

Vrijheid in onderwijs en onderzoek

Citation for published version (APA):

Heikens, D. (1986). *Vrijheid in onderwijs en onderzoek*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1986

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.

Vrijheid in onderwijs en onderzoek

Rede bij het afscheid als gewoon hoogleraar in de
Scheikundige Technologie bij de
afdeling der Scheikundige Technologie van de
Technische Hogeschool Eindhoven op 18 april 1986

Prof.dr. D. Heikens

'Die Freiheit wird meist in kleinen Stücken verloren'

*Burgemeester van Hamburg,
Von Dohnanyi 1)*

Mijnheer de Rector,
Mijne heren leden van het College van Bestuur,

Dames en Heren,
Zeer gewaardeerde toehoorders,

Vandaag spreek ik over onderwijs en onderzoek, twee onderwerpen, die in een algemeen college als dit afscheidscollege vanzelfsprekend aan bod komen, als men jarenlang onderwijzer en onderzoeker is geweest aan deze instelling.

Ik zal eerst in algemene zin spreken over de organisatie en de opzet ervan, en hun uitwerking. Daarna zal ik wat specifiekere spreken over Eindhovens onderzoek op kunststofgebied en de samenhang daarvan met het onderwijs.

1. Onderwijs

1.1. Inleiding

Men kan in de Afdeling der Scheikundige Technologie de vakken en het onderwijs verdelen in:

1. Basisvakken: chemie, fysica en wiskunde. De fundamentele fysische technologie hoort ook in dit rijtje thuis.
2. Integreerende vakken: proceskunde; in het bijzonder de chemische technologie en de materiaalkunde.

In 1957 schreef dan ook de toenmalige voorzitter-beheerder van de Afdeling der Scheikundige Technologie, Dr.ir. W. van Loon, de eigenlijke ontwerper van de eerste studieopzet: 'Uitgaande van deze opvatting valt de opleiding in twee delen uiteen, namelijk een natuurwetenschappelijke vooropleiding en daarna een technologische vorming. Deze scheiding is uiteraard zeer globaal, maar het komt mij voor, dat zij wezenlijk is.

Theoretisch is het mogelijk de technologische vorming parallel te doen lopen aan de wetenschappelijke scholing. Praktisch komt dit in vele gevallen neer op een herhaalde behandeling van technische onderwerpen op een steeds hoger niveau. Dit 'sandwich'-systeem moge vanuit een didactisch oogpunt bezien aantrekkelijk zijn, het zal zeker leiden tot een langere duur van de studie en tot overlading van het programma. De afdeling der Scheikundige Technologie heeft zich daarom op het standpunt gesteld, dat de technologische opleiding in hoofdzaak zal vallen na de wetenschappelijke vorming. Wel is er voor gezorgd, dat door een beperkt aantal inleidende colleges in de chemische techniek de studenten reeds tijdens de eerste helft van hun studie zich enigermate een beeld zullen kunnen vormen van de taak, die hen wacht.' ²⁾

Kijken we vervolgens naar de opzet van de vijf-jarige cursus toen, dan is deze inderdaad in overeenstemming met het ontwerp van Van Loon. Dit klopt ook nog redelijk voor het huidige vier-jarige programma als we de scheiding tussen het basis- en bovenbouw-gedeelte leggen tussen het tweede en derde jaar.

Belangrijk als tweede element in het onderwijs vond Van Loon ook, dat de hoofdvakken een behoorlijke diepte moesten hebben, doch hij was er tevens voor, slechts enige van de essenties van zo'n vak te geven: 'Elk vak is zo groot dat er toch slechts een klein gedeelte van gegeven kan worden; het heeft dus weinig zin dat kleine gedeelte te vergroten en het college te overladen', waren ongeveer zijn woorden. Over de uitvoering van van Loons eis ben ik, ook niet in mijn eigen colleges, erg gerust. Vrijwel iedere docent zou graag meer vertellen over zijn eigen vak. Soms is er een

compleetheidsmanie. Gelukkig weten de studenten meestal vrij goed welke onderwerpen op een tentamen ter discussie komen. Niettemin lijkt mij, dat het nieuwe studieprogramma wat overladen is en dat is het niet alleen door een samenpersing van vijf jaar in een vier-jarige cursus.

Nu stond er eind vorig jaar een ingezonden stuk in de TH-Berichten over het onderwijs ³⁾. Bij het ontwerpen van deze openbare les had ik ideeën ontwikkeld, die wonderwel pasten in de essentie van dat stuk, dat een neerslag was van een rapport in het maartnummer van Universiteit en Hogeschool van de hand van de onderwijsdeskundigen Crombag, Van der Drift en Vos ⁴⁾.

Eén van de essenties van dat rapport is, dat zelfstudie in het gedrang komt als de hoeveelheid aangeboden onderwijs relatief te groot is.

Het blijkt namelijk, dat de totale maximale onderwijsinspanning van de student per jaar een in uren te tellen vast gegeven is. Het is, evenals werktijd, door de cultuur en leefwijze van onze samenleving bepaald. Wordt dus het aantal colleges en practica vergroot, dan vermindert de tijd voor zelfstudie. Gedurende de college- en practicumweken, waarbij de student van half negen tot vijf uur, dus acht en half uur, in touw is op de TH, wordt des avonds niet echt aan zelfstudie gedaan. Werkt een student twee uur per avond aan 3 of 4 colleges of instructies, die hij die dag had, dan draagt dat slechts bij aan de mogelijkheid om het college verder te kunnen volgen. Het kan nauwelijks bijdragen aan het verwerven van inzicht in, en overzicht van de reeds gevolgde colleges; daar is veel meer tijd voor nodig. De tijd nodig voor zelfstudie neemt met het volgen van de colleges uiteraard toe in de loop van een trimester. Het verwerven van inzicht en overzicht kan dan ook slechts geschieden in de tentamenvorbereidingstijd aan het eind van een trimester na de negen straffe college- en practicumweken. Wordt die voorbereidingstijd in het huidige programma als zelfstudietijd geteld en wordt, zeer optimistisch, de helft van de tijd van de instructiecolleges als zelfstudietijd medegeteld, dan blijkt dat er slechts één uur studie per college-uur in het huidige programma beschikbaar is. Dit is rijkelijk weinig voor het bestuderen van de 'vaak beknopte handleidingen door de studiestof', die colleges eigenlijk zijn; en universiteiten zijn en horen te zijn: scholen voor zelfstudie!

1.2. Voorstel voor meer zelfstudie

Verlenging van de tijd voor zelfstudie kan slechts verkregen worden door verkleining van het onderwijsaanbod, door sterkere beperking tot essenties in colleges, instructies en practica. Hoe ging dat dan vroeger? In de oude cultuur, mijn studententijd, werd

die zelfstudietijd verkregen door 3-6 weken op je kamer te blijven met dictaat en boek om zo de weinige (grote) jaar- of twee-jaartentamens voor te bereiden in een grondige zelfstudie. In mijn gehele studie waren er in totaal 9 à 10 tentamens. Het aantal college-uren en het onderwijsaanbod was kleiner. Hoe zou het nu kunnen? In de huidige cultuur met veel afleiding (TV, sport, computerspelerij) ligt het wellicht voor de hand zelfstudietijden zo in het studieprogramma te integreren, dat de student ertoe komt zijn zelfstudie op de TH uit te voeren. Het genoemde rapport van de onderwijsdeskundigen laat namelijk zien, dat de volgorde in het aanbod van vakken en de organisatie van het onderwijs sterk medebepalend zijn voor de hoeveelheid zelfstudie die voor elk vak wordt verricht. Zo blijkt bijv. dat het geven van alle colleges in het begin van de week, hetgeen een droomwens is van veel docenten, het werktempo van de student in de tweede helft van de week te verminderen. Niets menselijks is hem vreemd!

Bij een programma met minder colleges en practica blijft er zelfstudietijd over die het beste door te brengen is op de TH. Dat verblijf op de TH, met zelfstudie op de TH, kan worden gestimuleerd door de volgorde van onderwijsaanbod in de vorm van colleges en practica. Geef bijvoorbeeld belangrijke colleges of practica op maandagmorgen en zeker op vrijdagmiddag en daartussen colleges op de eerste twee uren, of in het laatste uur 's middags, afgewisseld met middagen of driekwartdagen zonder onderwijsaanbod. Ik denk dat zo'n programma met minder onderwijsaanbod, meer zelfstudie en minder tentamens, de studie meer ontspannen en ook efficiënter maakt. En dat alles bij dezelfde maximale studie-inspanning van studenten. Verdere inperking van onderwijsaanbod in zwaarte en hoeveelheid kan worden verkregen door het huidige monolithische programma, waarin elke student alles krijgt, te vervangen door studieprogramma's met hoofdvakken en bijvakken naast vrije-keuze-vakken. Bijvoorbeeld proceskundige hoofdvakken met materiaalkundige bijvakken en materiaalkundige hoofdvakken met proceskundige bijvakken. Een bijvak worde lichter gegeven dan een hoofdvak, en het bijbehorende tentamen worde lichter afgenomen dan bij een hoofdvak. Op deze suggesties valt natuurlijk veel af te dingen, doch dat is nu eenmaal het lot van suggesties. Ik geloof echter dat ons huidige monolithische studiesysteem verbeterd kan worden. Er kome meer vrijheid en ontspanning in de studie! Zover het onderwijs.

2. Onderzoek

2.1. Inleiding

Het tweede onderwerp, dat ik U beloofd heb en dat me even na aan het hart ligt als het eerste is het onderzoek. Dit onderwerp heb ik gekozen, omdat het binnen de TH, doch ook daarbuiten, telkens in discussie is; vooral in de politieke wereld. In de politiek gebeurt dat door bezorgde bewindslieden en hun ambtenaren. Het is, lijkt het soms, een discussie die voortkomt uit gevoelens van afschuw over die onbeheersbare wereld van onderzoek en onderzoekers, en uit gevoelens van afkeer om daar het goede vaderlandse geld aan te besteden. Eigenlijk zou alleen dat maar onderzocht moeten worden, waarvan de uitkomst zeker is: korte-termijn-denken dus: 'Hoe kan het Nederlandser in ons goede koopmansland?'. Het lijkt een beetje op de vooroorlogse humorist Buziau in zijn brandweermanscène. Er zou een enorme vermindering van brandschade zijn als de brandweer vóór de brand zou worden gealarmeerd en zo vóór het uitbreken van de brand aanwezig kon zijn. Tevens zou een lijst van 'geplande' branden met vermelde tijdstippen van uitbreken op juiste, onderlinge tijdsintervallen, het hele brandweeren uiterst efficiënt maken. Hoe schoon zou het zijn als onderzoekers uitsluitend zouden werken aan door deskundige referenten goedgekeurde projecten, voorzien van slaagkansen van praktisch 100 procent, op lijsten samengebracht, zodat vooruitgang en innovatie op van te voren vastgestelde tijdstippen gegarandeerd zouden zijn. Om de efficiency te vervolmaken zouden programmamakers, referenten, deskundigen en onderzoekers samen de totaalplannen moeten opmaken. Plannen die dus leiden tot geprogrammeerd onderzoek.

Jammer genoeg voor de minister van Onderwijs en die van Economische Zaken is het nog niet zo ver!...Of wel?

Het geprogrammeerde onderzoekssysteem is er, U hebt het zeker herkend. Zijn de innovatie en het geslaagde onderzoek op bestelling er ook? Of zijn ze te verwachten? Uiteraard niet. Als het zo gemakkelijk was en zo goedkoop als het departementaal-ministerieel-complex schijnt te denken, had de industrie het al lang op deze wijze gedaan.

2.2. Geprogrammeerd en vrij onderzoek

Mijns inziens is succes slechts mogelijk voor die geprogrammeerde onderzoekingen, die gebaseerd zijn op reeds jaren geleden gestart

onderzoek, toen dat onderzoek nog voor een groot deel vrij was. Een voorbeeld van zulk onderzoek in de polymeerwereld is het onderzoek van Prof. Pennings in Groningen aan supersterke vezels. Dat onderzoek begon in de industrie toen Pennings in speelse proeven erin slaagde uit oplossingen van polyetheen (PE) draadjes te trekken, die bijzonder sterk waren. Zoals gewoonlijk bij zulk pionierend onderzoek zijn omstanders noch researchleiders of directeuren erg onder de indruk van zulke resultaten of van de wilde voorspiegelingen van mogelijkheden of van het enthousiasme van de onderzoeker. Als die onderzoeker dan maar de vrijheid heeft om tenminste een behoorlijk deel van zijn tijd aan zijn droom te besteden, is er nog geen man over boord. Bij Pennings kwam er gelukkig ook nog de mogelijkheid om wat later zelf als docent aan de Universiteit van Groningen in vrijheid dat onderzoek voort te zetten. Toen het succes allerwegen werd erkend, ook internationaal, en het onderzoek versnelling kon gebruiken, werd het gesteund met extra personeel door SON/ZWO, de scheikundige instelling behorend bij de organisatie Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek. DSM slaagde er later in langs wat andere weg de sterke vezel ook industrieel te fabriceren en voegde bovendien een nieuwe sterke vezel aan zijn repertoire toe. Als echter nu, met de kennis uit de prille begintijd van het PE-spinnen, steun gevraagd zou worden voor geprogrammeerd onderzoek, zou die volgens mij niet worden verkregen. Een tweede voorbeeld is mijn eigen onderzoek aan polymeer-polymeermengsels. In 1965 was het voor de industrie een lachertje: 'En Heikens, hoe is het met je mengseltjes?'. De idee dat naast metaallegeringen ook polymeerlegeringen belangrijk zouden kunnen worden - meer verdediging had ik niet - sloeg niet aan, de pure polymeren waren immers goed genoeg! Dankzij vrij geld van de universiteit voor vrij onderzoek-het recht op voldoende geld werd erkend - begon dit onderzoek te lopen. De eerste publicaties verschenen echter pas na 6-7 jaar. Om dit laatste feit alleen al zou een dergelijk onderzoek nu nooit worden gesteund. Niettemin is dat eerste pionierende proefschrift van W.M. Barentsen ⁸⁾ nog voortdurend een rijke bron voor de huidige, nog lopende onderzoekingen en ontwikkelingen. Nu, anno 1986, zijn niet alleen overal in de industrie polymeerlegeringen of -mengsels grote producten, doch beroemde onderzoekers in polymeerlaboratoria ontwerpen thermodynamische modellen voor polymeermengsels, rheologen doen onderzoek aan meerfasen polymeersystemen, het mechanisch en fysisch-chemisch gedrag van mengsels en complexen wordt allerwegen bestudeerd. Toepassingen in de auto-industrie en de elektronische industrie zijn legio. Als twintig jaar geleden hier en daar in de

wereld in universiteiten en industrieën geen vrij onderzoek was gestart op het gebied van polymeermengsels, zou nu van meer geprogrammeerd onderzoek op deze voorbereide terreinen geen succes verwacht kunnen worden.

Is er dan nu geen succesvol geprogrammeerd onderzoek in academische instellingen in polymeren meer mogelijk? Mijn schatting is, dat dat over enkele jaren niet meer zo is, daar de bron van nieuwe principes zelden gevonden kan worden in het bijna totaal geprogrammeerde onderzoek van nu. Het vrije onderzoek, behalve in de grote industriële laboratoria, is al bijna verdwenen. Ik zal U uitleggen hoe ik aan dit oordeel kom.

2.3. Vrij onderzoek

Eerste geldstroom

Een vijftiental jaren geleden werd uit wat later de 'eerst geldstroom' zou heten het vrije onderzoek aan de TH gefinancierd door de TH. Het bedrag ontstond eenvoudig uit een toewijzing door het TH-bestuur: Curatoren, Rector en Assessoren eerst en later het College van Bestuur en Hogeschoolraad. Het ontstond als het afdelingsdeel van het totale TH budget. Hoe die som gespecificeerd was en hoeveel toe te rekenen was aan afstudeeronderwijs in de laatste fase en hoeveel aan onderzoek pur sang, was eigenlijk een kwestie van smaak en gewoonte. Maar goed, er was geld voor een promovendus en voor een investering.

2.4. Geprogrammeerd onderzoek

2.4.1. Tweede geldstroom

Naast die eerste geldstroom is er sinds jaren voor scheikunde een centrale, *landelijke*, tweede geldstroom via de organisatie SON (Scheikundig Onderzoek Nederland) onderdeel van ZWO (Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek Organisatie). SON kan na indiening van een verzoek tot steun aan een lopend onderzoek geld voor een promotieplaats toewijzen. In principe geen investeringsgeld. Het blijkt dat SON steunt met personeelsplaatsen, mits er reeds een goed, door publicaties erkend, onderzoek loopt, mits daarin reeds is geïnvesteerd en mits het gewenst is dat onderzoek te versnellen.

2.4.2. Eerste Geldstroom geprogrammeerd

Nu kom ik tot de in de laatste jaren ingestelde landelijke programmering van het eerste geldstroombeleid. De vorige minister van Onderwijs en Wetenschappen beviel de kwaliteitsbewaking van SON zo goed, dat elk onderzoeksspecialisme via de

eerste geldstroom ook een landelijke kwaliteitsanalyse kreeg, die leidde tot de zogenaamde *Voorwaardelijke Financiering* (VF). De vakgroep Kunststoftechnologie van de afdeling Scheikundige Technologie kreeg bijv. bij de landelijke door de minister aangewezen commissie een goedkeuring voor zijn werk en plannen op het betreffende gebied.

Hoewel het officieel heet dat de geldstroom I is gesplitst in geldstroom Ia en Ib, waarbij de voorwaardelijke financiering slechts geldt voor Ib en Ia vrij is, is geldstroom I zo klein dat vrij onderzoek in Ia althans voor de Afdeling T als verdwenen te beschouwen is.

2.4.3. Gevolgen van de totale programmering

Het geprogrammeerd zijn van onderzoek van de eerste en tweede geldstroom brengt mede, dat dat onderzoek meer en meer gekozen wordt op basis van: 'ik stel slechts dat onderzoek voor, dat vrijwel zeker een goed resultaat heeft', 'ik speel op safe'. Dit heeft tot gevolg dat riskant, pionierend, creatief, eventueel grensverleggend onderzoek veelal wordt vermeden. Immers zo'n pionierend onderzoek heeft niet altijd succes, en het aantal publicaties zal zeker in het begin niet altijd groot zijn. In dat geval zal de kans op goedkeuring van een nieuw voorstel bij SON (tweede geldstroom) of Voorwaardelijke Financiering (eerste geldstroom) veel kleiner worden!

Ik hoef nu niet in te gaan op ander geprogrammeerd onderzoek gesteund door de Stichting Technische Wetenschappen (STW) of op toepassingsonderzoek ondersteund in het kader van de Innovatie Onderzoek Projecten (IOP's). Onderzoeksvoorstellen op deze terreinen worden op analoge wijze als bij SON beoordeeld en leveren geen vrij onderzoek op. Ook het ontstaan van contractonderzoek gefinancierd door industrieën draagt niet bij tot het vrij maken van onderzoekers en geld voor vrij onderzoek.

Dan zijn er nog meer gevolgen van de programmering. Alle genoemde organisaties en maatregelen (SON, STW, IOP, contract-commissies) hebben een leger van deskundigen, van referenten, van jury-leden doen ontstaan, die de aanvragen om steun van de onderzoekers moeten beoordelen. Het zal duidelijk zijn dat het aantal experts beperkt is en referenten, jury-leden, commissieleden en steunzoekende onderzoekers verwisselen nogal eens van rol. Geen wonder dat de tot jury-lid of beoordelaar gebombardeerde onderzoeker in zijn nervositeit zichzelf nogal eens als onfeilbare rechter opstelt, de verongelijkte steunzoeker hoogstens aanhoort

en God zegene de greep een beslissing neemt en een cijfer geeft. Velen weten dat, die met mij eens jury-lid, commissielid en steunzoeker waren en dat soms alles tegelijkertijd. Het zal ook duidelijk zijn dat deze landelijke organisaties de onderzoeker-steunzoeker-jurylid-werkgemeenschapslid-deskundige voor SON-IOP-STW etc. veel te veel tijd kosten. De onderzoeker, lijkt het soms, is een veel te groot deel van zijn tijd bezig zich te verdedigen en met het schrijven van rapporten, - en dus geen wetenschappelijke publicaties - over wat hij doet, over zijn succes, over wat hij zou willen doen als hij geld had om iets te doen. Het wordt tijd dat de onderzoeker voor vrij pionierend onderzoek in redelijke mate personeel *en* geld krijgt. Zijn trots en zijn collega's zullen hem er wel voor bewaren zichzelf te overschatten. Steun is uiteraard geen recht, die steun valt hem hoogstens toe, als referenten en deskundigen vinden dat die steun hem toekomt. Als hij eens steun krijgt voor een bepaald onderzoek, is dat meegenomen, als hij het niet krijgt, kan hij toch nog eens overwegen of hij het verantwoord vindt door te gaan met het vrije onderzoek gedeelte. Deskundigen zijn zelden gebleken onfeilbaar te zijn. Een zekere vergroting van vrijheid in onderzoek lijkt me zeker nodig. Op het ogenblik lijkt die vrijheid die te zijn zoals geïllustreerd in een cartoon van Quino (pag.21).

3. Conclusies

3.1. Onderzoek

Ik hoop duidelijk gemaakt te hebben met de voorbeelden van Pennings en mijzelf en met de saaie opsomming van organisatiestructuren, dat door het opheffen van het vrije onderzoek, succes van het geprogrammeerd onderzoek op wat langere termijn niet te verwachten is.

Het eenvoudige voorstel luidt: 'Een eerste geldstroom van redelijke omvang voor vrij onderzoek wordt opnieuw ingesteld'. Kan dat, is daar geld voor, moet daar geld voor zijn? De heer Kees Le Pair, directeur van de Stichting Technische Wetenschappen, meldde in de NRC ⁵⁾ dat volgens Economische Statistische Berichten het arbeidsvolume in speurwerk 2 procent is in Nederland. Volgens Tinbergen hoort speur- en ontwikkelingswerk van 2 naar 7 te stijgen voor 1990. Le Pair zegt daarbij: 'In de programma's van de politieke partijen die voor de aanstaande verkiezingen worden gefabriceerd, tref ik onvoldoende het besef aan van de grote trends. Laten we hopen dat dat toch snel doordringt. Anders palaveret Den Haag slechts over symptomen, terwijl het land versukkelt.'

3.2. Onderwijs

Het lijkt er nu bovendien op, dat ook voor de controle op de efficiency, de juistheid en het rendement van het onderwijs dezelfde heilloze weg wordt betreden met het instellen van de STC operatie (Schaalvergroting, Taakverdeling en Concentratie). Het lijkt erop dat men in het komend systeem min of meer vrij zal zijn, mits men de inspectie kan laten zien dat men alle perfect geachte systemen ter controle van het onderwijs heeft ingesteld, en die formeel laat werken en laat uitkomen op rendementen die in percentages worden opgegeven. Ik las eens: 70 en ook 56 procent ^{6,7)}. Hoe deze absurde getallen tot stand komen, kan men slechts gissen. Het zal leiden tot dezelfde beoordelingssystemen als bij onderzoek. Het brengt niet de beste eigenschappen van de onderwijzer naar boven, noch zijn beste persoonlijke inzet. Zijn liefde tot het onderwijs in persoonlijke vrijheid gegeven, zijn enthousiasme zal belaagd worden door goed bedoelde, te ver doorgevoerde doelmatigheidsmaatregelen. Wie garandeert dan de kwaliteit van het onderwijs?, zult U vragen.

Kwaliteit van onze afgestudeerden zal altijd worden ervaren door de werkgevers en de reacties van die werkgevers zullen altijd regulerend werken op de onderwijsinspanning van de afdeling. Het is namelijk nogal frustrerend in onderzoek of onderwijs niet goed aangeschreven te staan!

4. Kunststoffen, onderwijs en onderzoek

Na deze voorstellen: beperking van het onderwijsaanbod, vergroting van de studiekeuze voor de student en het opnieuw mogelijk maken van vrij onderzoek, zie ik het nu als mijn taak aan te geven welk soort onderzoek en onderwijs op kunststofgebied zeker van belang is voor onze Eindhovense afdeling. Kunststoffen worden chemisch gemaakt. Ze zijn van belang op vele terreinen des levens. Van het volume van het materiaal van een auto maken polymeren ongeveer een kwart uit. De coating op papier van verpakkingen, en veel verpakkingen zelf zijn van plastic. Omhullingen van elektriciteitskabels of telefoonkabels, vloerbedekking, veiligheidshelmen: overal ziet U kunststoffen. In al deze toepassingen verschillen de gebruikseisen zeer. Voor die duizenden variaties zorgt de chemicus, door variatie van de moleculaire structuur en moleculaire rangschikking tot in de kleinste details. Daarvoor zijn zeer verfijnde chemische en fysische onderzoeksmethoden nodig, zowel voor de bereiding, de fabricage, als voor de vormgeving van de polymeren tot voorwerpen, buizen, kabels als ook voor de mechanische en elektrische eigenschappen en gebruikseisen. Op alle universiteiten en hogescholen in Nederland wordt de *chemie* van polymeren vrij uitvoerig behandeld. Dat is dus wel in orde.

Echter, de studenten in de chemie of in de scheikundige technologie krijgen onderwijs in *materialen*, waaronder polymeren, op een nogal versplinterde manier. Wat behandeld wordt op materiaalgebied, geschiedt bij de specialismen: keramische materialen, polymeren en eventueel metalen. Dat kan ook welhaast niet anders door de verschillen in chemische samenstelling. Alle materialen hebben echter naast hun grote onderlinge verschillen in de toepassing iets gemeen: ze moeten aan minimum-criteria voldoen voor hun mechanisch gedrag. Dit is dan ook de reden, dat ik de laatste jaren zo heb doorgezet met het geven van een college voor al onze T-studenten over mechanische eigenschappen van materialen. Zo'n college vormt een bindend element tussen de zo verschillende materiaalgroepen. Zo'n college zal uiteraard niet al te veel in moeten gaan op allerlei moderne, tijdelijke hoogstandjes in de ontwikkeling van metalen, keramische materialen of kunststoffen. Dat soort kennis is boeiend, maar veroudert snel. Het college behandelt dan ook meer fundamenteel de overeenkomsten in de deformatieprocessen, die zich in de zo verschillende materialen afspelen. Deze overeenkomsten hebben een moleculaire achtergrond, en dat maakt het de chemicus mogelijk nieuwe, betere materialen te ontwikkelen. Ik zal nu met grote passen door wat gegevens heenlopen die de overeenkomsten laten zien en daarna

aan de hand van wat plaatjes uit Eindhovens onderzoek op kunststofgebied laten zien, waar dergelijk onderzoek toe kan leiden.

Nu ter zake

Bij het beproeven van metalen, keramische materialen en kunststoffen speelt de trekbank een belangrijke rol. Het monster wordt in dat apparaat meestal met constante snelheid ($\dot{\epsilon}$) uitgerekt en de spanning (s) die daarbij nodig is, wordt geregistreerd. Het is interessant te zien, dat onder condities aangepast aan de fysica van de materialen, geheel verschillende materialen, als aluminium-oxide, slagvast polystyreen en koper een vergelijkbaar gedrag vertonen (figuur 1).

Zo'n diagram bestaat uit drie delen: het eerste deel, min of meer recht is het elastische deel, het tweede sterk gebogen deel met soms een maximum duidt op inwendige, soms onomkeerbare processen. In het laatste deel wordt in breukprocessen de breuk voorbereid.

Zo'n diagram wordt meestal formeel beschreven met zijn initiële stijfheid E (modulus) met vloeispanning s_V enz., zonder al te veel fysische achtergrond. Eyring is in de fysische chemie bekend wegens zijn algemene beschrijvingen van chemische reacties met behulp van de theorie van de geactiveerde toestanden. De algemene formule van Eyring voor de snelheid van een thermisch geactiveerd proces luidt:

$$A \exp [-H/RT] \exp [s_V/RT]$$

Hij ontwikkelde die theorie echter niet zo zeer voor de chemische reacties, als wel voor processen die zich in materialen afspelen als deze materialen worden vervormd, gerekt of samengeperst, dus voor deformatieprocessen. Juist als bij chemische reacties verwisselen bij deformatieprocessen atomen van hun buuratomen. Evenals aan chemische reacties, kende hij aan die processen activeringsenergieën H en activeringsvolumes V toe. De activeringsenergie is een maat voor de temperatuurgevoeligheid van de deformatiesnelheid en het activeringsvolume is een maat voor de spanningsgevoeligheid van de deformatiesnelheid.

Verandering van experimentele condities bijv. verhoging van temperatuur, leidt tot een sneller inwendig deformatieproces, de moleculen zijn sneller in het toegeven aan de opgelegde rekvergroting (ϵ) en de vloeispanning (s_V) daalt. Omgekeerd leidt

een verhoging van de treksnelheid ($\dot{\epsilon}$) bij gelijkblijvende temperatuur (T) tot een achterblijven van het moleculaire vloeiproces en het plaatsvinden van de vloeit bij hogere spanning, en dus tot een verhoging van de vloeispanning (s_V). Experimenten met het keramische materiaal alumina en slagvast polystyreen laten deze verschijnselen zien (figuur 2).

Hoe dat nu precies mathematisch zit, is nu niet interessant. Van belang is te weten dat deze inzichten het mogelijk maken deformatiecurves van geheel verschillende materialen kwantitatief op analoge wijze te begrijpen. Chemici nu zijn bij uitstek geschikt voor de analyse van dit mechanische gedrag en de vertaling ervan in moleculaire processen. De volgende stap is dan het ontwerpen van nieuwe chemische en fysieke structuren voor nieuwe verbeterde materialen.

Wat zijn dat nu voor inwendige processen die de kracht- ϵ kromme laten afbuigen of maxima laten zien? In het algemeen zijn dat holtevorming en afschuiving. Na veel holtevorming of verschuiving van moleculen ten opzichte van elkaar, treedt vaak breuk op. Holtes verenigen zich met elkaar en al die zich ten opzichte van elkaar verplaatsende atomen leveren veelal een starre structuur op die zonder veel verdere rek breekt. M.a.w. die processen zijn de inleiding van breken van voorwerpen onder spanning. Ik zal U van dit soort inwendige processen, die zich o.a. afspelen in plastics, enige voorbeelden laten zien. In het stijve polystyreen (PS) worden weke polyetheendeeltjes (PE) verdeeld. Bij het rekken worden in de buurt van die deeltjes crazes gevormd, dat zijn een soort haarscheuren, die ervoor zorgen dat de kracht- ϵ curve ombuigt (figuren 3 en 4).

Het is belangrijk dat het polyetheendeeltje hecht aan PS. Het is de chemicus intussen gelukt voor die hechting te zorgen, door kleine hoeveelheden zeer speciale stoffen, ent- en blokcopolymeren, aan een gesmolten mengsel van polystyreen en polyetheen toe te voegen (figuren 5 en 6)^{8,9,10}. Op een breukplaatje is die hechting goed te zien. De kracht- ϵ kromme kan met de theorie van Eyring worden begrepen.

Ook in mengsels van polystyreen met anorganische harde stoffen zoals krijt of glasbollen, die gefabriceerd worden om een plastic stijver te maken, treedt bij belasting de vorming van dat soort haarscheuren op. De vorming van die scheuren kan met de theorie van Eyring worden beschreven. De hechting van het glas aan de

plastic kan met behulp van chemische bewerking van het glasoppervlak worden verzorgd. Op microfoto's van monsters gedurende een trekexperiment kan de vorming van holtes en haarscheuren in geval van niet-hechting en van alleen haarscheuren in geval van hechting worden gevolgd (figuren 7 en 8) ¹¹).

Ook aan een breukoppervlak kunt U zien dat in geval van hechting de breuk optreedt in de plastic en in het geval van niet-hechting langs het glasoppervlak (figuren 9 en 10) ¹¹).

Bij andere plastics, zoals bij het taaie polycarbonaat, treedt afschuiving (figuur 11) op zoals te zien is op microfoto's (figuur 12). Ook daar is op breukvlakfoto's het verschil tussen hechting en niet-hechting goed te zien (figuren 13 en 14) ¹¹).

De theorie en de praktijk suggereren nu dat hechting goed is voor sommige mechanische grootheden zoals treksterkte, dat hechting echter slecht kan zijn voor eigenschappen zoals taaiheid. Dit is slechts goed te begrijpen door de analyse van inwendige, mechanische, moleculaire processen, op dezelfde wijze zoals chemici al generaties lang chemische moleculaire processen onderzoeken.

Ook in pure polymeren, zoals in polyetheen, treden afschuifbanden op, zoals onderzoek door de heer Ladan onlangs aantoonde ¹²) (figuur 15).

Het is duidelijk, dat ik vind dat onderzoek en onderwijs op het terrein van het mechanisch gedrag van groot belang zijn voor de ontwikkeling van nieuwe materialen.

Daarom Afdeling Scheikundige Technologie en College van Bestuur, let op Uw zaak, de afdeling der Scheikundige Technologie is de enige onder de scheikundige afdelingen en subfaculteiten waar chemici vrij grondig geïnstrueerd worden in een overkoepelende visie op het mechanisch gedrag van materialen. Hierbij worden aspecten behandeld van de elasticiteitsleer, van het vloeigedrag als fysisch chemisch proces, en van de breukmechanica. Als voor onderzoek op dat terrein niet voldoende investeringsgeld gefourneerd kan worden, dan zal de huidige bezuiniging leiden tot tekorten. Tot tekorten van goed opgeleide ingenieurs en op iets langere termijn tot achterstand op onderwijs- en onderzoekgebied, welke gebieden, om met wijlen Rector Posthumus te spreken, verweven zijn als schering en inslag.

Slotwoord

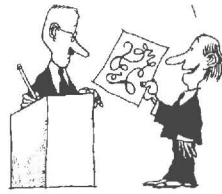
Aan het einde van deze openbare les is het me een behoefte al degenen te danken, waarmee ik heb samengewerkt in onderwijs-, onderzoek-en bestuurszaken. Het betreft personen in de TH en in de industrie. Het past niet in een openbare les te veel over deze persoonlijke zaken uit te weiden. Als ik namen noem, doe ik vele ongenoemden tekort. Het is me echter een behoefte één naam opnieuw aan te halen, namelijk die van de zo vroeg gestorven Prof.dr. W. van Loon. Hij leerde ons veel, soms in korte gezegden. Eén zo'n korte mededeling zal ik noemen: Over veel dingen hoeft men zich echter niet op te winden. Het spruit vaak voort uit gekwetste ijdelheid. Echter soms schijnbaar onbelangrijke zaken moet men met een rechte rug verdedigen.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Noten

- 1) Paul van Waning, Natie, compleet citaat: 'Die Freiheit wird meist in kleinen Stücken verloren. Mit scheinbar guten Gründen im Augenblick und verhängnisvollen Folgen für die Zukunft. Um Schlimmeres zu verhüten, wird...' en 'In der Gefahr, das Ganze zu verlieren, wurde Teil auf Teil geopfert. Ein jeder Schritt rational und zugleich in der falschen Richtung. Hier ein Kompromis der Personen, dort einer in der Sache: immer im vermeintlichen Interesse des zu bewahrenden Ganzen - das es am Ende nicht mehr gab...', NRC zaterdagbijvoegsel, 8 februari 1986, 8
- 2) W. v. Loon, Dies natalis 23 juni 1957, Technische Hogeschool Eindhoven 1956-61, p. 151-152
- 3) R. Albers, 'Harder studeren is niet mogelijk', TH-Berichten nr. 11 (1985) 7
- 4) H.F.M. Crombag, K.D.J.M. van der Drift en P. Vos, 'De inrichting van curricula en het werkgedrag van studenten', Universiteit en Hogeschool, 31, 5 (1984-1985), 234
- 5) K. le Pair, Homo Faber, NRC 21 november 1985, Wetenschap en Onderwijs, p. 2
- 6) Minister A. Pais, 'Beleidskader invoering twee-fasenstructuur', april 1981, pag. 12, Taakstelling: 70 procent rendement
- 7) Algemeen financieel schema 1986-1989 voor universiteiten en hogescholen, november 1984, p. 31, 'Gemeten rendement landelijk gemiddeld voor 'cohort' 1970, 46 procent. Taakstelling tien procent verbetering: $46+10 = 56$ procent'. Er wordt ook vermeld dat nieuwe gegevens over afstudeerders in de cursussen 80/81, 81/82, 82/83 een gemeten rendement gaven van 54 procent. Invloed van die cijfers op planning is onderwerp van overleg!
- 8) W.M. Barentsen, 'Enkele mechanische eigenschappen van polymeer-mengsels', Proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, 1972
- 9) N.G.M. Hoen, 'Graft copolymers by means of a reaction between polyethylene and polystyrene, and their modifying effect in homopolymer blends', Proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, 1977
- 10) S.D. Sjoerdsma, 'The deformation behaviour of polystyrene-low density polyethylene blends, Proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, 1981
- 11) M.E.J. Dekkers, 'The deformation behaviour of glass bead-filled glassy polymers, Proefschrift Technische Hogeschool Eindhoven, 1985
- 12) H.C.B. Ladan, nog niet gepubliceerde resultaten

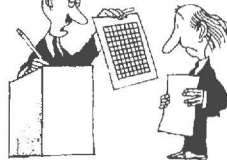
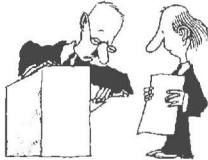
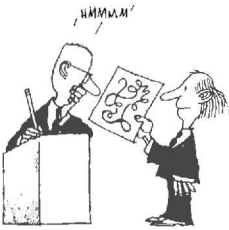
DAG, MENEER DE ADVISEUR KUK, ZO
ZOU IK WILLEN LEVEN. WAT VINDT
U ERVAN?



①

HET SPJIT ME, MAAR VOLGENS
DE ELEMENTAIRE NORMEN VAN
SOCIALE VERSTANDHOUDING
MOETEN U, IK EN IEDEREEN...

ZO LEVEN.



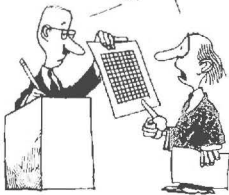
②

WAT! ZO?

PSID

MAG IK HET BIJ ME
STEKEN? IK BEN
BANG DAT IK HET
ANDERS VERGEET.

NATUURLIJK. HET IS JUUST GEMAAKT
OM IEDEREEN TE HELPEN ZO GOED
MOGELIJK MET ANDEREN TE LEVEN.
OH, BEDANKT.

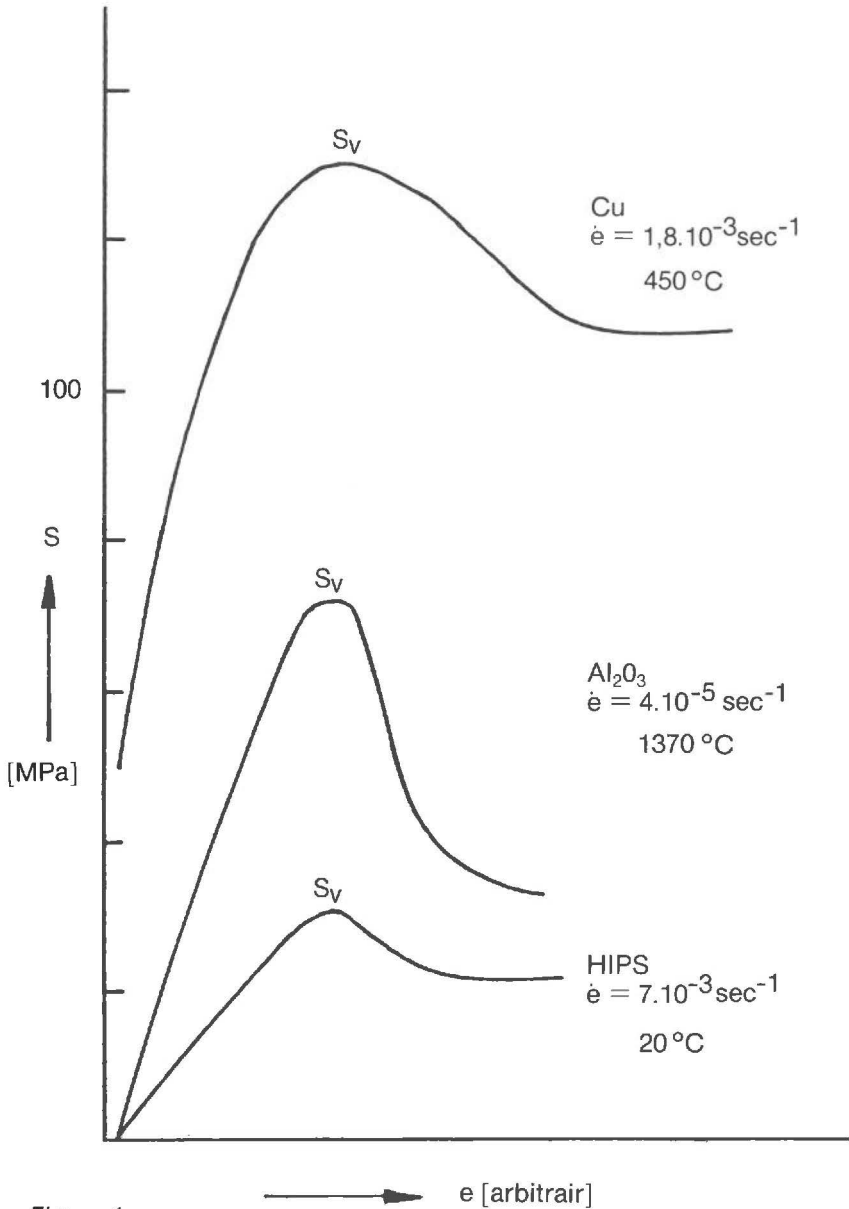


③

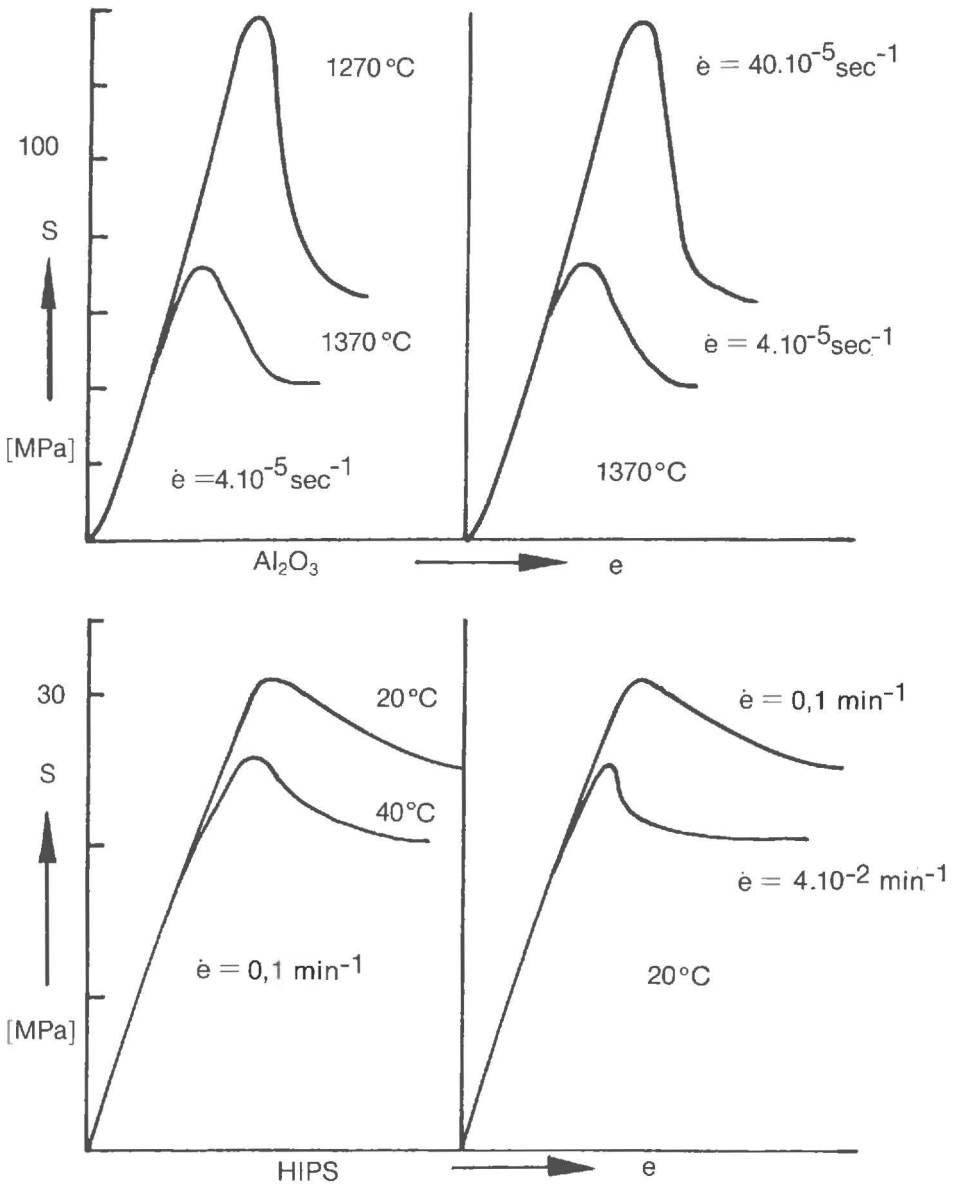


④

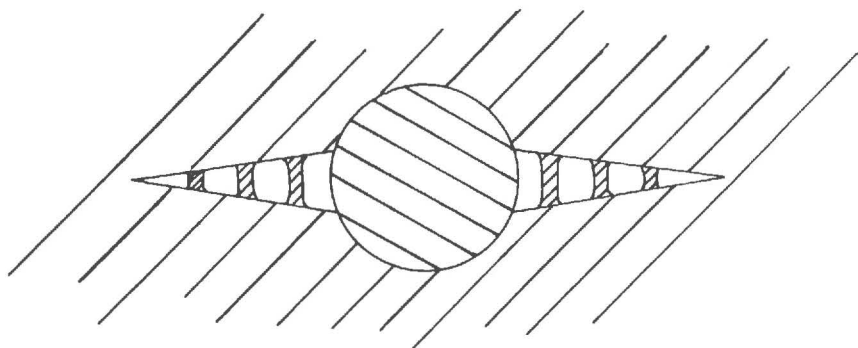
Illustratie overgenomen uit Ambtenarenhumor (auteur: Quino); verschenen bij Mondria uitgevers BV, Hazerswoude; overal verkrijgbaar.



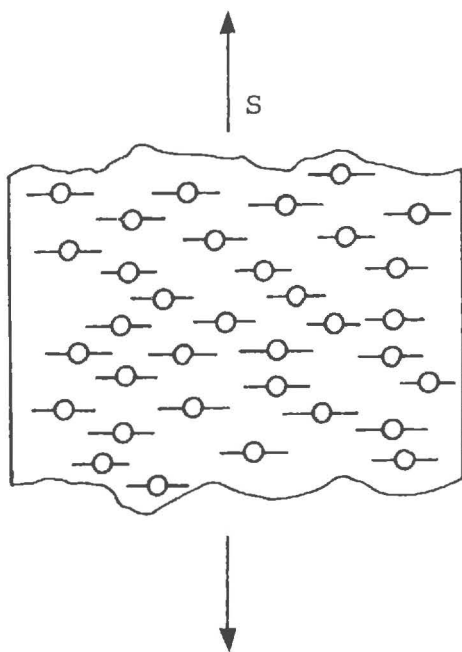
Figuur 1. Overeenkomstige spanning (S)-rek (ϵ)-diagrammen voor koper (Cu), aluminiumoxide (Al_2O_3) en slagvast polystyreen (HIPS) in corresponderende toestanden van snelheid ($\dot{\epsilon}$) en temperatuur (T).



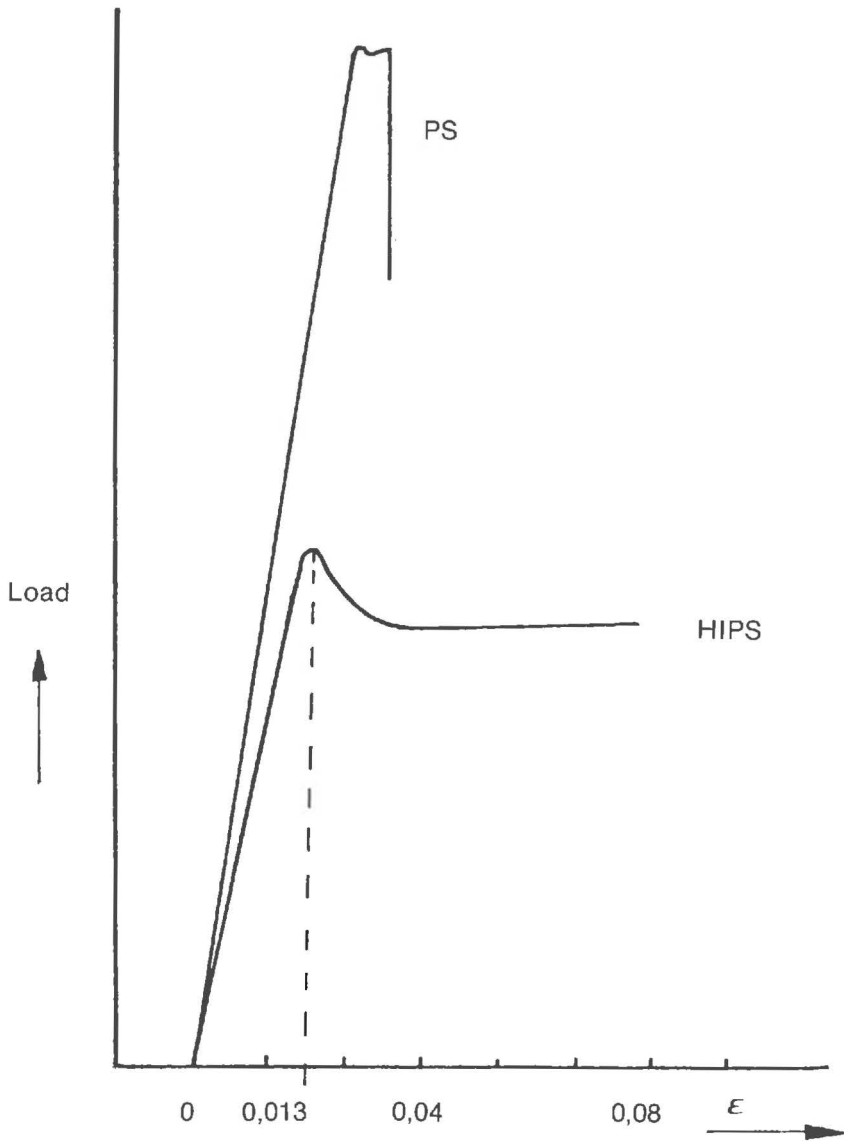
Figuur 2.
 Overeenkomstige invloed van de temperatuur (T) en de deformatiesnelheid ($\dot{\epsilon}$) op de spannings (S)-rek (e)-diagrammen voor aluminiumoxide (Al_2O_3) en slagvast polystyreen (HIPS).



Figuur 3a.
Doorsnede door een volume-element van een plastic waarin zich een
deeltje met een craze bevindt (spanningsrichting verticaal).

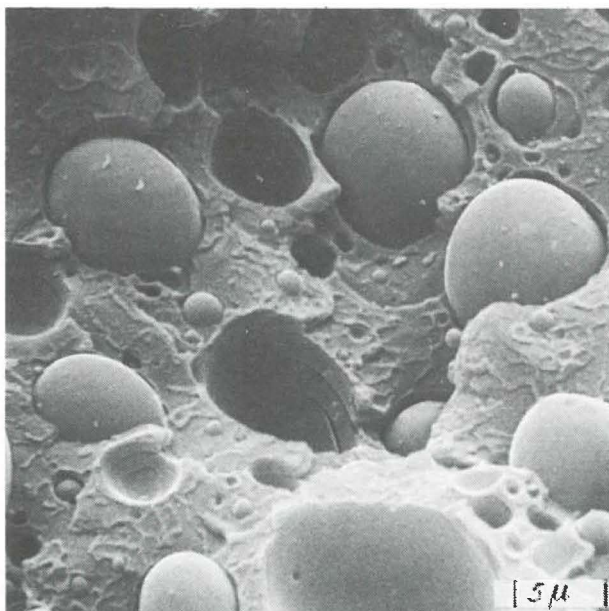


Figuur 3b.
Craze-vorming aan deeltjes ingebed in polymeer dat onder éénassige
spanning staat.

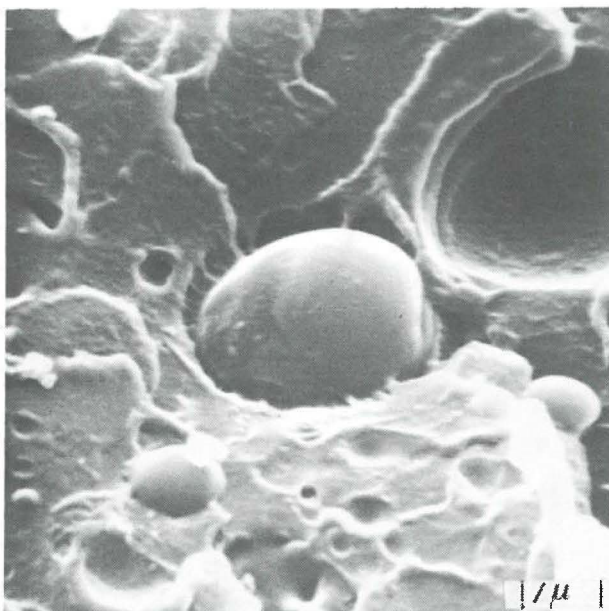


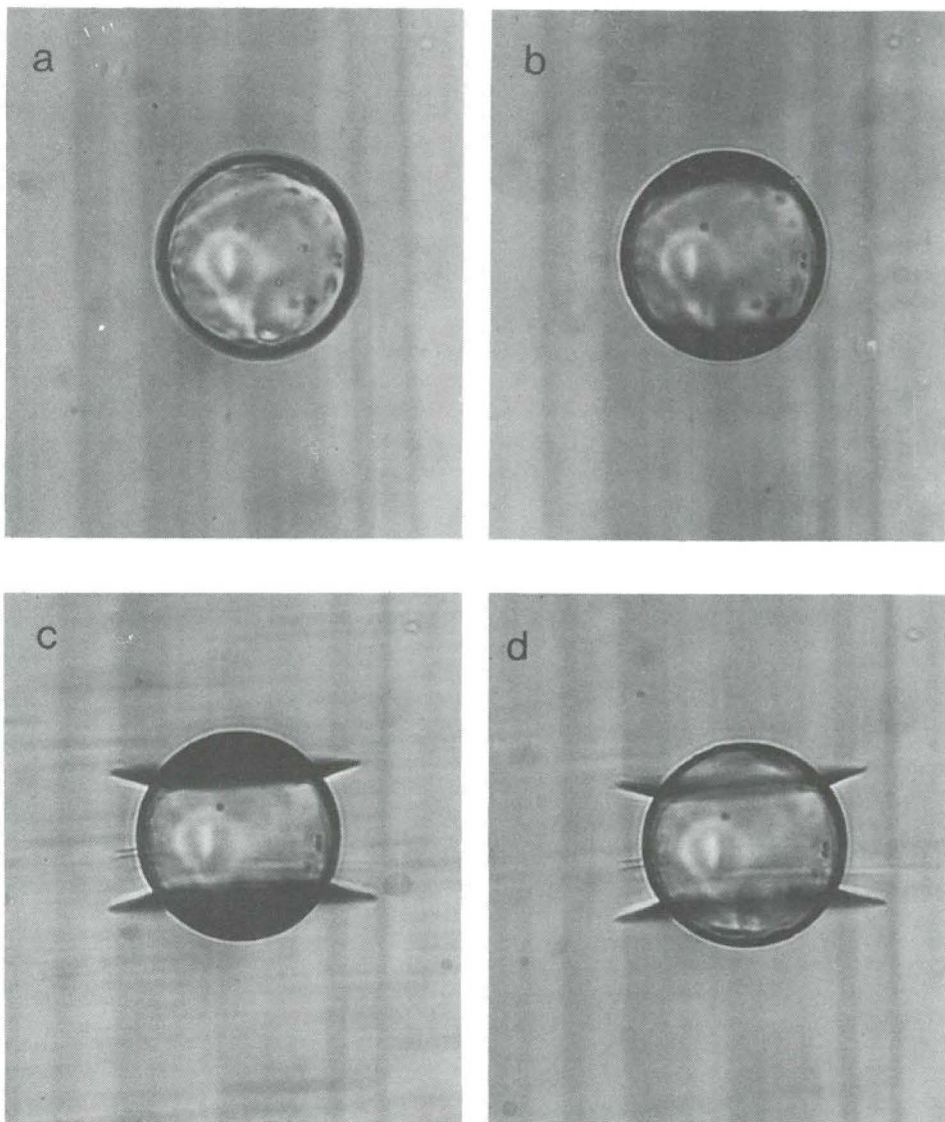
Figuur 4.
 Spanning (S)-rek (ϵ)-diagram voor polystyreen (PS) en slagvast polystyreen (HIPS). Grote rek van HIPS door aanwezigheid van crazes (zie figuur 3a en 3b).

*Figuur 5.
Breukvlak van
polystyreen-
polyetheen
mengsel zonder
hechting.*



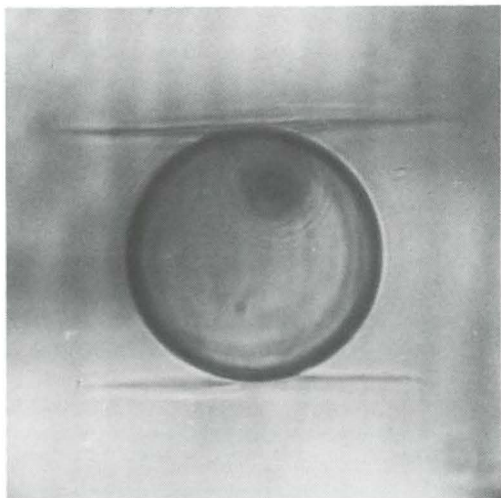
*Figuur 6.
Breukvlak van
polystyreen-
polyetheen
mengsel met
hechting.*



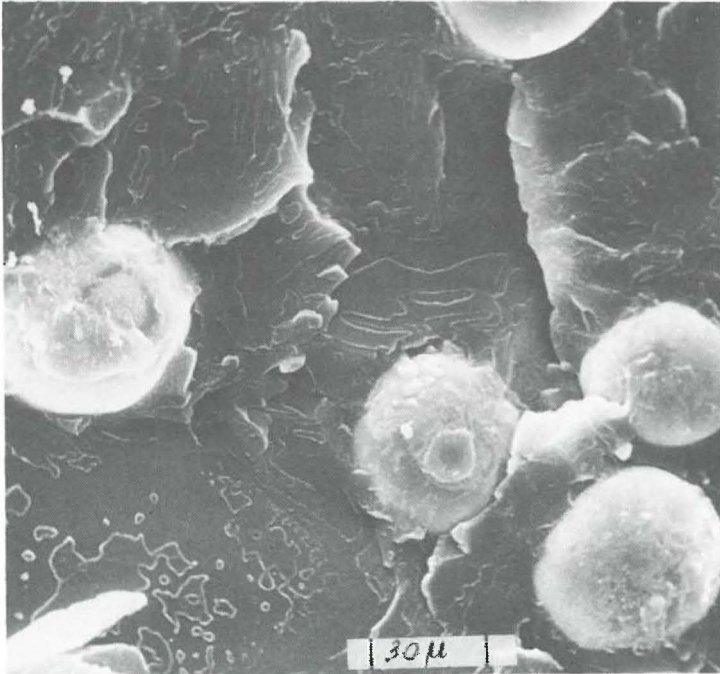


Figuur 7.
Vorming van holte (b) en craze (c) aan glasbol in polystyreen en sluiten van holte (d) na opheffen van de spanning. (a) vóór aanleggen van de verticale spanning.

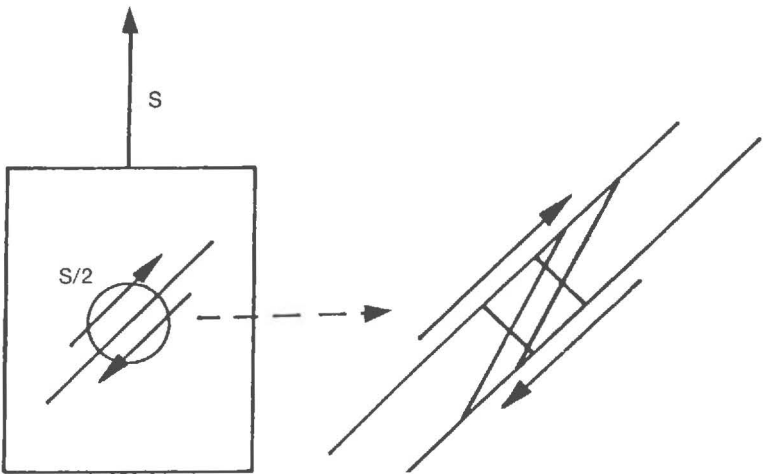
*Figuur 8.
Vorming craze aan glasbol
in polystyreen met hechting.
Spanning verticaal*



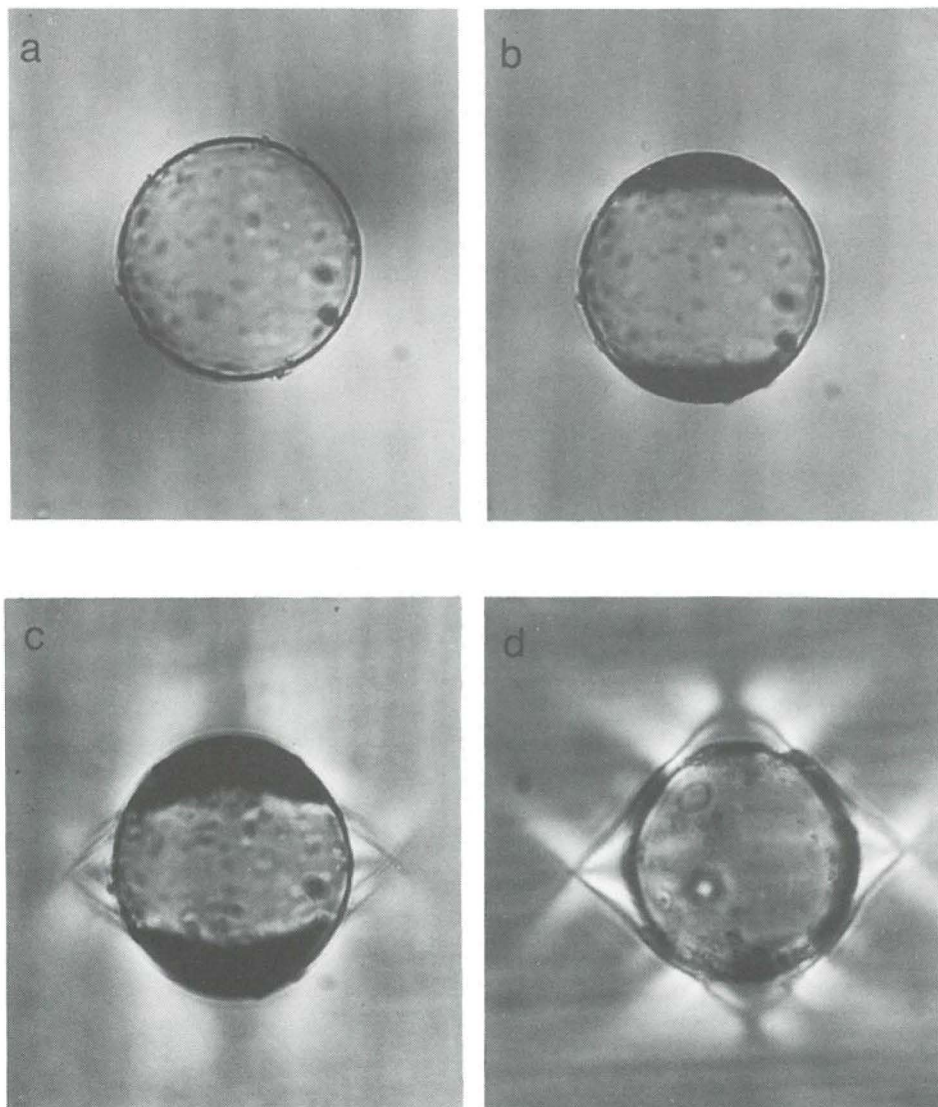
*Figuur 9.
Breukvlak van polystyreen en glasbol mengsel zonder hechting.*



Figuur 10.
Breukvlak van polystyreen en glasbol mengsel met hechting.



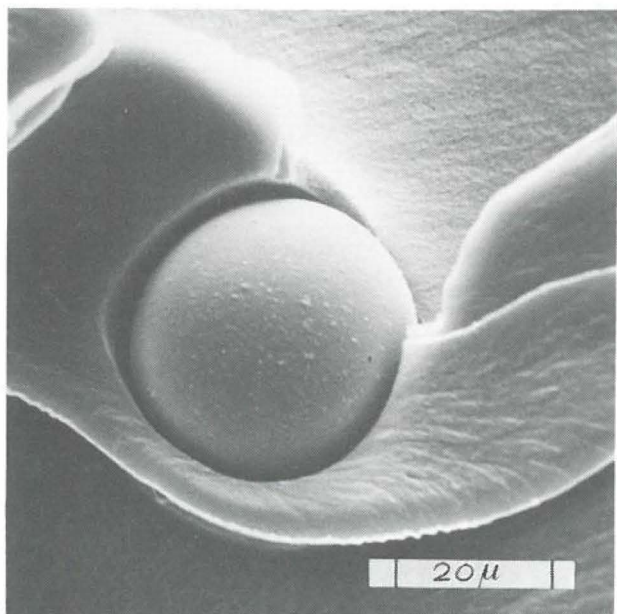
Figuur 11.
Deformatie door afschuifbanden. Spanningsrichting (S) verticaal.



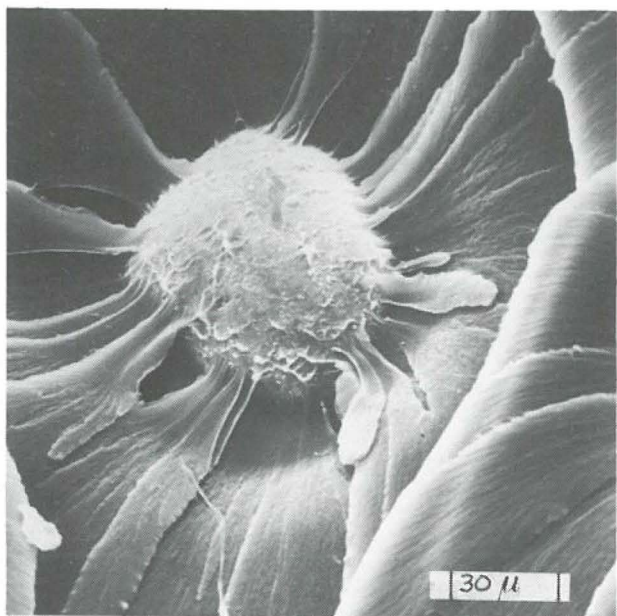
Figuur 12.

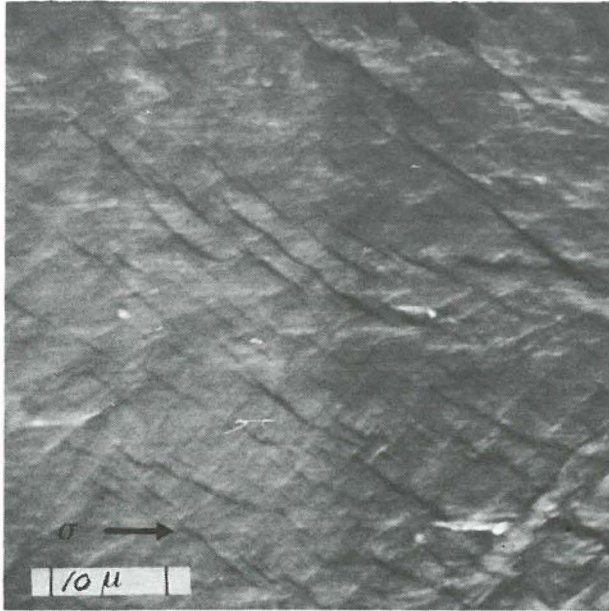
Vorming van holte (b), afschuifbanden (c) aan glasbol in polycarbonaat, zonder hechting. (a) vóór aanleggen van de verticale spanning. (d) vorming van afschuifbanden aan glasbol in polycarbonaat met hechting. Spanning verticaal.

*Figuur 13.
Breukvlak van
polycarbonaat
glasbol mengsel
zonder hechting.*



*Figuur 14.
Breukvlak van
polycarbonaat
glasbol mengsel
met hechting.*





Figuur 15.
Afschuifbanden in gerekt polyetheen in het begin van de insnoering
tijdens het rekken. Spanningsrichting horizontaal.