

Ad astra

Citation for published version (APA):

Sikkema, D. (2000). *Ad astra*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/2000

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the 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.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Ad Astra

Intreerede

prof.dr. D.J. Sikkema

Intreerede

Uitgesproken op 22 september 2000
aan de Technische Universiteit Eindhoven

prof.dr. D.J. Sikkema

**Mijnheer de Rector Magnificus,
Dames en Heren
Zeer gewaardeerde toehoorders,**

Het motto van dit verhaal is AD ASTRA, "naar de sterren". Bedoeld wordt natuurlijk PER ASPERA AD ASTRA. Oftewel, om naar de sterren te reiken zul je heel wat ontberingen en tegenslagen moeten overwinnen. Om wetenschappelijke en technische successen te behalen moet je het uiterste geven, en als je dat in een industriële omgeving wilt moet je ook nog je aldaar weten te handhaven. Dat is de laatste tien of vijftien jaar niet eenvoudiger geworden, althans als je AD ASTRA wilt. Daar wil ik vooreerst enige woorden aan wijden.

Een onderzoeker, werkzaam in het bedrijfsleven, moet twee heren dienen. De eerste heer is het bedrijf, dat een positief financieel resultaat van het onderzoek wil zien; de tweede is de wetenschappelijke nieuwsgierigheid en technische ambitie, die stimuleert tot het bestuderen van interessante problemen en het nastreven van beduidende uitvindingen. Het is niet op voorhand duidelijk dat hier een tegenstelling van belangen speelt: een bedrijf stelt een onderzoeker aan om diens kennis en nieuwsgie-

righeid te gebruiken - terwijl een onderzoeker zo'n aanstelling accepteert omdat hij aansprekende problemen verwacht en mag hopen dat waardevolle uitvindingen ook door en voor het bedrijf tot nut van 't algemeen zullen worden aangewend. Dat lijkt voor de hand te liggen, maar de werkelijkheid leert anders.

In het verleden heerste de opvatting dat ambitieus en goed uitgevoerd onderzoek, mikkend op *geheel* nieuwe producten en processen die voor het bedrijf interessant konden zijn, min of meer vanzelf zou leiden tot resultaten met een groot marktpotentieel. In dat verband werd wel gesproken van *discovery type research*, in ons land van *exploratief onderzoek*. In de laatste 10 tot 15 jaar is dit gezichtspunt sterk veranderd. De achtergrond daarvan is niet eenvoudig te begrijpen. Een volledig falen van onderzoek kan hier moeilijk als argument gebruikt worden; veel, zo niet alle producten en productiemiddelen berusten immers op voorafgaand, zulk onderzoek of ontdekking (*discovery*) en veel, zo niet alle uit productieprocessen behaalde winsten zijn dus op onderzoeksresultaten uit het verleden terug te voeren. De ervaring steunt dus die oudere,

inmiddels verlaten, opvatting dat goed onderzoek binnen een van de (*potentiële*) interessegebieden van een onderneming, de onderneming **wel te stade** komt.

Misschien is blind vertrouwen in onderzoek niet gerechtvaardigd. Maar de huidige trend om er een kostenpost in te zien in plaats van een investering is dat evenmin. Het grappige is dat herhaaldelijk wordt gevonden dat, gezien over langere perioden, investering in onderzoek een veel hoger rendement oplevert dan investeringen in andere bedrijfsonderdelen. Die industrie-sectoren waar de research activiteiten het grootst zijn, staan dan ook bekend als het meest lucratief. Ik denk nu in het bijzonder aan de farmaceutische industrie en de halfgeleiderindustrie. Fluorpolymeren, Spandex garen, semipermeabele membranen zijn voorbeelden uit de polymeerindustrie van exceptioneel lucratieve resultaten van onderzoek.

Hoe deze momenteel modieuze kostenpost-gedachte tot stand komt, lijkt overigens duidelijk: het is precies bekend hoeveel een onderzoeksinspanning gekost heeft, maar het ontbreekt aan goede criteria om *meteen* ook de opbrengst te meten. Zo hoeft een

goed onderzoeksresultaat niet noodzakelijk *direct* te leiden tot een grotere financiële influx voor het bedrijf. Evenzeer kan zo'n resultaat leiden tot het voorkómen van overbodige uitgaven; en het is onmogelijk om te schatten hoeveel geld bespaard wordt als weinig kansrijke wegen vermeden worden. Ook kan onderzoek leiden tot een goed product, dat op grond van strategische overwegingen *toch* niet op de markt wordt gebracht. Zulke strategische besluiten hebben een soort religieus karakter en kunnen een bedrijf danig hinderen om nieuwe, *dus* onvoorziene, kansen te benutten. Ontstaan de kosten in zo'n geval in de researchorganisatie of in het hoofdkantoor? En wat te zeggen van verbeterd begrip dat tot in lengte van jaren kan helpen, verkeerde wegen te vermijden? Hoe druk je zulke zaken in geld uit? En *vooral*: op welke tijdschaal moet de opbrengst gemeten worden?

De vraag naar opbrengst en de gekoppelde vraag naar de wijze van financiering hebben hun antwoord gevonden in een steeds meer in projectstappen georganiseerd onderzoek, waardoor de resultaten beter van tevoren te schatten zijn en waardoor de financiële structuur beter zichtbaar is geworden. De vraag naar de tijdschalen is

volledig uit de beschouwingen verdwenen: de tijdschaal wordt eenvoudig in de projectbeschrijving vastgelegd. Het behoeft geen betoog dat lange termijn onderzoek (m.a.w. ambitieus onderzoek gericht op het beantwoorden van echt moeilijke vragen) zeer van deze filosofie te lijden heeft, en dat is zwak uitgedrukt. Uit oogpunt van bestuursgemak heeft zo'n opzet voordelen, maar de nadelen mogen niet uit het oog verloren worden. De projectmatige structuur van het onderzoek sluit per definitie alle verrassingen uit, en daarmee is die structuur een garantie tegen *doorbraken*. De opbrengst wordt zekerder, máár klein; de wetenschappelijke nieuwsgierigheid krijgt geen kans meer.

Verstaat u mij goed: veel zaken zijn uitstekend te plannen en het is goed om dat ook te doen. De aannemerij is ondenkbaar zonder gedetailleerde planning. Wanneer men in een onderneming *zeker* is dat men de juiste wetenschappelijke en commerciële uitgangspunten *en* de toepasselijke technologie ter beschikking heeft, kan men op die manier aan de slag. Die *zekerheid* is echter eigenlijk niet zo vaak voorhanden. Het ontwikkelen van nieuwe concepten en het oplossen van moeilijke problemen vragen

creativiteit en inspiratie, ongrijpbare zaken.

Voor planners is hier geen plaats.

Bedrijven, die willen innoveren en niet afwachten tot de concurrentie ze overvleugelt, moeten vertrouwen hebben in de kunde, creativiteit en de loyaliteit van hun onderzoekers. Dat is in feite de *essentie: vertrouwen* in kunde, creativiteit en loyaliteit. Het is misschien als met de waard en zijn gasten.

Ten onrechte wordt soms gedacht dat zulk exploratief onderzoek eenvoudigweg bij universitaire instellingen uitbesteed kan worden. Aan de universiteiten wordt prachtig onderzoek gedaan. Ik zal de laatste zijn om te ontkennen dat samenwerking met universiteiten zinvol is. Maar voor een vruchtbare samenwerking heb je aan beide zijden ervaren onderzoekers nodig: iemand zonder onderzoekservaring is nauwelijks in staat een onderzoeksopdracht te formuleren, onderzoeksvoorstellen te beoordelen, of de resultaten van onderzoek te interpreteren. Multidisciplinaire samenwerking is in een industrieel laboratorium veel vanzelfsprekender dan aan de universiteiten; *de doelstellingen van het onderzoek overstijgen in een industrieel lab veel duidelijker de doelen*

van de deelnemers dan in een universitaire omgeving.

Vanuit de universiteit gezien kan onderzoek in opdracht van en in samenwerking met de industrie zeer zinvol zijn, niet alleen in financieel opzicht. Een academisch onderzoeker heeft de taak om wetenschappelijk verantwoord onderzoek te doen aan onderwerpen die appelleren aan zijn wetenschappelijke nieuwsgierigheid. Zulke onderwerpen met industriële relevantie zijn er te over.

Kort geleden is er in universitair Nederland een multidisciplinair polymeer instituut opgericht, het DPI, met de bedoeling om fundamenteel onderzoek met industriële relevantie in de universiteiten, op een dergelijke werkgroep-overstijgende manier, te doen. De gehele zogenaamde Chain of Knowledge, van monomeerontwerp en synthese, via polymerisatie en verwerking tot en met de gebruikseigenschappen van vormgegeven eindproducten wordt hierin samengebracht. Je zou kunnen zeggen dat het hier een academische incarnatie betreft van de centrale, fundamenteel werkende, corporate research van de BV Nederlandse Polymeer Industrie. Nu deze industrie zijn eigen centrale research afbouwt of sluit is

misschien nog juist op tijd het DPI opgericht, waar dan inderdaad de fundamentele en vernieuwende research zal moeten worden uitbesteed.

Wil echter de industrie zijn voordeel doen met kennis uit de Academia, dan moet die industrie zorgen voor de aanwezigheid van voldoende aantallen excellente onderzoekers, alleen al vanwege die intermediaire functie. Die excellentie betreft zowel goede onderzoekskwaliteiten als enthousiasme voor wat in het eigen bedrijf gebeurt. Dat laatste kan binnen het bedrijf gemakkelijk vastgesteld worden; onderzoekskwaliteiten daarentegen zijn mijns inziens alleen vast te stellen via confrontatie met de wetenschappelijke wereld. Daarom, en om nog meer redenen die ik zo dadelijk zal noemen, zou een industrieel onderzoeksinstituut een stimuleringsbeleid ten aanzien van publicaties in gerefereerde vaktijdschriften moeten voeren. Ik besef dat het voorbereiden van publicaties tijd, en dus geld, kost. Maar daar staan twee zeer grote voordelen tegenover. In de eerste plaats verkrijgt men inzicht in de kwaliteit van het eigen onderzoek. In de tweede plaats is het voor academische onderzoekers zeer onaantrekkelijk om samen te werken met iemand uit de

industrie, die geen tijd heeft (of zelfs een verbod) om aan publicaties te werken. Een academisch onderzoeker wordt nu eenmaal op zijn publicaties afgerekend; en dat is terecht. Deze barrière bestaat niet als bedrijven een positieve houding ten aanzien van publicaties aannemen. Beide vordelen samen vertegenwoordigen een grote waarde. Daar komt ten slotte nog bij dat onderzoek dat niet op de een of andere wijze gepubliceerd is, zij het in patent dan wel in tijdschriftvorm (en zo mogelijk beide), na verbazend korte tijd als verloren moet worden beschouwd: het had net zo goed niet uitgevoerd kunnen worden. Immers, onderzoekers zowel als bedrijven of andere instellingen hebben een beperkte levensduur. Maar wat op bedoelde wijze is gepubliceerd is voor altijd toegankelijk voor anderen die na ons komen. Zelf heb ik mij steeds gerealiseerd dat het schrijven van publicaties niet een primair bedrijfsbelang is, en in voorkomende gevallen heb ik me er ook in geschikt om vondsten juist *niet* te publiceren, maar geheim te houden. Maar in een langer historisch perspectief is dat verspilling van de inspanning.

Na deze algemene beschouwingen wil ik ingaan op het zoeken naar zeer sterke maar toch lichte materialen zoals ik dat zie en waaraan ik probeer bij te dragen. Sinds de ontdekking van de kunststoffen aan het eind van de 19e eeuw, toen het overigens nog lang niet duidelijk was dat hier van polymeren sprake was, en men eerder dacht aan samenklontering van kleine moleculen door nog nader op te helderen coördinatieve krachten, zijn enorme voordeelingen gemaakt. De brosse en zwakke eerste materialen (bakelite) werden al vrij spoedig gevolgd door veel betere (celluloid) en door de eerste kunstvezels, (Chardonnet, 1884) die zich al konden meten met de natuurvezels zoals wol en zijde. Er werd dan ook gesproken van kunstzijde. Pas in de jaren juist voor de tweede wereldoorlog werd bewezen dat deze kunststoffen inderdaad polymeren waren, door het beroemde werk van Carothers bij Dupont, een bedrijf dat sindsdien een grote faam als innovator *en* als winstgenerator heeft opgebouwd. De opgebouwde ervaringen met kunstzijde (rayon, viscose) en later met nylon (Carothers!) en polyester wezen op het grote belang van de moleculaire orientatie van deze polymeren. Het ter beschikking

komen van röntgendiffractietechnieken die de atomaire kristalbouw kon ophelderen veroorzaakte grote fascinatie met vooral ook de *kristallijne* fractie van deze *semikristallijne* materialen, en dus de orientatie ervan. De verschillen in eigenschappen tussen goed georiënteerde VEZELS en weinig georiënteerde PLASTICS is zeer opvallend. Al gauw realiseerde men zich dat de veel minder geordende en daardoor veel zachtere en zwakkere *amorfe* fractie sterk bepalend was voor de gebruikseigenschappen en dit is een van de motieven voor het zoeken naar polymeren met *hoge glas/rubber overgangstemperatuur, T_g*, dan wel *hoge kristallijne fractie* geworden. De T_g is de temperatuur waarbij de amorfe fase verweekt, en bepaalt bv. de temperatuur waarbij in het geval van semikristallijne plastics een zekere plasticiteit (verlies van vormvastheid) optreedt (amorfe plastics verweken dan helemaal), en voor semikristallijne vezels bepaalt het de temperatuur waarbij bv. doek makkelijk zal kreuken. Als je de kristallijne fractie heel ver weet op te voeren heb je niet of nauwelijks meer te maken met de zachte, zwakke, amorfe delen. Zo is vanaf de latere jaren 50 van deze eeuw een enorme inspanning gericht op polymeren met excel-

lente hoge temperatuur eigenschappen en op nog sterkere en hoog-kristallijne vezels. Nu ligt voor de hand dat je betere vezels, met hoge orientatie, zult kunnen krijgen door in de moleculen een sterke voorkeur voor gestrekte keten conformaties, zonder vouwen, in te bouwen, aangenomen dat je ze goed kunt manipuleren. Als dat allemaal lukt zullen ze automatisch hoge of zeer hoge kristalliniteit hebben en kun je zelfs geen amorf aandeel meer aantonen. In de eigenschappen zie je dan ook niets meer terug van zulk zachter en zwakker materiaal. Ook ligt voor de hand dat zulke moleculen dikwijls onsmeltbaar zullen zijn en zeer moeilijk oplosbaar. Men vond ook dat reeds bij lage concentraties zulke polymeren heel hoogvisceuze (*taai-vloeibare*) oplossingen vormden *als* je ze al kon oplossen. Zo kom je van de regen in de drup, want het verspinnen van zeer verdunde oplossingen is niet alleen oneconomisch maar leidt ook automatisch tot slechte vezelvorming. Een ijle oplossing kan maar moeilijk een massieve vezel van goede kwaliteit opleveren. Een zeer wèzenlijke vooruitgang werd in het begin van de jaren 70 gevonden in universitair/industriële samenwerking tussen

de beroemde hoogleraar Paul Flory en de laboratoria van, alweer, Dupont. Daarin werd herkend dat voor voldoende starre gestrekte keten polymeren juist bij hogere oplossingsconcentraties een overgang zou plaatsvinden naar vloeibaar kristallijn gedrag, waardoor de viscositeit van de oplossing niet onhanteerbaar hoog zou worden maar juist binnen redelijke grenzen zou komen. Ik spreek nu van de para-aramiden, tegenwoordig bekend als Twaron en Kevlar.

Wat is zo'n vloeibaar kristal nu eigenlijk? Grofweg, een vloeistof met lokaal een voorkeursrichting van de starre, zeer langwerpige moleculen. Denkt u voor het gemak aan een doos met breinaalden, aardig vol. Bovendien: de naalden hebben een zekere interactie; zij voelen elkaars aanwezigheid, proberen als het ware elkaar niet te dicht te naderen. Zo'n naald voelt zich op zijn gemak als alle naalden in zijn nabije omgeving ongeveer dezelfde richting hebben als hij zelf. Een microscopisch kudde-instinct, dus. U kunt zich voorstellen dat als een dergelijke verzameling probeert toe te geven aan een drukverschil, en te gaan stromen, bijvoorbeeld door een betrekkelijk nauwe

opening, dat veruit het makkelijkst gaat als de stokjes zich richten in de richting van die stroming. Denkt U ook aan het gemak waarmee een doos breinaalden of mikado-stokjes, dank zij die parallelle orientatie, via een kleine opening leegstroomt, terwijl een ordeloze hoop van zulke staafjes zich als één samenhangend geheel gedraagt en helemaal niet wil "stromen". Doordat de naalden vrijheidsgraden in orientatie hebben ingeleverd hebben ze een boel bewegingsvrijheid gewonnen. Zo komt het dus dat je door veel (in plaats van weinig) staafjesachtige moleculen op te lossen in betrekkelijk weinig oplosmiddel, en daardoor de staafjes ertoe te brengen, zich als kudde te gaan gedragen, de massa nog kunt verwerken bij niet te hoge viscositeit (denk aan de vergrote bewegingsvrijheid). Het oriënteren van de staafjesachtige moleculen in een stromingsveld is dus makkelijker dan van kluwenachtige flexibele polymeermoleculen. Daar komt dit bij: Doordat ze er veel langer over doen om de opgelegde orientatie weer te verliezen dan bij flexibele moleculen het geval is, krijg je meer tijd om je werk te doen en bv. het oplosmiddel uit te wassen zodat je je polymeer in hooggeoriënteerde vorm in handen krijgt.

Deze zaken werden bijna tegelijkertijd, maar, de eerlijkheid gebiedt het te zeggen, wat later, ook gevonden in de laboratoria van Akzo, waar niet in de eerste plaats het werken met deze hoog-geconcentreerde, vloeibaar kristallijne oplossingen de grote vondst was, maar juist de vondst van een technisch-economisch-toxicologisch aanvaardbare polymerisatie van die zo begeerlijke para-aramiden. Deze twee vondsten, in de laboratoria van Akzo en die van Dupont, hebben in de recente twee decennia geleid tot de opbloei van een geheel nieuwe vezel-industrie. De inspanning is groot geweest maar dit zijn nu zeer succesvolle producten waarvan de toekomst nog lang zal zijn: succesvolle vezelmaterialen hebben zeer lange levenscycli, in de orde van 100 of meer jaar. Denk aan viscose, nog steeds volop in productie op vele plaatsen in de wereld; denk aan de nog steeds voortgaande groei, na 50 jaar, van polyester. *Heel wat anders dan het gemiddelde softwarepakket of het gemiddelde medicament dus.*

In de late jaren 70 werd een geheel andere route naar zeer hoog georiënteerde polymerestructuren gevonden. Het bleek mogelijk om de flexibele keten polyethyleen, zeer hoog te verstrekken in de vaste fase, in

vezel vorm, waarbij zeer hoge orientaties bereikt konden worden. De polyetheen moleculen hebben maar geringe onderlinge interactie, wat één van de hoofdoorzaken is dat deze hoge verstreking überhaupt mogelijk is. De polyetheen moleculen hebben weinig weerstand tegen onderling afschuiven, wat enerzijds zulk hoog verstreken mogelijk maakt, anderzijds geringe weerstand tegen COMPRESSIEBELASTING oplevert, wat erg belangrijk is voor het versterken van COMPOSITIETEN. Composieten zijn de traditionele constructiematerialen van de levende natuur en van de techniek van de toekomst overal waar energie efficiency of hanteerbaarheid (draagbaarheid!) lichtgewichtconstructie aantrekkelijk maakt.

Denkt U eens aan de belasting van een vliegtuigvleugel: de vleugels dragen de romp; de krachten proberen de vleugels te buigen, en daarbij zie je aan de onderkant trekkrachten, aan de bovenkant compressiekrachten. De vleugels mogen zeker niet plastisch gaan vervormen. De STIJFHEID (de E modulus) is van reusachtig belang: reeds procentueel zeer geringe vormverandering door de krachten kan teveel zijn. (a)

onacceptabele verandering van functie (tonvormige vleugel; onbestuurbare fiets) maar (b) ook catastrofaal falen doordat de verbuigingskrachten effectiever kunnen gaan aangrijpen (breken van een pilaar wanneer hij eenmaal een gebogen vorm aanneemt onder de belasting).

Het werk aan zeer thermostabiele polymeren, waarbij vaak ladderstructuren werden nagestreefd, leidde in de jaren tachtig tot de ontdekking van een klasse polymeren met nog veel meer uitgesproken starre staaf karakter dan de aramiden en niettemin verwerkbaarheid, uiteraard weer via de vloeibaar kristallijne oplossing.

Ik spreek nu over de z.g. PBZ familie. In de Wright-Patterson laboratoria van de US Air Force en later in veel universitaire en nog later ook industriële laboratoria werd hieraan gewerkt. Om meer dan een reden werd gekozen voor PBO als paradigma van deze benadering. Zeer indrukwekkende trek-eigenschappen werden bereikt. Momenteel is PBO, dat nu het pilot plant stadium achter zich aan het laten is, met afstand de meest treksterke vezel in de wereld. Ook de stijfheid (E modulus) is indrukwekkend: op minstens hetzelfde niveau als dat van de

koolstofvezels die worden gebruikt voor het bouwen van formule 1 raceauto's en dergelijke. Kortom, daar is iets groots verricht.

Ondanks een reusachtige inspanning lukte het echter niet om voldoende compressie-eigenschappen te realiseren; de kritische vervorming in compressie bleek niet zo veel hoger dan de typische ontwerp-vervorming in starre constructies (denk aan fietsframes, vrachtwagenchassis), zodat er te weinig veiligheidsmarge overblijft.

Vliegtuigontwerpers durven soms zelfs tot iets hogere ontwerp-vervorming te gaan dan wat met PBO überhaupt bereikt kon worden.

Met andere woorden, wat de onderzoekers eigenlijk voor ogen had gestaan is niet gerealiseerd.

Ik heb mij in de jaren negentig beziggehouden met de gedachte dat dergelijke starre staaf moleculen wel degelijk hoge compressie eigenschappen moesten kunnen hebben als je ze zou weten te voorzien van waterstofbruggen tussen de ketens. Denk aan de zeer grote verschillen tussen methaan (aardgas, zonder waterstofbruggen) en water, met ongeveer even grote en zware moleculen, met een smeltpunt dat 182 graden Celsius hoger ligt.

Hoe gaat zoiets nu? Het is niet van te voren al duidelijk wat voor een chemische entiteit je moet nastreven. De moeilijkheden zijn (a) kun je iets verzinnen wat je ook nog kunt MAKEN, en liefst op economisch denkbare manier. (b) lukt het dan ook nog om polymeer met voldoende lange ketens te maken. (c) is dat dan ook nog voldoende oplosbaar, of juist niet, juist vanwege de sterkere interacties tussen de ketens, en (d) kun je het dan ook nog verspinnen in denkbare apparatuur? Ik zal U niet vermoeien met een overzicht van alle doodlopende wegen. Laat ik volstaan met te zeggen dat in zo'n onderzoek het van het grootste belang is dat je zo snel mogelijk erachter komt of een denkbeeld over hoe je het misschien zou kunnen aanpakken, levensvatbaar is; het helpt niet om grote vasthoudendheid te betonen bij een route die bv. blijkt te leiden tot onoplosbare polymeren. Aan de andere kant moet je niet bij de pakken neerzitten als een synthesestap veel lastiger is dan je hoopte. En als je dan een kandidaat hebt, eindelijk, waar je wat in meent te zien moet je vasthoudendheid welhaast kosmische afmetingen aannemen. Verschillende hulp-uitvindingen blijken dan nodig om van een reageerbuis-curiosi-

teit te komen tot iets wat technisch uitvoerbaar begint te lijken. Enfin, dit leidde tot een nieuw polymeer dat vezels op bleek te leveren met bijzondere eigenschappen. Nu spreek ik van wat we in de wandeling "M5" noemen. Niet alleen hoge stijfheid en sterkte (aanzienlijk groter dan die van het overgrote deel van de voor advanced composites gebruikte *koolstofvezel*, zeer stijf, wel sterk maar ook zeer bros), maar ook, in schijnbare tegenspraak hiermee en in totaal contrast met die koolstofvezel, goede ductiliteit bij beschadiging van composieten die je ermee kunt maken. Een bierblikje is ductiel, vervormt aanzienlijk bij een ongeluk en neemt daarbij energie op, een bierfles spat uiteen bij een ongeluk.

Is het belangrijk in het dagelijks leven, of alleen voor vliegtuigen? Zou het niet heerlijk zijn als je ladder zo licht was als een veertje? Of als je fiets maar een paar kilo woog in plaats van tussen de 15 en 20, zodat je hem zo nodig met het grootste gemak over een andere fiets heen of op het dak van je auto kon tillen? Maar als je er een stoeprand mee raakt mag hij misschien wel beschadigd worden, maar niet uit elkaar spatten. Om echt licht te kunnen

construeren moet het materiaal niet alleen zeer stijf zijn maar bovendien ook nog ductiel. Dan worden de toepassingsmogelijkheden legio, in plaats van alleen specialistisch. Een fantastisch resultaat dus.

Maar je hebt niet alleen met de weerbarstige Natuur te maken maar ook met de ondernemingsstrategen. Precies zoals militaire strategen, passen ze de lessen van de vorige oorlog klakkeloos toe op de toekomstige (hoewel de nieuwe, bijvoorbeeld technische, politieke of economische situatie volstrekt anders kan zijn). Terwijl in de vroege fase van het onderzoek er wel bewondering hoewel geen sponsorship voor deze doelstellingen te vinden was bij de bestaande business units, werd het later een moeilijke strijd. Nog veel meer vasthoudendheid wordt dan dus geëist van de onderzoeker. Veel heb ik te danken aan Noor van Andel die wegen wist te vinden om, zo lang Corporate Research althans nog bestond bij Akzo Nobel, het onderzoek te blijven financieren. Zoals U weet of kunt weten uit de pers, heeft Akzo Nobel ongeveer anderhalf jaar geleden besloten de hele centrale Research op te heffen en het onderzoek alleen nog direct aan de bestaan-

de businesses te koppelen. Zo kan men wijzigingen van het karakter van de business voorkómen en bij de fameuze *core business* blijven. Men heeft overigens gevonden dat die ondernemingen die langer dan 100 jaar zijn blijven bestaan het karakter van hun business herhaaldelijk ingrijpend hadden veranderd. Maar 100 of meer jaar is natuurlijk ook wel heel lang, vergeleken met een mensenloopbaan of de looptijd van een aandelenoptie.

Een opmerking terzijde. Het *onderwijs* van exacte vakken wordt vaak als droog beschouwd, vooral door mensen die er weinig aanleg voor hebben. Ik geloof dat de meeste leraren op de middelbare scholen heel wel in staat zijn om de relevantie van hun vak voor welzijn en welstand van onze samenleving over het voetlicht te brengen. Mijns inziens is de zorgwekkende teruggang in studentenaantallen niet een gevolg van verminderde belangstelling voor de exacte vakken als zodanig, maar de uitkomst van een simpele rationele overweging van de eindexaminandi in het VWO: waarom kiezen voor de moeilijker of zelfs moeilijkste studie als het vooruitzicht op een aantrekkelijke werkkring, eer, rijkdom

en macht beter gediend is met een studie rechten, economie of accountancy? Als het de industrie ernst is met haar zorgen over de bemanning met wetenschappelijk geschoolden in de nabije en iets verdere toekomst, dient ze R&D uit te bouwen, haar raden van bestuur te bevolken met mensen die weten wat moleculen en machines zijn, en hun wetenschappelijk personeel aantrekkelijke materiële vooruitzichten te bieden. De Eindhovense universiteit kan zich gelukkig verheugen in een relatief grote instroom van studenten en een hoge productiviteit aan wetenschappelijk geschoolde en ook in het studentenleven enigszins gestaalde abiturienten, zowel als in internationale belangstelling om alhier aan promotie of postdoc onderzoek te komen werken.

Terug naar het werk aan zeer sterke materialen. Het is wel leuk om te vermelden dat in dezelfde tijd dat we onze eerste schreden zetten op het spinpad met M5, in het Arnhemse laboratorium een doorbraak werd gerealiseerd in het manipuleren van de sterkste constructiestof die de natuur gebruikt: cellulose. Meer dan 100 jaar geleden al is het viscoseproces uitgevonden en daar is lang en veel aan verbeterd. Er zijn

dan ook uitstekende viscosegarans beschikbaar, zeer geschikt voor de wapening van bijvoorbeeld autobanden. Toch is al die tijd de belangstelling groot gebleven en hebben zich vele onderzoekers uitgesloofd om een ander proces te vinden: het viscoseproces gebruikt onaangename zwavelverbindingen en sowieso wordt veel nevenproduct gevormd, waarmee je een beetje in je maag zit.

Welaan, zo'n proces is er nu, dank zij de ontdekking van Hanneke Boerstool. Zij vond een proces om cellulose *fysisch, zonder chemische omzettingen*, op te lossen en te verspinnen, via een, U raadt het al, vloeibaar kristallijne oplossing tot, U raadt het al, extra sterke en stijve vezels (vergeleken met viscose). Een heel wat "groener" proces dan het klassieke viscoseproces. Deze vezels lijken bij uitstek geschikt voor de versterking van flexibele composieten zoals V-snaren en autobanden.

Het werken aan zulke zeer sterke en stijve materialen leidde ook tot veel betere inzichten in het hoe en waarom van zulke hoge eigenschappen. Dit kristalliseert in de jongste tijd uit tot inzichten zoals die met name zijn geformuleerd en in exacte, wiskundige

vorm gegoten door Northolt en zijn medewerkers. Wezenlijk zijn: Hoge keten-modulus (bij bescheiden ketendoorsnede), hoge orientatie en hoge afschuifmodulus. Het blijkt mogelijk het gehele kracht-rek gedrag totaan falen in trek, en totaan plastische vervorming in compressie, exact wiskundig te beschrijven met deze kenwaarden. Ik meen dat dit een zeer belangrijke mijlpaal in de begripsvorming omtrent materialen betekent.

Het zou evenzeer een grote vooruitgang betekenen als het gedrag van zulke vezels VOORBIJ hun toegeven aan compressiekrachten exact zou worden begrepen. Kun je precies voorspellen, quantitatief, niet alleen verhalend waarom dus, maar exact en in welke mate, hoe bij compressie-overbelasting koolstof en glasvezelcomposieten bros breken, aramide en M5 composieten plastisch vervormen maar elk op een heel verschillende manier?

Mijn voornemens voor onderzoek aan deze universiteit, op het terrein van **polymeer-ontwerp en synthese**, liggen na het voorgaande voor de hand: proberen of niet nog mooiere starre staaf moleculen te verzinnen zijn, met nog hogere afschuifmodulus in de

vezel, met name door nog sterkere waterstofbrug netwerken. De monomeren vervolgen ook te maken, dat is dus organische chemie, reeds sterk aanwezig aan deze universiteit, te polymeriseren – dus activiteiten op het gebied van polymeerchemie — en te verspinnen (polymeerverwerking).

Karakterisering van laag- en hoogmoleculaire stoffen, en van verwerkte producten eist de inbreng van expertises op velerlei gebied. Samenwerking zal essentieel zijn, met meerdere voortreffelijke groepen in de TUE. Je zou kunnen zeggen: de chain of knowledge ten voeten uit.

Het is een fascinerende uitdaging om met zulke zeer starre moleculen te proberen niet alleen vezels maar ook films te maken waarin we in plaats van 1-dimensionale, nu 2-dimensionale structuren nastreven. In exploratief werk in Arnhem is al gevonden dat je uit M5, door te werken vanuit uiterst verdunde, *niet* vloeibaar kristallijne, oplossing, zeer stijve en sterke films kunt maken. De uitdaging is om met dit soort moleculen iets soortgelijks te bereiken vanuit meer praktische, hooggeconcentreerde oplossingen.

Voorts wil ik in Eindhoven mijn ervaring bij polymeerontwerp en synthese, van

wateroplosbare cellulosederivaten via elastische polymeren en technische plastics tot aan vezels toe, aanwenden om collega's en studenten te helpen bij het oplossen van moeilijkheden bij het realiseren van de ideeën die men nastreeft. Vaak zegt men eerder: ik wil flexibele bolletjes of juist starre staafjes, of een combinatie daarvan, en ik wil in sommige stukken een hoge polariteit, dan dat men van tevoren al vast moet houden aan een bepaalde chemische entiteit. Mijn historische focus op hoge chemische, thermische en mechanische bestendigheden kan wellicht bijdragen bij het verbeteren van de z.g. functionele polymeren die primair vanwege hun optische of elektrische eigenschappen worden bestudeerd, maar die in het verleden vaak in hun bestendigheden teleurstellend presteerden.

Komend aan het eind van mijn rede, wil ik graag enige woorden van dank uitspreken. Om te beginnen aan mijn vader, die leefde voor de studie. Hij heeft mij ongetwijfeld sterk beïnvloed met zijn voorbeeld. Deze dag had hij graag meegemaakt, en veel heeft het niet gescheeld, maar 2 jaar geleden is hij heengegaan. Mijn moeder is veel te jong gestorven, zij heeft me als vijfjarig

jochie leren lezen en schrijven en de beginselen van het rekenen bijgebracht en het zou voor haar denk ik een nog groter feest zijn geweest deze dag mee te maken.

Voor mijn verdere vorming ben ik dank verschuldigd aan het Erasmiaans gymnasium in Rotterdam, aan de filosofische faculteit van de Leidse universiteit, in het bijzonder aan mijn promotor Egbert Havinga, die (juist door de interactie met zijn promovendi uiterst beperkt te houden) onafhankelijkheid stimuleerde. Grote erkentelijkheid voel ik voor Akzo en Enka, waar in de jaren 70 en 80, ondanks soms moeilijke tijden in de markt, lange termijnonderzoek werd gesponsord. Zonder de speelruimte die ik me daar heb kunnen toe-eigenen zouden mijn wetenschappelijke en technische ambities weinig kans tot ontplooiing hebben gekregen. In dit verband noem ik graag Edu Boasson en Piet Limburg, aandachtig lezers van rapporten en geïnteresseerd vragenstellers, Arie Bezemer, kritische luisteraar en welwillende beschermheer; Henk Molenaar, zelf oorspronkelijk uitvinder en op zijn latere pad als bestuurder vaak vol nostalgie naar de mooie tijden van weleer, en vooral, Noor van Andel. Zonder de bemoeienissen van Noor zou mijn streven

naar de creatie van een supervezel in de vroege jaren 90 al zijn afgesneden door de nieuwe opvattingen over ondernemen die toen opkwamen. Zijn beschermheerschap heeft veel betekend voor M5, zoals het ook voorwaarde is geweest voor 't welslagen van 'n aantal andere uitvindingen en ontwikkelingen. Daarin bleek telkens op treffende wijze de kracht van multidisciplinaire en multi-marktsector samenwerking waar vondsten en inzichten konden samenkomen in geheel nieuwe combinaties. Dat leidde tot geheel nieuwe kansen, ver buiten bestaande, veelal platgetreden, paden.

Dank aan mijn collegae bij Akzo Nobel, nu veelal werkend bij Acordis of heel ergens anders.

Mijn opvoeding is, niet te vergeten, voortgezet door mijn voortreffelijke zoons, Arjan, Friso en Wouter, die zich dikwijls hebben geërgerd als hun vader eerst als het ware moest worden gewekt uit zijn chemie-bezigheden als ze wat van HUN gading wilden bespreken. Ook Carla heeft zich vaak moeten ergeren.

Zielsvereniging heb ik gevonden met Sima, een geluk dat me dagelijks met verbazing vervult.

Ik dank de Eindhovense Universiteit voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik zal mijn uiterste best doen het niet te beschamen. Hooggeleerde Lemstra, beste Piet, dank voor het orkestreren van deze benoeming, wel gingen er jaren overheen voordat het voornemen ook werkelijkheid werd, maar je had ook wel erg veel andere dingen aan je hoofd. Dank aan Magellan Systems voor de toestemming om een deel van mijn werktijd te besteden aan het werk alhier

Ik heb gezegd.



Doetze J. Sikkema (Rotterdam, 1944; gymnasium Erasmianum, 1961) studeerde scheikunde in Leiden (1966) en promoveerde daar, bij E. Havinga, op een fysisch-organisch chemisch onderwerp (the effect of solvent benzene on the conformational equilibrium of vicinal dihalogenides) in 1969.

Daarna trad hij in dienst bij wat nu Akzo

Nobel en Acordis is geworden en verrichtte, na enkele jaren onderzoek aan nieuwe modificaties van of toevoegingen aan polyester, exploratief onderzoek op het gebied van nieuwe wateroplosbare cellulosederivaten, nieuwe thermoplastische elastomeren, nieuwe polymeren voor toepassing als hoge temperatuur bestendige plastics en nieuwe polymere vezels, en de synthese van de daarvoor benodigde nieuwe monomeren. Sinds luttele weken is hij overgestapt naar een nieuwe onderneming, Magellan, die zich ten doel stelt zo'n nieuwe polymere vezel (met deszelfs nieuwe monomeren) verder te ontwikkelen. The Textile Institute International heeft besloten hem de Carothers Medal te verlenen.

TU/e technische universiteit eindhoven

Informatie:
Service Bureau Auditorium Plus
Telefoon 040 - 247 22 50

ISBN 90 386 1072 6