

Tempus ruit

Stevens, J.M.

Gepubliceerd: 01/01/1978

Document Version

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

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

[Link to publication](#)

General rights

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

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

Take down policy

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

TEMPUS RUIT

DR. J.M. STEVELS

TEMPUS RUIT

REDE
UITGESPROKEN BIJ HET AFSCHIED ALS BUITENGEWOON HOOGLERAAR
IN DE AFDELING DER SCHEIKUNDIGE TECHNOLOGIE AAN DE
TECHNISCHE HOGESCHOOL TE EINDHOVEN OP VRIJDAG 15 DECEMBER
1978

DOOR

DR. J.M. STEVELS

*Mijne Heren Curatoren,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren van de wetenschappelijke, technische en
administratieve staf,
Dames en Heren Studenten
en voorts
Gij allen, die door uw aanwezigheid van uw belangstelling blijk geeft,*

Zeer gewaardeerde toehoorderessen en toehoorders,

Met deze enigszins ouderwets aandoende woorden mocht ik, nu precies zeventien jaar en twee weken geleden het ambt aanvaarden van buitengewoon hoogleraar in de Anorganische Chemie in de afdeling der Scheikundige Technologie van deze Technische Hogeschool.

Sedertdien zag ik vele malen de pedel deze zaal binnenschrijven en vaak heb ik hem horen uitroepen nadat hij plechtig met zijn staf op de grond had geslagen: 'De tijd is verstreken'. Wanneer over twee weken het eind van het jaar met enig rumoer in radio en televisie en op straat zal worden gemarkeerd, zal ik onze pedel weer voor mij zien en beseffen, dat niet alleen het jaar, maar ook mijn tijd aan deze T.H. is verstreken.

Ik kan u niet verhelen, dat ik persoonlijk liever zou horen, dat hij 'hora est' zou roepen, niet omdat ik uit nostalgische overwegingen het Latijn als keuzevak in onze T.H. zou willen invoeren (hoewel ik opmerk dat dit misschien voor Frans, Duits, Engels of Nederlands wel aanbeveling zou verdienen), maar omdat deze taal vaak zo kernachtig kan uitdrukken waar het eigenlijk om gaat. En afgezien van het feit, dat deze drie lettergrepen een zin vormen, die geworteld is in een aloude academische traditie klinkt zij mij zinvoller en meer efficiënt in de oren dan de ietwat lange en wat houterig aandoende formule, die nu wordt gebruikt.

Veel is er in die zeventien jaar gebeurd. Uit een alleszins betrouwbare bron, voor de juistheid waarvan ik overigens niet instaat, put ik de volgende gegevens. Tussen 1961 en 1977 is het aantal Nederlanders gestegen van 11.7×10^6 tot 13.8×10^6 , het ziekteverzuim steeg van 5.5% tot 11%, het aantal werkelozen steeg van 42.900 tot meer dan 200.000, de verkoop van nieuwe personenauto's steeg van 12×10^4 tot 51×10^4 per jaar, de consumptie van bier per jaar per hoofd van de bevolking steeg van 26.4 liter tot 83.9 liter, het aantal geregistreerde scooters in Nederland daalde van 68.387 tot ongeveer 3.000, de productie van aardgas steeg van vrijwel niets tot 94.3×10^9 m³, het financieringstekort van de over-

heid steeg van 277×10^6 gulden tot 8.434×10^6 gulden, de waarde van de gulden steeg globaal van 28 tot 50 dollarcent. Deze cijfermatige gegevens tonen aan welke enorme veranderingen in Nederland in deze zeventien jaar hebben plaatsgevonden en zij zijn, naar ik meen ook relevant voor de westerse wereld. Maar dit alles is nog maar kinderspel wanneer men het vergelijkt met andere, veel belangrijker aspecten.

Om de gedachten te bepalen behoeft ik u op zuiver technisch gebied slechts te wijzen op de vorderingen in de computertechniek, de mikro-elektronika, de moleculaire biologie, de preventieve en de therapeutische geneeskunde.

Het politieke denken, de benadering van problemen van milieu en gezondheid, leven en dood, de gedachten over de verhouding van de mens tot zijn naaste hebben in deze korte spanne tijds een zo geweldige evolutie doorgemaakt, dat men in feite van een maatschappelijke en culturele revolutie kan spreken.

Ik hoop niet dat u nu van mij verwacht dat ik in dit uur mijn ideeën over al deze gewichtige zaken zal geven. Daarvoor zou ik behalve chemicus, ook econoom, electronicus, bioloog, politicus, theoloog, medicus en socioloog moeten zijn. Maar de geweldige veranderingen in onze samenleving in een zo korte spanne tijds kwamen wel in mijn gedachten, toen ik mij neerzette om een plan te maken voor dit afscheidscollege.

En weer is er een kort Latijns gezegde, dat zo kernachtig uitdrukt wat ik u in dit uur zou willen zeggen en dat ik dan ook als titel voor mijn toespraak wil kiezen namelijk: Tempus Ruit, de tijd snelt voort.

Tempus Ruit: in dit afscheidskollege wil ik deze kernachtige spreuk toepassen op twee dingen, die mij bijzonder aan het hart liggen, namelijk het universitair onderwijs en mijn eigen vakgebied. Als agenda voor dit uur stel ik mij voor eerst iets te zeggen over het eerste onderwerp, daarna iets over het tweede en vervolgens weer iets over het eerste en dan meer toegespitst op de situatie aan onze Technische Hogeschool.

Tempus Ruit: in hoge mate is dit van toepassing op de ontwikkelingen in de academische wereld. Wanneer men de laatste zeventien jaren overziet, dan komen uit de aard der zaak de gebeurtenissen in 1968 in Frankrijk, hier en elders in de herinnering. De repercussies bleven niet uit. Terwijl in Frankrijk, waar de gebeurtenissen een stormachtig verloop hadden, de olifant een muis baarde, lijkt het erop dat in Nederland het omgekeerde gebeurde, namelijk dat de muis een olifant baarde, of misschien moet ik wel zeggen een duizendkoppig monster, dat men in ambtelijke termen de Wet Universitaire Bestuurshervorming noemt die een drastische hervorming van het bestuursapparaat en derhalve van de beleids-

vorming aan onze universiteiten tot gevolg had.

Tempus Ruit: een van de uiterlijke tekenen, die erop wijzen hoeveel in een korte spanne tijds is veranderd, is de aanhef van inaugurele redes en afscheidscolleges. Ik stipte bij het begin van mijn toespraak reeds aan, hoe deze omstreeks 1961 – met overigens kleine variaties – luidde. U zult daarnaar met enige verwondering geluisterd hebben, maar ik wil na deze korte inleiding overgaan tot mijn eigenlijke afscheidscollege met een aanhef die meer overeenkomstig de geest van de tijd is en daarbij allen die onze THE met zoveel wijsheid besturen die eer bewijzen, waar zij volgens de WUB recht op hebben. Tot uw geruststelling kan ik zeggen, dat u daarbij vooral niet hoeft te vrezen, dat het uur, dat ik van uw geduld mag vragen, pas op dit moment zal ingaan.

Mijnheer de Rector,

Mijne Heren Leden van het College van Bestuur,

Mijne Heren Leden van het College van Dekanen,

Dames en Heren leden van de Hogeschoolraad, van de Afdelings- en Vakgroepsbesturen, van de Afdelingsraden, van de Vakgroepen en van de Onderwijs- en Onderzoekcommissies,

Dames en Heren behorend tot de verschillende geledingen van onze Technische Hogeschool,

Zeer gewaardeerde toehoorders, beste vrienden en vriendinnen,

De opdracht, die ik bij mijn benoeming aan deze Technische Hogeschool aanvaardde, is onderwijs te geven in de anorganische chemie, in het bijzonder de silikaatchemie.

Gezien de ervaring die ik in mijn industriële loopbaan had verworven, zou het misschien voor de hand gelegen hebben indien ik mij ook hier geheel gewijd zou hebben aan onderzoek en onderwijs inzake glasachtige systemen.

Hoewel dit gebied altijd mijn grote belangstelling heeft behouden, heb ik welbewust ook een ander gebied in mijn werk aan onze T.H. betrokken, namelijk dat van de klassieke keramische materialen.

Eenzijds was op dit punt in de jaren zestig aan de Nederlandse Hogescholen een vacuüm ontstaan, omdat de activiteiten op het gebied van glas en keramiek aan onze zusterinstelling in Delft, die in de jaren twintig waren ontstaan, door verschillende oorzaken tot een eind waren gekomen, anderzijds omdat het voor de hand ligt onder silikaatchemie ook de chemie van de grof- en fijnkeramiek te verstaan.

Op grond van deze overweging heb ik dan ook sedert 1961 ieder jaar een

globaal college gegeven, 'Keramische Materialen', waarin ik getracht heb een overzicht te geven van verschillende aspecten van grofkeramiek, fijnkeramiek, glas, email, cement en elektrokeramiek.

Officiële dictaten over de behandelde stof heb ik om verschillende, mijns inziens goede redenen niet doen uitgeven. Gelukkig maar, want wanneer men de inhoud van het college uit 1961 vergelijkt met dat van 1978, dan kan men constateren, dat deze op vele punten sterk is veranderd. Zelfs de zeer elementaire grondslagen van het gehele gebied blijken zeer wezenlijk anders te zijn geworden en ook hier gelden dus onverbidlijk de woorden, die ik als titel van dit afscheidscollege gebruikte. Aan een universitaire instelling behoort volgens de letter en in de geest van de wet en mijns inziens terecht, zowel aan onderwijs als aan onderzoek een plaats ingeruimd te worden. In mijn geval heeft het onderzoek zich naast het gebied der glasachtige systemen uitgestrekt tot dat der klassieke keramiek en door een aantal bijzondere omstandigheden, waar ik hier niet nader op zal ingaan, met name tot dat der fijnkeramiek.

Graag zou ik u nu iets vertellen over de recente ontwikkelingen op beide gebieden, en daarbij ook aanstippen welke bijdragen aan deze ontwikkeling door het werk in onze T.H. door de TNO-werkgroep Fijnkeramiek geleverd zijn. Ik zal mij echter enige beperkingen moeten opleggen en een keuze doen omdat ik anders te veel van uw tijd zou vergen. Ik beperk mij ertoe enige aspecten te belichten van het recente onderzoek aan het materiaal glas.

Het is moeilijk een goede definitie van glas te geven, maar de beste is waarschijnlijk die, welke gegeven is door de Commissie C14 van de American Society for Testing Materials: Glass is an inorganic product of fusion cooled down to a rigid condition without crystallization.

Enige toelichting is hier zeker op zijn plaats. Koelt men een vloeistof langzaam af, dan betekent dit, dat de samenstellende deeltjes van die vloeistof (atomen of molekulen) steeds minder beweeglijk worden.

Vaak is het zo dat bij een bepaalde temperatuur, het z.g. stolpunt, de vloeistof overgaat in een kristallijne vaste stof. Van dit gedrag kan men talrijke voorbeelden vinden, zoals b.v. vele oxiden en zouten.

Kiezen wij als voorbeeld keukenzout, dan moeten wij ons voorstellen dat de vloeistof is opgebouwd uit Na^+ -ionen en Cl^- -ionen, die zich daarin zonder veel regelmatigheid kunnen bewegen. Bij het stolpunt nemen de ionen wèl min of meer een vaste plaats in: zij vormen een z.g. kristalrooster. Zulk een kristalrooster is gekenmerkt door periodiciteit, d.w.z. men kan door dit kristal lijnen trekken waarin telkens de Na^+ -ionen op

onderling gelijke afstanden voorkomen. Dit zelfde geldt ook voor de $C1^-$ -ionen. Omdat deze periodiciteit in de regel over grote afstanden (d.w.z. vele atoomafstanden) aanwezig is, zegt men dat een kristalrooster het kenmerk bezit van 'long range order'. Het behoeft geen betoog, dat de aanwezigheid van 'long range order' automatisch 'short range order' impliceert. Systemen, die zich op de beschreven wijze gedragen, noem ik voor het gemak van mijn betoog kristalvormende systemen.

Er zijn echter ook systemen, die zich anders gedragen. Een typische representant van deze groep, die ik de glasvormende systemen noem, is het siliciumdioxide. In de natuur komt deze stof veelvuldig voor. Het heet dan kwarts en het is gekenmerkt door een enigszins ingewikkelde maar toch regelmatige stapeling van silicium en zuurstofionen. Ieder siliciumion is daarbij omgeven door 4 zuurstofionen, waarvan de centra op de hoekpunten van een regelmatige tetraëder liggen. Deze tetraëders nu zijn op regelmatige wijze in de ruimte gerangschikt en op deze manier ontstaat een kwartskristal. De samenhang van dit kristal ontstaat daardoor dat ieder zuurstofion deel uitmaakt van 2 tetraëders. Zij vormen als het ware de bruggen tussen de siliciumionen en zij worden dan ook wel brugzuurstofionen genoemd.

Verhit men zulk een kwartskristal boven zijn smeltpunt ($1710^{\circ}C$) dan ontstaat een vloeistof. Indien men deze vloeistof weer afkoelt, dan zal in de regel de regelmatige rangschikking van de tetraëders niet meer terugkomen. De ordening of kristallisatie blijft achterwege en daarmee samenhangend eveneens het optreden van een typische stoltemperatuur. Het lijkt erop, alsof het systeem zelfs ver beneden $1710^{\circ}C$ een vloeistof blijft (men noemt dit een onderkoelde vloeistof). Naarmate de temperatuur verder daalt, wordt het systeem steeds minder beweeglijk (viskeuzer) en gaat het – men zou haast zeggen ongemerkt – over in iets dat zich geheel gedraagt als een vaste stof. Bij kamertemperatuur is het systeem vormvast en hard en men kan dan vervolgens de A.S.T.M.-definitie zeggen dat zich een glas gevormd heeft: er is in het door ons beschreven geval kwartsglas ontstaan.

Waarom vormt nu siliciumdioxide bij verhitten en afkoelen een glas en keuzenzout niet? De reden is dat bij de laatste stof de vloeistof geheel uit kleine beweeglijke ionen is opgebouwd, die zich gemakkelijk tot een geordend rooster aaneenleggen, terwijl in het eerste geval in de vloeistof reeds conglomeraten van siliciumionen en zuurstofionen voorkomen (dank zij de grote chemische attractie die deze ionen voor elkaar hebben). Deze conglomeraten die van de grootte van 100 Å zijn, zullen zich

bij afkoelen zeer moeilijk tot een regelmatig rooster aaneenleggen. Toch zullen bij afkoelen uiteindelijk een aantal 'noodverbanden' tussen de conglomeraten gelegd moeten worden en zo krijgt men tenslotte toch het vaste produkt dat men glas noemt.

Het hier gegeven beeld doet onmiddellijk begrijpen wat de overeenkomst en het verschil is in de bouw van het kwartskristal en het kwartsglas. Zoals men reeds lang geleden heeft kunnen aantonen met behulp van Röntgendiffractieanalyse, zijn beide opgebouwd uit dezelfde SiO_2 -tetraëders, maar bij het kristal vormen deze een regelmatig rooster, gekenmerkt door een strikte periodiciteit in de ruimte, bij het glas vormen de tetraëders een z.g. netwerk, gekenmerkt door afwezigheid van periodiciteit.

Populair uitgedrukt zou men kunnen zeggen dat het kwartsglas een rommelige of wanordelijke structuur heeft. In de terminologie die we reeds bezigden, kan men zeggen dat glas een vaste stof is, die een structuur heeft, die gekenmerkt is door de aanwezigheid van 'short range order' (men denke aan de regelmatige polyeders waaruit ook het kwartsglas is opgebouwd) maar door de afwezigheid van 'long range order'.

Met behulp van Röntgendiffractieanalyse heeft men aangetoond, dat dit typische 'negatieve' kenmerk van ons kwartsglas zeer algemeen geldt voor de glasvormende systemen die zich in de vaste toestand bevinden. Er is nog een ander negatief kenmerk van glasachtige systemen, dat, naar ik meen, niet zo algemeen bekend is als het reeds behandelde, maar dat toch van essentieel belang is. Men kan nl. laten zien dat een glas gekenmerkt is door 'long time fluidity' maar tevens door de afwezigheid van 'short time fluidity', waarbij ik mij dan van twee Engelse termen bedien, enerzijds vanwege de analogie met eerder genoemde begrippen, anderzijds omdat het woord 'fluidity' in de zin zoals ik dat bedoel geen goed Nederlands equivalent heeft.

Enige toelichting van mijn stelling is zeker nodig. Wij beschouwen weer een glasvormend systeem in de vloeibare toestand. Bij iedere temperatuur en druk (laten wij zeggen de atmosferische druk) 'behoort' een bepaalde structuur, die zich manifesteert in een aantal fysische grootheden van het systeem. Wij kiezen voor het gemak van ons betoog het volume van een bepaalde hoeveelheid materie als voorbeeld van zulk een fysische grootheid. Kristalvormende systemen vertonen bij langzame afkoeling een geleidelijke volumeverandering (thermische contractie) totdat bij het stolpunt, ten gevolge van de plotselinge ordening of kristallisatie een aanzienlijke volumevermindering optreedt. Men noemt dit een

fasenovergang van de eerste orde. Beneden het stolpunt wordt de verdere volumevermindering uitsluitend bepaald door de thermische contractie, waarbij geen wezenlijke structuurverandering meer optreedt.

Glasvormende systemen vertonen bij langzame afkoeling ook een geleidelijke volumevermindering, maar zij 'vergeten' zoals wij gezien hebben te kristalliseren.

In het gebied van de onderkoelde vloeistof past het volume zich steeds bij de afnemende temperatuur aan. In dit geval is de volumevermindering niet alleen het gevolg van de thermische contractie, maar ook van een verandering in de structuur.

Deze structuur is hier namelijk wél afhankelijk van de temperatuur. Zo weet men dat bij sommige systemen bij twee situaties die b.v. slechts 1°C in temperatuur verschillen een merkbaar verschil in de evenwichtsstructuur kan bestaan. In het gebied van de onderkoelde vloeistof is de *aanpassing* van die structuur aan de temperatuur nog zo snel, dat er steeds een evenwichtssituatie is. Anders gezegd: in het beschouwde gebied is de z.g. relaxatietijd van de strukturaanpassing uiterst klein (variërend tussen 10^{-10} seconde tot 1 minuut, zulks afhankelijk van de heersende temperatuur).

Gaat men naar nog lagere temperaturen, dan wordt de relaxatietijd van de strukturaanpassing snel groter en groter. Koelt men het systeem af met een snelheid zoals die in de glastechnologie gebruikelijk is (b.v. $1^{\circ}/\text{minuut}$) dan zal het duidelijk zijn dat in het temperatuurgebied waar de relaxatietijd van de strukturaanpassing van de orde van een minuut is geworden, de structuurverandering de temperatuurverandering net kan 'bijhouden'. Men heeft dan de z.g. transformatietemperatuur T_G bereikt. Bij temperaturen lager dan T_G neemt het volume langzamer af dan in het gebied van de onderkoelde vloeistof. Er komt dus een knik (geen sprong) in het volume-temperatuur-diagram en in de terminologie der thermodynamica is er sprake van een fasenovergang van de tweede orde. Het systeem is nu een glas geworden. De structuur hiervan is niet meer 'aangepast' aan de temperatuur en in de terminologie van de thermodynamica moet men zeggen dat het systeem in een labiel evenwicht verkeert.

Voor de gangbare, technisch bruikbare glazen (waarover ik u later meer zal vertellen) ligt de transformatietemperatuur in de buurt van $450\text{--}600^{\circ}\text{C}$ afhankelijk van de chemische samenstelling van het systeem. De relaxatietijd van de strukturaanpassing is daar van de orde van 1 minuut, maar deze neemt snel toe, naarmate men naar lagere temperaturen gaat. Bij kamertemperatuur is deze relaxatietijd van de orde van vele

duizenden jaren geworden.

De relaxatie van de structuur, of anders gezegd, het materiaaltransport in het glas is nu zo traag, dat de overgang van de situatie van labiel evenwicht naar het echte evenwicht d.w.z. de ordening of kristallisatie achterwege blijft. Men drukt dit ook wel eens zo uit, dat de labiele evenwichtsstructuur is *ingevroren*.

Het is een gelukkige omstandigheid, dat dit verschijnsel van het invriezen bestaat. Indien dit niet zo was, zouden wij het enerzijds in deze wereld zonder glas moeten stellen. En denkt u zich onze materiële levensomstandigheden zonder dit onmisbaar materiaal in! Anderzijds zouden ook de interessante glazen voorwerpen die 4000 jaar geleden in het Midden-Oosten en elders gemaakt zijn niet meer bestaan.

Het gevormde materiaal glas gedraagt zich als een vormvast en hard materiaal (afgezien van een geringe thermische uitzetting); wij hebben dit al eerder uitgedrukt door te zeggen dat glas gekenmerkt is door de afwezigheid van short time fluidity.

Long time fluidity heeft glas echter natuurlijk wel. De rheoloog Max Reiner heeft op dit punt een verhelderend begrip ingevoerd, nl. het Deborahgetal.

Dit getal is ontleend aan het strijdlied van Debora en Barak, dat opgetekend is in de Bijbel. In Richteren 5 vers 5 staat volgens de tekst van de Statenvertaling: De bergen vervloten voor het aangezicht des Heeren. Deze vertaling is juist, wanneer men haar vergelijkt met de oorspronkelijke Hebreeuwse tekst, in tegenstelling tot die in de officiële Duitse en Engelse bijbelvertalingen.

Debora wist, dat zelfs de bergen in verloop van de tijd worden veranderd, maar probeert men die veranderingen te constateren of te meten in tijden in de orde van grootte van een mensenleven of korter dan kan men die niet waarnemen.

Reiner voerde bij de beschrijving van relaxatieverschijnselen een dimensieloos getal in dat hij het Deborahgetal noemde. Dit getal wordt gedefinieerd als de relaxatietijd van het onderzochte proces (in ons geval de structuraanpassing) gedeeld door de waarnemingstijd.

Men kan laten zien, dat bij de glasvormende systemen in het gebied van de onderkoelde vloeistof het Deborahgetal bij afnemende temperatuur toeneemt van 10^{-10} tot 1, welke laatste waarde per definitie bereikt wordt bij T_G .

Bij temperaturen lager dan T_G neemt het Deborahgetal snel toe. Men heeft plausibel gemaakt dat bij kamertemperatuur het Deborahgetal (dat uit de aard der zaak afhankelijk van de samenstelling van het glas is) van

de orde van 10^{10} zal zijn. Men moet ontzettend lang wachten – langer dan een mensenleven – om macroscopisch veranderingen van het glas bij kamertemperatuur waar te kunnen nemen, met andere woorden: glas is gekenmerkt door de afwezigheid van short time fluidity. Maar het is goed zich te realiseren dat de veranderingen er wel zijn! Zij zijn het gevolg zoals wij later zullen zien, van een groot aantal microprocessen (structuurveranderingen) die voortdurend in het systeem plaatsvinden. Er is dus wel sprake van een long time fluidity.

Het feit dat een glasvormend materiaal een zeer laag Deboragetal heeft bij temperaturen hoger dan T_G (en daar dus wel short time fluidity vertoont) en een zeer hoog Deboragetal bij kamertemperatuur is van groot belang bij de vormgeving van allerlei voorwerpen die men van glas pleegt te maken, zoals flessen, vensterruiten, ampullen, ballons, buizen en lenzen. Bij deze vormgeving kan men dus allerlei processen toepassen, waarbij het glas zeer snel vervormt, zoals blazen, trekken, walsen, zulks in tegenstelling tot de kristallijne en polykristallijne materialen.

Bij deze laatste groep is in het algemeen wel een z.g. koude bewerking mogelijk, zoals snijden, afdraaien, slijpen en polijsten, maar daarin onderscheidt zij zich niet van de glasachtige systemen, waar koude bewerking in deze zin ook zeer goed mogelijk is en ook wordt toegepast.

Deze eigenschap is ook van groot belang gebleken bij de meer recente toepassingen van glas in de laatste twintig jaar, het tijdperk waarover ik u vandaag in het bijzonder wil spreken.

Men kan zeggen dat in 1961 de fabricage van de bovengenoemde categorieën van glazen voorwerpen technisch volledig was gerealiseerd. Omstreeks die tijd begon in de techniek en vooral in de elektrotechniek het tijdperk van de miniaturisatie en men kan constateren, dat glas als materiaal daarin volledig zijn partij heeft meegespeeld, vooral weer dank zij die zeer lage en zeer hoge Deboragetallen bij temperaturen resp. hoger en lager dan T_G , waardoor grote flexibiliteit bij de vormgeving mogelijk is.

Ik denk hierbij aan ontwikkeling op gebieden die ik zou willen karakteriseren met termen als vezeloptiek, kanaalplaten en glasvezels voor optische communicatie, alle drie revolutionaire ontwikkelingen uit de laatste twintig jaren. Ik zou die graag summier met u willen bespreken, waarbij ik dan hoop, dat u daarna met mij ook enigszins verbaasd zult kunnen uitroepen: tempus ruit, ook op het gebied van de toepassingen van glas. Wij hebben gezien dat kwartsglas is opgebouwd uit een niet-geordende structuur van SiO_4 -tetraëders, waarin allerlei holten van atomaire-grootte voorkomen.

De in de techniek gangbare glasachtige systemen hebben vrijwel altijd een zeer ingewikkelde chemische samenstelling. Behalve siliciumdioxide kunnen zij ook andere oxiden zoals natriumoxide, kaliumoxide, loodoxide en oxiden van veel andere metalen bevatten. Men kan deze glazen maken door eenvoudig de gewenste oxiden met siliciumdioxide (zand) tot een homogene smelt te verhitten en deze vervolgens af te laten koelen.

De structuur van deze glazen lijkt veel op die van kwartsglas. Zij is opgebouwd uit SiO_4 -tetraëders. De toegevoegde metaalionen vinden hun plaats in de holten, die in het netwerk aanwezig zijn. De overmaat zuurstofionen, die de metaaloxiden met zich hebben meegebracht worden zodanig in het Si-O-netwerk opgenomen, dat telkens een brugzuurstof door twee z.g. zwevende zuurstofionen worden vervangen. Naarmate dus meer van bedoelde metaaloxide aan de smelt wordt toegevoegd, des te lossier wordt het Si-O-netwerk.

Men noemt in het gegeven voorbeeld het silicium ion het netwerkvormende ion, de genoemde metaalionen de netwerkwijzigende ionen.

Laten wij nu eens bekijken, hoe deze netwerkwijzigende ionen de eigenschappen van zulk een glasachtig systeem beïnvloeden, en als voorbeeld nemen wij het natriumion. Dit ion bevindt zich in de holten van het (onregelmatige) Si-O-netwerk. Laat men het systeem geheel aan zichzelf over, dan zullen de Na^+ -ionen van holte tot holte heen en weer springen. Men noemt dit de (zelf)diffusie van deze ionen, bij kamertemperatuur een uiterst traag proces, zo traag, dat het nauwelijks meetbaar is. Bij temperaturen bij en veel hoger dan T_G kan men het proces veel beter bestuderen omdat de ionen daar meer energie hebben en zich gemakkelijker door de passages tussen de holten heen kunnen wringen. Experimenten hebben laten zien dat een ion een energie van de orde van 0.5-0.8 eV, afhankelijk van de samenstelling van het glas, uit zijn omgeving moet opnemen, om deze sprong te kunnen maken.

Onderwerpt men het glas aan een elektrische gelijkspanning, dan zullen de Na^+ -ionen, die immers zelf een elektrische lading hebben, gemiddeld meer in de richting van de negatieve elektrode lopen dan in tegengestelde richting m.a.w. er ontstaat een elektrische stroom. Uit de afhankelijkheid van deze stroom van de temperatuur kan men weer de (activerings)energie voor de sprong berekenen, en deze blijkt bij een zelfde samenstelling van het glas precies dezelfde waarde te hebben. Dit is ook te verwachten, omdat wij bij diffusie en elektrische geleiding met eenzelfde sprongmechanisme te maken hebben.

Overigens is de elektrische stroom, die men op deze wijze door glas kan

trekken uiterst gering. Bij kamertemperatuur is de specifieke weerstand, wederom afhankelijk van de aard van het glas, van de orde van 10^{16} tot 10^{10} Ωcm . De technisch gangbare glazen zijn dus alle isolatoren, hoewel onderlinge verschillen van de grootte orde van een faktor 10^6 zeker voorkomen.

In het begin van de jaren zestig werden ook z.g. halfgeleidende glazen ontwikkeld. Deze berusten op een geheel ander principe. Kiest men als netwerkwijzigend ion b.v. het ijzerion, en zorgt men ervoor dat deze ijzerionen dicht genoeg bijelkaar zitten, m.a.w. dat zij in voldoende concentratie aanwezig zijn, dan kan men glasachtige systemen maken die de elektriciteit veel beter geleiden. De specifieke weerstand bij kamertemperatuur is dan van de orde van 10^8 tot 10^3 Ωcm . De geleiding wordt nu veroorzaakt doordat er elektronen springen van de aanwezige Fe^{2+} -ionen (ijzeratomen die twee elektronen missen) naar Fe^{3+} -ionen (ijzeratomen die 3 elektronen missen). Daardoor ontstaan resp. een Fe^{3+} en een Fe^{2+} -ion, met andere woorden de oorspronkelijke toestand wordt ongeveer hersteld. Dit betekent dat de activeringsenergie heel laag moet zijn (zij is dan ook van de orde van 0.1 eV). Deze zg. 'halfgeleidende' glazen zijn dus hoofdzakelijk elektronengeleiders en geen ionengeleiders – althans bij kamertemperatuur.

Keren wij na dit uitstapje weer terug tot de klassieke glazen. Hierbij is het ook interessant om na te gaan, hoe deze reageren op een aangelegd wisselveld.

Een Na^+ -ion zal door zulk een wisselspanning geholpen worden naar een andere holte te springen, maar zodra de richting van het (uitwendige) elektrische veld omkeert (een typische eigenschap van een wisselspanning) zal het weer terugspringen. Dit zal alleen kunnen gebeuren, als de periode van het wisselveld voor het Na^+ -ion voldoende lang is om de aanloop voor de sprong te kunnen nemen. Het kost dit ion nl. enige tijd (de relaxatietijd) om voldoende energie uit de omgeving op te nemen om de sprong te kunnen maken. Verandert de spanning te snel van richting, dan blijft de sprong achterwege.

De heen en weer springende Na^+ -ionen veroorzaken een warmte-effect in het glas en door de grootte hiervan te meten bij een groot aantal glazen met systematisch gevarieerde samenstelling en bij alle mogelijke temperaturen en frekwenties kan men conclusies trekken over de aard en het gedrag van de relaxerende deeltjes (in het door ons besproken voorbeeld dus de Na^+ -ionen). Omdat bij deze verschijnselen energie onttrokken wordt aan de aangelegde wisselspanning, spreekt men hier ook wel van dielektrische verliezen.

Wat de gebruikte frekwenties betreft, daartoe heeft men het gehele beschikbare gebied van frekwenties van 50 tot 10^{10}s^{-1} onderzocht. Voor de variatie van de temperatuur heeft men zich lange tijd beperkt tot temperaturen van kamertemperatuur tot b.v. 300°C .

Na 1961 heeft ook de groep Silikaatchemie van onze T.H. zich uitvoerig met dit onderzoek beziggehouden. Hoewel het onderzochte frequentiegebied relatief klein moest blijven (10^2s^{-1} tot 10^5s^{-1}), was het wel mogelijk de temperatuur belangrijk te variëren en wel van 4 K tot T_G , dat wil dus zeggen over een gebied van ongeveer 800 graden. Een systematische analyse van alle gegevens heeft ons geleerd, dat zich althans in de tot nu toe onderzochte systemen – en dat zijn er vrij veel geweest – 3 soorten relaxatieverschijnselen voordoen.

1. De netwerkwijzigende ionen kunnen in het wisselveld van holte naar holte en terug springen. Deze soort noemt men de migratieverliezen. Hun activeringsenergie is uit de aard der zaak van dezelfde grootte orde als die van de diffusie en het geleidingsvermogen nl. 0.5 - 0.8 eV.
2. De netwerkwijzigende ionen kunnen in hun eigen holte nog tussen verschillende posities in de ruimte heen en weer 'waggelen'. Dit zijn dus dielektrische verliezen ten gevolge van uiterst kleine bewegingen (local motions), die men vaak aangeeft met de zeer vreemde, maar jammer genoeg historisch zo gegroeide naam van deformatieverliezen. Hun activeringsenergie is van de orde van 0.1 eV en zij kunnen bij middenfrekwenties met succes gemeten worden bij zeer lage temperaturen (in de buurt van 4 tot 100 K). Graag wil ik in dit verband de Vakgroep Vaste Stof van de Afdeling der Technische Natuurkunde van onze T.H. zeer in het bijzonder danken voor de vele hulp, die zij onze groep bij dit onderzoek heeft verleend. De beide genoemde soorten verliezen hangen dus typisch samen met de beweging van de netwerkwijzigende ionen.
3. Tenslotte is er nog een derde soort relaxatieverschijnselen, die men de netwerkverliezen noemt. Deze zijn het gevolg van het feit dat in het netwerk telkens bindingen in het Si-O-netwerk verbroken en weer hersteld worden, waardoor dus als het ware brokstukken van het netwerk bewegen. Hun activeringsenergie is van de orde van 2.2-3.0 eV en zij zijn van dezelfde grootte – zoals begrijpelijk – van die van de viskeuze vloeï. Men kan deze verliezen met succes meten bij temperaturen in de buurt van T_G .

Daardoor zijn de metingen experimenteel wel ontzettend moeilijk en zijn er nog maar weinig gedaan. Een bijkomstige moeilijkheid is, dat zij

niet, om redenen die ik hier niet zal bespreken, met elektrische wisselvelden, maar met mechanische wisselvelden moeten worden uitgevoerd. Toch zijn zij belangrijk, want het zijn natuurlijk *deze* verschijnselen, die de aanpassing van de structuren aan de temperatuur bevorderen. Bij temperaturen ver beneden T_G worden zij zo weinig talrijk, dat die aanpassing sterk vertraagd wordt en zo ontstaat het 'invrieseffect', dat zo uiterst belangrijk is voor het bestaan van glas en dat het ook mogelijk maakt er iets van te fabriceren.

Na deze beschouwingen over structuur en eigenschappen is het tijd, met u de nieuwe toepassingen van glas in de laatste decennia te bespreken. Er is hier een zeer markant verschil met de klassieke toepassingen. Terwijl het materiaal glas in vensterruiten, flessen en lenzen een passieve rol speelt (het glas wordt zo gecomponeerd dat ongewenste eigenschappen achterwege blijven) is dit bij de moderne toepassingen anders: het glas gaat een actieve rol spelen. Dit betekent, dat gewenste eigenschappen bewust worden ingebouwd.

In de eerste plaats moet het gebied van de vezeloptiek genoemd worden. Reeds een jaar of dertig geleden kende men het principe dat licht geleid kan worden door een glasdraad met een diameter van 10-50 μm , omgeven door een mantel van glas met een lagere brekingsindex (van een paar μm). Daardoor krijgt men aan het binnengrensvlak van de mantel steeds totale terugkaatsing. Met behulp van bundels van deze coaxiale glazen draden kan men dus licht geleiden. Is de rangschikking van de draden in het begin- en eindvlak van deze bundels dezelfde, dan kan men ook beelden overbrengen. De toepassing vindt men op zeer uiteenlopende gebieden: in de geneeskunde b.v. om in de maag van een patiënt, in de werktuigbouw om in een ontoegankelijk deel van de machine te kijken. Amerikaanse auto's zijn tegenwoordig in het dashboard soms uitgerust met een 'een-dollar-set', waarmee de bestuurder te allen tijde kan controleren of zijn achterlicht, remlichten enz. behoorlijk functioneren.

In meer recente jaren is de vezeloptiekplaat van groot belang geworden, b.v. in beeldversterkers. In de plaat bevinden zich duizenden vezeltjes naast elkaar, terwijl de af te leggen weg in de bundel van de orde van 1 mm tot 10 cm is.

De toepassingen zijn legio. In een beeldversterker laat men een beeld op een fotokathode vallen, de uittredende elektronen worden versneld en opgevangen op een fosforiserende laag, die daardoor weer licht uitzendt. Het verkregen beeld wordt daarna weer afgebeeld op een fotokathode, enzovoort. In oudere constructies gebruikte men tussen de fosfor en de fotokathode een plaatje mica, maar daarbij treedt een zekere ver-

strooiing op, waardoor de kwaliteit en de intensiteit van het beeld achteruit gaat. Door nu tussen de fosforiserende laag en de fotokathode een vezeloptiekplaatje te plaatsen krijgt men een goede afbeelding zonder verstrooiingsverliezen.

Een tweede moderne toepassing van glas in de elektronica is de kanaalversterker en de kanaalplaat. Een kanaalversterker bestaat in principe uit een glazen buisje, waarvan de verhouding van de lengte tot de inwendige doorsnede ongeveer 50 is. Een elektron, dat men dat buisje instuurt, zal tegen de wand botsen en doordat glas een secundaire emissiecoëfficiënt heeft van 2 à 2.5 komt er bij iedere botsing gemiddeld meer dan een elektron vrij.

Is er in zo'n buisje plaats voor b.v. 10 botsingen, dan komen er aan de andere kant 10^5 tot 10^9 elektronen uit. Het is duidelijk dat deze elektronen 'nageleverd' moeten worden. Daarom wordt over het buisje een spanning van 2 à 3 kV gezet en dient de binnenzijde van het buisje van een elektronengeleidend glas te zijn voorzien. Hiervoor wordt vaak een fosforvanadaatglas gebruikt. Hierin zijn zowel V^{5+} als V^{4+} ionen aanwezig en deze dragen op een wijze als eerder beschreven, voor de elektronengeleiding zorg.

Plaatst men duizenden kanaalversterkers in een vast patroon evenwijdig aan elkaar, dan krijgt men kanaalplaten. Hierbij is het niet alleen mogelijk elektrische signalen te versterken, maar ook (licht)beelden over te brengen en tegelijkertijd te versterken. Enige toepassingen zijn die in Röntgenbeeldversterkers, waar men vaak kanaalplaten met buisjes van een diameter van $100 \mu\text{m}$ gebruikt, in kathodestraalbuizen met buisjes van een diameter van ongeveer $40 \mu\text{m}$ en in 'nachtkijkers' (waarbij zeer zwakke signalen van infrarood licht worden gedetecteerd) met buisjes van een diameter van ongeveer $5 \mu\text{m}$.

De techniek van de speciale fosforvanadaatlaag kan bij de kanaalplaten niet met succes worden toegepast. Men gebruikt daarvoor nu loodhoudende glazen. Nadat de kanaalplaat in zijn definitieve vorm is gebracht (waarover straks meer) wordt deze zorgvuldig in een waterstofatmosfeer gestookt, waarbij de Pb^{++} -ionen in de oppervlaktelaag worden gereduceerd tot Pb-atomen. Deze fijnverdeelde metaalclustertjes zorgen dan voor het juiste elektronengeleidingsvermogen.

Het is misschien interessant nog iets over de technologie van de fabricage van vezeloptiekplaten en kanaalplaten te vertellen. In principe is deze voor beide systemen gelijk. Bij vezelplaten gaat men uit van een vierkante of zeshoekige kern van glas (diameter van ongeveer 2 cm) en een daaromheensluitende mantel van een andere glassoort die het gewenste bre-

kingsindex verschil heeft. Bij de kanaalplaten kiest men als kern een kaliumborosilikaat glas en als mantel het reeds genoemde loodglas. Door nu staaf en mantel bij hoge temperaturen samen uit te trekken (dit kan alleen bij glas!) kunnen de dwarsafmetingen een twintigmaal zo klein worden. De zo verkregen draden kan men weer bundelen en samen uittrekken. Door dit proces twee- of driemaal te herhalen krijgt men het eindprodukt. Dit kan men dan in een glazen buis insmelten. Door van het verkregen resultaat plakken af te snijden krijgt men de vezeloptiekplaat.

Bij de kanaalplaat is er nog een behandeling nodig. Men kan namelijk het kaliumborosilikaatglas oplossen in water en zo krijgt men een structuur van buisjes, die na de besproken reductie in waterstof de gewenste kanaalplaten oplevert. Tegenwoordig kan men kanaalplaten met afmetingen van 15 x 15 cm maken, die in beeldversterkers en apparatuur voor nachtfotografie een belangrijke rol spelen.

Een laatste voorbeeld van de zeer snelle ontwikkeling van de laatste jaren is het gebruik van glas voor communicatiedoeleinden.

De communicatie per telefoon vindt plaats met behulp van draaggolven. Met behulp van de gebruikelijke draaggolf, een wisselstroom met een frekwentie van 10^9 Herz kan tegelijkertijd een groot aantal telefoongesprekken worden overgezonden. Hierbij worden de akoestische trillingen omgezet in elektrische en via een z.g. modulator als signalen op de draaggolf gesuperponeerd. Via een kabel wordt de gemoduleerde draaggolf naar een ontvanger gevoerd, waar de signalen worden 'uitgelezen' en vervolgens omgezet in de akoestische trillingen die als gesproken woord kunnen worden waargenomen.

Er zijn verschillende redenen, waarom men moet vrezen dat dit systeem in de toekomst niet meer zal kunnen blijven functioneren.

Enerzijds zijn de telefooncentrales in ruimtelijke omvang gelimiteerd door het gebruik van koperdraden, anderzijds blijkt nu al, dat bepaalde verbindingen (b.v. Washington-New York, München-Bonn, Amsterdam-Rotterdam) overbelast zijn. Ook de invoering van de videfoon en het feit dat er in de toekomst meer 'data transmissie' per telefoon zal komen, maken het nodig zich tijdig te bezinnen op systemen, die een grotere capaciteit hebben.

Kiest men een draaggolf met een frekwentie van 10^{14} Hz, dan kan men 10^5 maal zo veel informatie overbrengen. De energiebron moet dan een krachtige geconcentreerde en coherente lichtbron zijn. De keus is daarbij gevallen op een halfgeleider laser, in verband met het feit dat hij bij kamertemperatuur werkt en zijn straling gemoduleerd kan worden. De

draaggolf is dan infrarood licht met een golflengte van 900 nm en de koperen kabel dient vervangen te worden door een glazen kabel.

De voortplanting van de draaggolf is in principe dezelfde als bij de klassieke vezeloptiek, maar nu met een kernglas, meestal 3 μm dik en een mantelglas van 50 μm dik. De eisen, die men aan deze draden moet stellen, zijn enorm hoog. Men moet er draden van vele kilometers lang van kunnen trekken. De homogeniteit van het kernglas moet uitstekend zijn; zo beïnvloedt b.v. een plaatselijke afwijking van de brekingsindex van 0.001 de transmissie-eigenschappen aanzienlijk. Het oppervlak tussen kernglas en mantelglas moet om dezelfde reden absoluut foutloos zijn. Ook de verontreinigingen in het glas spelen een grote rol. In normaal technisch glas is een percentage van 0.05-0.1% ijzer niet ongebruikelijk, want dit is altijd wel aanwezig in de grondstoffen. In glas voor optische communicatie mag slechts van de orde van 0.000002% ijzer aanwezig zijn, omdat anders het laserlicht wordt geabsorbeerd en zo het signaal over grotere afstanden wordt verzwakt.

Helaas ontbreekt mij de tijd uiteen te zetten, hoe de glastechnologen erin geslaagd zijn al deze problemen op te lossen, maar ik kan u verzekeren, dat u er niet aan hoeft te twijfelen dat binnen afzienbare tijd de toepassing van communicatie door glazen draden een feit zal zijn.

Samenvattend zou ik willen zeggen, dat in de toepassingen van glas, vooral daar waar het gaat om uiterst kleine dimensies, in de laatste jaren een revolutionaire ontwikkeling heeft plaatsgevonden. De titel van de voordracht, die ik hedenmiddag voor u mocht houden, is hier dan ook in hoge mate van toepassing.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Tot besluit wil ik in het kort nog een geheel ander onderwerp aansnijden, en wel één dat direkt te maken heeft met onderwijs en onderzoek in de keramiek aan deze Technische Hogeschool.

Ik wandelde niet zo lang geleden in het Unterengadin en daar zag ik op een huis een gedicht staan. Toen ik de inhoud van deze dichtregels in mij had opgenomen besepte ik ineens hoezeer deze van toepassing zijn op het keramisch gebeuren in onze T.H.:

Qvid sis, qvid fveris, qvid eris,
Semper mediteris,
Sic minvs atque minvs,
Peccatis svbycieris.

Vrij vertaald: Denk altijd na over verleden, heden en toekomst, dan zult ge minder en minder ten prooi vallen aan uw dwalingen.

Laat ik eerst iets zeggen over de toekomst van de keramiek aan onze Technische Hogeschool. Ik geloof, dat men mag zeggen dat er een aantal potentiële mogelijkheden zijn om hier in Eindhoven tot een keramisch centrum van de Nederlandse universitaire wereld te komen (het woord 'zwaartepunt', hoewel dat hetzelfde betekent, wil ik liever vermijden, omdat het al een zekere betekenis heeft gekregen in het ambtelijke universitaire jargon). Ik noem er enige:

Aan de afdeling der Scheikundige Technologie van onze T.H. zijn nu reeds een aantal docenten – Stuyts, Stein en Metselaar – verbonden, die op keramisch gebied een uitstekende naam hebben. Er bestaat een uitgebalanceerd plan om in de toekomst een aantal colleges op dit gebied te geven, waarbij mogelijk nog meer docenten een rol zullen kunnen gaan spelen. Er zijn zeer concrete ideeën voor een interafdelingswerkgroep voor hoge temperaturen met onder andere een zeer interessant cermet project naast de keramiekgelieerde activiteiten, die reeds in verschillende vakgroepen bestaan.

Daarnaast moet zeker ook gedacht worden aan steun van buiten. Er zijn duidelijke tekenen, dat de keramische industrie het gebeuren aan onze T.H. met voortdurende en warme belangstelling volgt en dat zij daaruit de konsekwentie trekt, dat zij bereid is onderwijs en onderzoek moreel en financieel te steunen. Ook de Technische Fysische Dienst TNO-TH als intermediair met het bedrijfsleven, die al gedurende een tiental jaren door middel van de TNO-werkgroep in onze T.H. een belangrijke bijdrage aan het keramisch onderzoek heeft geleverd, heeft interessante nieuwe plannen die aan onze T.H. uitgevoerd zouden kunnen worden. Hier liggen geweldige mogelijkheden voor een goed samenspel tussen T.H. en de industriële research, een samenspel dat men in kringen van de T.H. altijd zegt zo graag te willen bevorderen.

Het is in dit verband, dat ik in het verleden wel eens enige zorgen heb gehad en daarom vraag ik u op dit moment en op deze plaats uw aandacht voor de passage over verleden en toekomst in het geciteerde gedichtje.

Wat dat verleden betreft hoop ik dat u mij toestaat iets over mijn eigen werkomstandigheden aan deze T.H. te zeggen. Met grote dankbaarheid denk ik aan alles wat ik hier heb mogen ondervinden.

In het bijzonder wil ik hier de namen noemen van dr. Stein, die van 1961 tot 1969 en van dr. Vogel, die van 1970 tot heden als wetenschappelijk hoofdmedewerker aan onze groep verbonden waren.

Voor het vele belangrijke werk, dat zij gedaan hebben, voor de steun en de vriendschap die ik van hen mocht ondervinden, wil ik hen op dit uur en op deze plaats heel hartelijk danken.

Vele toegewijde jonge mensen hebben in de loop der jaren in onze groep in hun afstudeerwerk en in hun proefschriften een bijdrage geleverd tot uitbreiding van keramische kennis. Dit was enerzijds mogelijk doordat zij daarvoor veel van hun tijd en talenten hebben ingezet, anderzijds doordat er altijd een maecenas te vinden was die in hun levensonderhoud door middel van promotieplaatsen wilde voorzien. In dit verband wil ik allen gaarne heel hartelijk danken, die dat hebben mogelijk gemaakt: de Stichting Scheikundig Onderzoek in Nederland, en met name daarvan de werkgemeenschap voor de Chemie van de Vaste Stof, het Enci-jubileumfonds, de Technische Fysische Dienst TNO-TH, de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken en het Nationaal Comité van de Nederlandse Glasindustrie. Zonder deze hulp voor het onderzoek was de groep Silikaatchemie eenvoudig niet levensvatbaar geweest.

Er is nog een ander aspekt, waarvan ik geloof dat zij een allereerste levensvoorwaarde is voor zinnig werk aan de T.H., een voorwaarde, waaraan in het verleden voor de keramische vakken gelukkig is voldaan. Van het eerste begin af hebben de docenten op dit gebied – in casu collega Stuyts en ik – in het onderwijsprogramma een kern- of een kern/keuzecollege mogen verzorgen. Ik geloof, dat dit van het aller-grootste belang is geweest: zonder kernvakken waren er geen afstudeerders, geen promovendi en was er dus geen onderzoek geweest.

Ik noem dit punt omdat men zo hier en daar in onze T.H. soms discussies kan beluisteren, waarin men de figuur introduceert, die ik de 'uitgeklede' docent zou willen noemen, d.w.z. een docent, wiens colleges niet in het kernvakkenpakket voorkomen en die ook geen mogelijkheden tot onderzoek zou mogen hebben.

Het behoeft geen betoog, dat dit een uiterst gevaarlijke ontwikkeling is en ook één, die zeker niet past in wat men van een universitaire instelling mag verwachten: onderwijs en onderzoek zijn onafscheidelijk en zij moeten beide volgens de letter en in de geest van de wet tot de taak behoren van degenen, die in onze T.H. docerend werkzaam zijn. Kan men bij de benoeming van een docent niet beide aspecten garanderen, dan kan men de benoeming in kwestie beter achterwege laten.

Als argument voor deze 'uitgeklede' docenten voert men vaak het gebrek aan financiële middelen aan. Ik geloof dat dit een defaitistische instelling is. Ik meen dat in het verleden is aangetoond dat ondanks de uiterst geringe middelen die van de kant van de T.H. beschikbaar worden

gesteld het in goed samenspel met goede vrienden elders, mogelijk is een beleid te voeren waarbij iedere docent aan deze T.H. in een behoorlijk pak kan rondlopen, m.a.w. de faciliteiten heeft om onderwijs te geven en onderzoek te doen.

Wat de keramiek betreft, op dit punt heb ik geen zorgen. Ik heb u reeds uiteengezet dat er talrijke factoren zijn, die de vorming van een echt breed universitair keramisch centrum, waarin onderzoek en onderwijs beide tot hun recht komen, sterk kunnen bevorderen. Het zou werkelijk 'zonde' zijn om deze kans niet te gebruiken.

Het woord is nu aan de besturen, commissies en raden om deze te helpen realiseren. Mogen hun besluiten – overeenkomstig het Engadiner gedichtje en verleden en heden in overweging nemend – zo zijn dat zij zich in de toekomst niet door hun 'peccata' geplaagd zullen voelen.

Indien men de lessen uit het verleden weet te leren, dan zal dit in de toekomst vele vruchten afwerpen, niet alleen voor onze T.H., niet alleen voor 'de keramiek' in ons land, maar bovenal voor de studenten, wier vorming toch het voornaamste doel is van al het werk, dat aan onze T.H. wordt verricht.

Mijnheer de Rector, tempus ruit, hora est! Ik dank u allen voor uw aandacht.