op het gebied van *bio-based materials* met als partners op de achtergrond de RWTH, Hasselt en de Hogeschool Zuyd. Als bestuur van ST hebben we geconcludeerd dat we niet achter kunnen blijven en mee moeten doen, essentieel voor onze meer toegepaste richtingen zoals Proces- en Polymeertechnologie en volledig passend binnen Brainport 2020.

Ten slotte

Ik kom aan het einde van mijn verhaal. Ik wil graag iedereen aan de TU/e die mij en mijn groep heeft geholpen hartelijk bedanken. Ik beseft wat voor goede tijden ik heb meegemaakt. Onze SKT-groep reisde over de hele wereld, er was altijd genoeg geld. Goede tijden worden nu gevolgd door slechte. In slechte tijden hielpen wij de industrie via de zogenaamde Kenniswerkers regeling. Nu mag de industrie wel wat terug doen in de vorm van 'endowed' chairs willen we ons EPL in stand houden, want ik ben niet de enige die vertrekt.

Ik heb het decanaat overgedragen aan mijn collega Jaap Schouten en die heeft heel wat op zijn bordje gekregen. Hij is jong, een zeer succesvol onderzoeker met vele nationale en internationale prijzen en hij mag zich straks samen met onze directeur bedrijfsvoering, Laurent Nelissen, het hoofd breken over de opgelegde miljoenenbezuinigingen.

Op het bestuur rust ook nog de schone, maar gezien de vergrijzing in Zuid-Nederland schier onmogelijke taak om het aantal eerstejaars scheikunde te verhogen tot meer dan honderd. Ons land telt negen faculteiten chemie en chemische technologie die samen nauwelijks vierhonderd nieuwe studenten trekken. Noem mij een mooier vakgebied dan de chemie! Je wordt kennisdrager en dat je leven lang. Ligt het aan de politiek en industrie in Nederland? De universiteit van Dortmund, 150 km naar het Oosten, telt meer dan 1000 eerstejaars chemie. Waarom roept Angela Merkel: "wir brauchen junge Chemiker" en zouden wij moeten berusten in een 'sunset industry'?

Ik heb bijna gezegd. Maar niet voordat ik nog twee personen speciaal wil bedanken. In de eerste plaats Laurent Nelissen, mijn eerste promovendus. We hebben bijna een kwart eeuw samengewerkt en ongelooflijk veel meegemaakt. Jij hebt van PTG Eindhoven B.V. een succes gemaakt. Ik heb zelden iemand gezien die zo goed en soepel met mensen kan omgaan en problemen kan oplossen met humor. Een tweede woord van dank voor mijn onvolprezen secretaresse Elly Langstadt, met wie ik ook vijfentwintig jaar heb gewerkt. Ik zou een boek over onze gezamenlijke avonturen kunnen schrijven. Ach, wat is 25 jaar. Morgen is het 1 oktober en ben ik veertig jaar getrouwd. Straks bij de receptie kunt u mijn vrouw

vragen hoe ze dat heeft volgehouden. En als u mij straks vraagt, wat ik ga doen, zal ik antwoorden: “heel veel”. Geïnspireerd door het gedicht van Dylan Thomas wiens huis in Wales we deze zomer bezochten.

**Do not go gentle into that good night,
Old age should burn and rage at close of day;
Rage, rage against the dying of the light.**

Ik heb gezegd.

Curriculum vitae

Prof.dr. Piet J. Lemstra (PLEM) is sinds 1 september 1985 voltijdhoogleraar Kunststoftechnologie bij de faculteit Scheikundige Technologie van de Technische Universiteit Eindhoven.

Piet J. Lemstra (1946) studeerde scheikunde aan de RUG en promoveerde in 1975 met als promotor prof. G. Challa. In 1975/76 was hij post-doctoraal fellow aan de universiteit van Bristol (UK) met als supervisor wijlen prof. A. Keller. Eind 1976 trad hij in dienst bij DSM en deed daar exploratief onderzoek aan polymeren. Hij stond naast Paul Smith (nu ETH-Zürich) aan de wieg van Dyneema[®], de supersterke polyethyleen vezel van DSM. In 1985 werd hij benoemd als voltijdhoogleraar Kunststoftechnologie aan de toenmalige TH Eindhoven, nu TU Eindhoven. PLEM was decaan van 1990-1995 en van 2008-2011. In 2007 was hij samen met prof. Leen Struik (v.h. DSM) de grondlegger van het Dutch Polymer Institute (DPI) en was er de eerste directeur van 1998-2004. In 2004 richtte hij samen met Laurent Nelissen het bedrijf Polymer Technology Group Eindhoven BV op om de samenwerking met het MKB te bevorderen. PLEM was gasthoogleraar bij de universiteiten van Leuven (België), Jiao Tong in Shanghai (China) en CUSAT (Kerela, India).

Colofon

Productie
Communicatie Expertise
Centrum TU/e
J.G.M.H. Huiskamp, TU/e

Fotografie cover
Rob Stork, Eindhoven

Ontwerp
Grefo Prepress,
Sint-Oedenrode

Druk
Drukkerij Snep, Eindhoven

ISBN 978-90-386-2820-2
NUR 950

Digitale versie:
www.tue.nl/bib/

Bezoekadres

Den Dolech 2
5612 AZ Eindhoven

Postadres

Postbus 513
5600 MB Eindhoven

Tel. (040) 247 91 11
www.tue.nl



Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology