

## Structuren

Kreijger, P.C.

Gepubliceerd: 01/01/1970

### *Document Version*

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

#### **Please check the document version of this publication:**

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

[Link to publication](#)

### *Citation for published version (APA):*

Kreijger, P. C. (1970). Structuren. Eindhoven: Technische Hogeschool Eindhoven.

#### **General rights**

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

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

#### **Take down policy**

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

# STRUCTUREN

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN  
HET AMBT VAN BUITENGEWOON HOOGLERAAR IN DE

MATERIAALKUNDE

AAN DE AFDELING BOUWKUNDE  
VAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP 23 OKTOBER 1970

DOOR

Ir. P. C. KREIJGER

*Mijne heren Curatoren,  
Dames en Heren Leden van deze Hogeschoolgemeenschap  
en voorts  
U die door Uw aanwezigheid blijk geeft van  
Uw belangstelling,*

*Geachte aanwezigen,*

Als doelstelling voor deze intreerede koos ik de waardebe­paling van de materiaalkunde voor de bouwkundig ingenieur en de consequenties daarvan voor zowel het studieprogramma als voor de ontwikkeling in het bouwen. Wat de kwalificatie bouwkundig ingenieur betreft, het is de laatste tijd duidelijk geworden dat in principe een tweede type ontstaat: namelijk naast de traditionele, ontwerpende bouwkundig ingenieur, diegene bij wie de voorkeur uitgaat naar een sociologische of een sociatrische aanpak van de bouwkundige problematiek. Mijn voorkeur gaat uit naar een sociatrische beschouwing als uitgangspunt voor het bouwen. Immers, in de verhoudingen tussen individuen en gemeenschappen gaat de sociologie uit van de bestudering der structuren van deze gemeenschappen. Zij ziet zich tenslotte geplaatst voor het individuele vraagstuk van de mens en zijn arbeidsvreugde. De sociatrie daarentegen poogt een benadering vanuit de mens en vanuit het individuele te geven. Zij beoogt in de relatie tussen individu en gemeenschappen, tussen het „ik ben” en het „behoren bij”, het individuele prestatie- en uithoudingsvermogen op zo hoog mogelijk peil te brengen en te houden.

Reeds uit deze beperkte aanduidingen komt naar voren, dat het materiële overheerst in de arbeid van de ontwerpende bouwkundig ingenieur, bij de sociatrische bouwkundige daarentegen uitgangspunt en doel beide van een immaterieel karakter zijn. Ik wil daarom nagaan in hoeverre de materiaalkunde bij kan dragen tot beide aspecten, te beginnen met het materiële, zo mogelijk culminerend in het geestelijke. De meer filosofische vraagstelling zal daarbij worden: kan geest worden beschouwd als een materiaal of zijn wellicht beide, geest en materiaal te beschouwen als afgeleiden van een meer universeel iets met wellicht een trapsgewijze afdaling van dat universele via het psychische naar fysische energie of materie. Enerzijds zal ik aan-

sluiting zoeken bij de alchimie – mijns inziens ten onrechte wel genoemd de primitieve scheikunde – anderzijds bij de psychocybernetica. Dit past overigens bij een essentieel kenmerk van de materiaalkunde, nl. het bezien van problemen vanuit meerdere disciplines. Zo zal de ontwerpende ingenieur de mogelijkheden van bouwmaterialen slechts dan volledig kunnen uitbuiten, indien hij een goed inzicht heeft in hun fysische, chemische en mechanische eigenschappen en in een aantal gevallen – o.a. bij beton – tevens bekend is met de veelal bepalende invloed van de bereidingswijze op deze eigenschappen.

De materiaalkunde waar de ontwerpende bouwkundige ingenieur in de meeste gevallen mee te maken heeft, kent twee facetten: de materiaalkeuze, en de keuring van materialen, d.w.z. het onderzoek naar de deugdelijkheid in verband met de gestelde eisen.

Bij de materiaalkeuze is niet alleen kennis nodig van eigenschappen als b.v. sterkte en vormverandering, ook kleur en textuur zijn van betekenis, evenals het bekend zijn met de handelsvormen. Steeds groter belang moet worden gehecht aan het complexe begrip duurzaamheid. De genoemde eigenschappen hangen samen met de structuur van de materialen, zodat achtergrondkennis beslist niet gemist kan worden.

Tot op heden is het bij de studie voor bouwkundig en civiel ingenieur overwegend gebruikelijk per materiaal zich al deze facetten zo goed en zo kwaad als dat gaat eigen te maken, waarbij controle van de kennis van de student geschiedt door middel van een soort kruiswoordpuzzel, bestaande uit meer of minder belangrijke deelvraagjes met slechts één correct antwoord; de opsteller is met dit antwoord bekend en geeft meestal juist voldoende sleutels voor de oplossing. Bij echte problemen daarentegen heeft men altijd te maken met gegevens die leiden tot tegengestelde eisen, terwijl juist de gewenste gegevens niet of slechts ten dele bekend zijn. Het beste antwoord volgt dan meestal door elke mogelijke combinatie van gegevens te gebruiken en de consequenties na te gaan. Het lijkt mij juist bij de materiaalkeuze op deze realistische wijze te werk te gaan en de nadruk te leggen op het zelf combineren van gegevens of van zelf afgeleide gegevens. Reeds de eerstejaarsstudent kan dit principe volgen bij het vaststellen van de materiaalkeuze voor een eenvoudig deelobject. Door namelijk het object te vervangen door hieraan te stellen gebruikseigenschappen, en het te kiezen materiaal te vervangen door de intrinsieke materiaaleigenschappen, kan hij in een matrix gemakkelijk het onderlinge verband aankruisen, waarbij nog gradaties in relevantie kunnen worden onderscheiden. Na het toekennen van

getalwaarden die voor het gebruik gewenst worden geacht, volgt de keuze van het materiaal.

In vervolg op deze oefening kan naast het hanteren van de gebruikseigenschappen ook de vorm van het object worden gekoppeld aan de vorm waarin bouwmaterialen verkrijgbaar zijn en die samenhangt met de wijze waarop deze worden vervaardigd en bewerkt. Tenslotte is het ook nog mogelijk de prijs in de oefeningen in te bouwen, waarbij vooral aandacht wordt gevraagd voor de exploitatiekosten, die immers samenhangen met de duurzaamheid. Bedenken we verder dat totaalobjecten zijn opgebouwd uit deelobjecten, dan staat ons met dit soort oefeningen een scala van realistische mogelijkheden zowel als moeilijkheden ten dienste. De limiet van deze oefeningen is juist het praktijkprobleem waar de ontwerpende bouwkundig ingenieur voor staat, als hij de materiaalkeuze voor zijn ontwerp gaat afleiden.

Bij de behandeling van de materiaalkeuze ben ik wat snel heengelopen over het begrip duurzaamheid, dat een aparte behandeling waard is, zo óók in de studie voor bouwkundig ingenieur. Economisch gezien kan men voor elk ontwerp een optimale uitgangsduurzaamheid afleiden, zoals dit ook het geval is ten aanzien van de mogelijke kwaliteitsgraderingen per te kiezen materiaal. Immers, geringere duurzaamheid leidt tot het sneller bereiken van een grenswaarde, zodat vervanging noodzakelijk wordt. In de eenvoudigste vorm dient men de aanschafkosten gedeeld door de levensduur mede te beschouwen in de jaarlijkse kosten. Vergelijking van deze quotiënten voor de verschillende kwaliteiten leidt tot optimale kwaliteitskeuze. Maar, bij het bereiken van de drempelwaarde is een keuze te maken tussen vervanging, onderhoud en reparatie. Wanneer onderhoud wordt beschouwd als een afneming van de aantastingssnelheid en reparatie als het opnieuw bereiken van de initiale kwaliteit, dan is berekening van de optimale uitgangskwaliteit mogelijk. Alles staat of valt echter met het vaststellen van de levensduur en dit is een technische kwestie.

De duurzaamheid is namelijk, zoals reeds gezegd, een complex begrip, dat pas met recht kan worden gehanteerd als kennis aanwezig is van algemeen bouwkundige aspecten, van constructieve aspecten en van materiaaltechnische aspecten. Voor deze laatste is het noodzakelijk de grondslagen van de materiaalkunde te kennen, zodat de oorzaken van corrosie en aantasting begrepen kunnen worden. Als de student de structuren van de bouwmaterialen in zijn tweede studiejaar bestudeerd heeft, kan hij in het derde jaar pas zinvol de duurzaamheid overdenken, waarbij dan tevens de kennis van de algemene

bouwkunde en van de constructieleer op een redelijk peil zijn gekomen.

Materiaalkundig gezien vergt duurzaamheid ook onderzoek, te weten de ontwikkeling van adequate methoden om de initiale kwaliteit te meten en de verandering in kwaliteit te bepalen onder invloed van het expositie-systeem, dus van de reële gebruikssituatie. In principe zijn hierbij drie mogelijkheden:

- het lange-duuronderzoek in praktijkomstandigheden,
- het lange-duuronderzoek onder in te stellen kunstmatige expositie-systemen met zinvolle keuze van parameters en variatie hierin, en
- de „versnelde proeven”.

Uit versnelde duurzaamheidsproeven het gedrag in de praktijk afleiden is een gevaarlijke zaak, zoals reeds ettelijke malen is gebleken. Steeds dienen versnelde proeven daarom te worden gekoppeld aan duurproeven. Hoe eerder men met de laatstgenoemde proeven begint, hoe eerder men de resultaten hiervan zal kunnen plukken. En deze resultaten zijn in feite nu reeds nodig, nu we steeds meer toegaan naar een industrialisatie van het bouwen.

Dit actuele en sociaal belangrijke vraagstuk van de industrialisatie van het bouwen hangt direct samen met ons vermogen de duurzaamheid van bouwmaterialen en constructies exact te berekenen. We verkeren nog steeds in de paradoxale situatie dat onze kennis omtrent de initiale kwaliteit pas bekend is als de waarde verloren is gegaan. Dit betekent dat bij de keuze van de duurzaamheid een wissel op de toekomst wordt getrokken: een probleem van futuristisch denken, waarbij de bouwinspanning van vandaag de toekomstige ontwikkeling bepaalt. Anders gezegd: het hedendaagse bouwen bepaalt de toekomst en vormt deze mede, terwijl de toekomst op haar beurt een beoordeling geeft over het hedendaagse bouwen. Om over optimale duurzaamheid te kunnen spreken, moet men dan ook weten hoe de toekomst er uitziet.

Het is bekend, dat onze bouwwerken bestaan uit een groot aantal onderdelen van ongelijke duurzaamheid. Het is daarom niet meer dan natuurlijk, dat men begint met veilige kwaliteitseisen te stellen aan primaire constructieve bouwcomponenten, eventueel aan te vullen met zgn. inbouwpakketten of „wegwerp”-componenten. De laatste moeten zodanig worden geïncorporeerd in de duurzame componenten dat de langere duur van de laatstgenoemde volledig tot zijn recht komt.

Beschouwt men nu de hedendaagse duurzame en redelijk solide

bouw in verband met het snelle ontwikkelingsritme van de hedendaagse maatschappij, dan is men toch geneigd zich af te vragen of de hedendaagse bouw geen obstakel vormt voor de toekomstige vooruitgang. Economisch gezien legt het bouwen – nu circa 10 miljard gulden per jaar – zo'n zware last op onze maatschappij, dat wij onze bouwwerken moeilijk binnen hun levensduur kunnen afschrijven. Deze discrepantie kan wel eens een irriterende rem zijn op het tempo van onze sociale en technische ontwikkeling.

Zou men aan de andere kant vragen de gebruikelijke afschrijving van het kapitaal dat in onze bouwwerken is geïnvesteerd te verdubbelen, dan is de consequentie dat de bouwuitgaven tot de helft worden gereduceerd door middel van rationalisatie of industrialisatie. Vergelijkt men het vraagstuk van bouw-rationalisatie met de resultaten van industrialisatie in andere bedrijfstakken, dan is dit ambitieuze voorstel beslist niet buitensporig te noemen; het zou op middellange termijn binnen ons bereik kunnen komen. Op dit ogenblik rekent men helaas nog met ongeveer dezelfde afschrijvingspercentages voor zowel traditioneel als zgn. industrieel vervaardigde bouwobjecten.

Bij de industrialisering van de woningbouw vinden veelal de volgende veranderingen in het bouwproces plaats:

- eenzelfde materiaal krijgt meer functies te vervullen dan voorheen;
- het materiaalgebruik wordt tot een minimum beperkt door gebruik te maken van lichte bouwconstructies;
- de duurdere bouwmaterialen worden alleen toegepast in dat deel van de woning dat zeer arbeidsintensief is, b.v. de afwerking van wanden.

Willen wij echter in de geschetste richting verder gaan, dan zal men het bouwen moeten indelen in categorieën van verschillende duurzaamheid. Voor elke categorie dient het ontwerp zodanig te zijn dat de afschrijving van het geïnvesteerde kapitaal juist is voltooid op het ogenblik waarop de drempelwaarde van de duurzaamheid bereikt wordt. Dit houdt het stellen van duidelijk gedefinieerde functionele eisen in. Bovendien is het gewenst bouwcomponenten zó te ontwerpen dat zij op velerlei wijzen te combineren zijn. Ons gedachtenpatroon moet gericht zijn op ontwerpen met bouwcomponenten van gestandaardiseerde duurzaamheid en zodanig flexibel dat kan worden ingegaan op alle variaties van het wensenpatroon. Bij dit laatste denk ik b.v. aan de opvolgende fasen van de cyclus waarin een gezin zich bevindt.

Industrialisatie vereist dus een haarscherpe klassificatie van functionele eisen waaraan moet worden voldaan. Als dit gelukt, zal industria-

lisatie inderdaad in staat blijken het afschrijvingspercentage te verdubbelen. Bedacht moet worden dat de juistheid van de beslissingen die moeten worden genomen, eerst in de toekomst zal blijken; een toekomst, weer ten dele bepaald door deze zelfde beslissingen. Daarom zal onze visie op de veranderende communicatie- en transportmogelijkheden beslissend zijn voor de wijze waarop woningen, kantoren en steden worden ontworpen. Onze projecties van de toekomst bepalen de projecten van heden en noodzaken in feite reeds tot een sterk verhoogd afschrijvingspercentage op dit ogenblik.

Wij hopen dat wij hiermede hebben aangetoond dat een groots opgezet onderzoek naar de duurzaamheid van bouwmaterialen van algemeen belang is. Deze duurzaamheid heeft een aantal technische aspecten. Veelal zal hierbij bepalend zijn de verandering in structuur en dus in eigenschappen van het buitenhuidje van de te onderzoeken materialen onder invloed van het expositiesysteem. De variatie in de verschillende parameters daarvan is nog nauwelijks bekend. De term „buitenhuidje” is niet ten onrechte gebruikt, als men bedenkt dat bij een niet poreus materiaal als b.v. polyvinylchloride (PVC) verandering na enige jaren expositie plaatsvindt over een dikte van enige honderdsten van mm's. Eenzelfde orde van grootte wordt gevonden bij de corrosie van metalen - eveneens niet poreus - zij het dat b.v. de mechanische eigenschappen in het geval van PVC veel sterker worden beïnvloed dan die van staal, omdat juist de weerstand tegen plastische vervorming van de kunststof sterk blijkt te verminderen, terwijl de elastische eigenschappen nauwelijks worden gewijzigd. Experimenteel wordt een vermindering van het Cl-gehalte gevonden en een toename van het O-gehalte, dat structureel samenhangt met het breken van hoofdketens en met een toename van dwarsketens. De stabilisator blijkt bij deze processen te worden verbruikt. Meer kennis over de reacties die plaatsvinden, zou een belangrijke stap voorwaarts betekenen in de strijd tegen de veroudering, evenals een nadere studie van stabilisatoren die bij voorkeur niet verbruikt zouden moeten worden.

Bij de poreuze materialen is vooral het inwendig oppervlak van de buitenhuid van belang, daar deze een enorme vergroting van het schijnbare buitenvlak betekent. De onderzoeksmethoden voor de bepaling hiervan moeten evenwel nog op hun merites worden nagegaan. Bij beton moet dan nog worden bedacht dat door de aanwezigheid van grind en zand een zgn. wandeffect optreedt, d.w.z. dat het cementgehalte naar een grensvlak aanzienlijk toeneemt door de overgang van beton naar mortel en van mortel naar cementsteen. Dit



gaat gepaard met sterke verandering van structuur en eigenschappen over een afstand van enige mm's. Dit effect is – in tegenstelling tot de eigenschappen van het bulkmateriaal – nog nauwelijks onderzocht. Eerst de laatste jaren is duidelijk geworden, dat de structuur van beton in feite wordt bepaald door de omstandigheden waaronder het cement zich gedurende de eerste 24 uur verhardend bevindt; met name de fase die ongeveer 1 uur na water toevoegen begint met de vorming van langvezelige calcium-silicaat-hydraatkristalletjes, die de met water gevulde tussenruimten tussen de cementdeeltjes overbruggen. Deze grondstructuur bepaalt de porositeit en dus zowel het uiteindelijk inwendig oppervlak als b.v. de eindsterkte. De laatste is namelijk hoger naarmate er meer lange vezeltjes zijn. Het aantal hiervan hangt in de eerste plaats af van de temperatuur: bij lagere temperatuur worden meer langvezelige kristalletjes gevormd, evenals bij gebruik van toevoegingen die de binding vertragen. Verder bepalen de w/c-factor en de fijnheid van het cement deze structuur. Tenslotte begint na circa 24 uur de laatste verhardingsfase. De nog voorhanden zijnde poriën worden nu verder al naar gelang de hoeveelheid water die ter beschikking staat, opgevuld met kortvezelige calcium-silicaat-hydraat-vezeltjes. Slechts als voldoende lange vezeltjes aanwezig zijn, kan een goede structuur worden gevormd, waarbij een porositeit kleiner dan circa 50% kan worden bereikt en waarbij de onderlinge verdeling van de poriën bepalend is voor de duurzaamheid.

Als bepalende eigenschap heeft men echter tot op heden nog voornamelijk de druksterkte op het oog. Het gericht zoeken naar betere duurzaamheid zou echter wel eens tot andere gewenste structuren kunnen leiden dan in het geval van hoge druksterkte. Met name zou de toevoeging van kunststoffen en van vezeltjes in een ander licht komen te staan dan men tot op heden denkt. Bedacht moge b.v. worden dat gemalen cementsteen met water binnen een half uur de zozeer bepalende langvezelige calcium-silicaat-hydraatkristalletjes geeft. Ook de wijze van verdichten, namelijk door trillen met zeer hoge frequenties, kan de vezelstructuur beïnvloeden, evenals het aanleggen van magnetische velden. Voorts kan ook onderzoek naar de omzetting of inbedding van het calciumhydroxyde in de cementsteen wel eens van groter belang blijken dan onderzoek naar de door vele constructeurs zo gewenste hoge sterkte.

Binnen de grenslaag van de buitenhuid van beton speelt de toeslag mede een rol. Men treft bij deze mortel, waarvan de samenstelling over enige mm's geheel verandert, een totaal ander systeem aan. Afgezien van de relatief grote holten die zich hier bevinden, zijn er

ook hechtscheurtjes ter plaatse van het scheidingsvlak van toeslagkorreltjes en cementsteen. Reeds op een doorsnede van het bulkmateriaal is in onbelaste toestand circa 10% van de omtrek der toeslagkorrels groter dan 1 mm gescheurd. Verdere toename in lengte, breedte en aantal bij toenemende belasting leidt tot verklaring van de vorm van het spanningsstuik-diagram van beton. De vorming van dwarscheurtjes tussen deze hechtscheurtjes bij circa 70% van de breukdruksterkte geeft de verklaring van de zgn. lange-duursterkte. Genoemde hechtscheurtjes, zo bepalend voor het gedrag van mortel en beton, ontstaan door de ontwikkeling van de hydratatie-warmte, de waterafscheiding en de krimp in het nog plastische stadium, d.w.z. dat ook hier het eerste etmaal bepalend is voor de structuur. De zorg, besteed aan het beton gedurende deze eerste periode na storten, is dus van grote invloed op het totale gedrag van beton. Uit de vermelde structuur volgt ook, dat het opnemen van kunstharsen tot interessante mogelijkheden kan leiden.

Willen wij de duurzaamheid en het uiterlijk van beton positief beïnvloeden, dan zullen we bereid moeten zijn ons mentaal in te stellen op een duidelijke beïnvloeding hiervan. Ik denk hierbij niet aan verfsystemen zoals bij staal en hout, die immers behouden voor een tijdsbestek van ongeveer 5 jaar. Het gaat hier om een zodanige behandeling dat er na ontkisten een duurzaam schoon en gekleurd betonoppervlak in het daglicht komt.

#### *Geachte aanwezigen,*

Het materiaalkundige facet van de duurzaamheid is in dit bestek voldoende belicht. Evenzeer belangrijk is de invloed van algemeen bouwkundige en constructieve aspecten. Daarbij leidt ieder te kort aan evenwichtigheid tot schadegevallen die dan ook optreden als gevolg van beslissings- en uitvoeringsfouten.

Onder beslissingsfouten wordt verstaan ontwerpfouten, onjuiste materiaalkeuze, misplaatste zuinigheid, onjuiste constructie. Veel van deze fouten zijn van fysisch-chemische, bouwfysische of mechanische aard; soms gaat het om de levering of keuze van minderwaardig of zelfs ongeschikt bouw materiaal.

De uitvoeringsfouten worden gemaakt door de aannemer-uitvoerder, en zijn veelal min of meer inherent aan het ontwerp. Veel is te voorkomen door beter toezicht.

Als conclusie van een langdurige praktijkervaring moet worden gesteld, dat de architect-constructeur met naaste medewerkers bij het ontwerp in feite de beste gelegenheid hebben om schadegevallen te voorkomen. Ondanks veel gehoorde argumenten als subsidieregeling, bouwvoorschriften, gebrek aan vakbekwaamheid, beperkende omstandigheden, zijn de meeste schadegevallen in hoofdzaak aan de tekentafels en achter de bureaus! Door bij het onderwerp duurzaamheid een groot aantal van deze schadegevallen te behandelen en te wijzen op voorbeelden hiervan in de literatuur <sup>1)</sup>, hoop ik ertoe bij te dragen dat het aantal veelal gemakkelijk te voorkomen schadegevallen in de toekomst zal verminderen.

Bij het onderwerp materiaalkeuze, zoals ik dat tot nu toe besprak, behoort ook nog het wijzen op toekomstige trends. De visie op de toekomst van het bouwen, die de hedendaagse beslissingen mede bepaalt, werd reeds hiervoor genoemd. Deze heeft ook sterke invloed op het studieprogramma voor bouwkundige ingenieurs.

Zonder er te diep op in te gaan, wil ik schetsmatig enige punten aanduiden, die reeds nu in dit studieprogramma zouden kunnen worden opgenomen. Bij de huidige composietmaterialen – met glasvezel versterkte epoxy- en polyesterhars – is de temperatuurgevoeligheid, m.a.w. het gevaar voor brand, een handicap voor de toepassing, in sterkere mate nog dan bij staal het geval is.

Op dit ogenblik blijkt brand de oorzaak te zijn van de meeste schade in de bouw. Aangezien de schaalvergroting in de bouw steeds verder gaat, is het op korte termijn gewenst dat de bouwvoorschriften niet alleen een constructieve berekening vereisen, doch ook een berekening van de brandgevaarlijkheid van constructies, althans voor bepaalde materialen. Een dergelijke rekenmethode is gemakkelijk op te stellen en is in feite reeds beschikbaar. Op iets langere termijn zou een dergelijke berekening ingepast kunnen worden in de filosofie over de te hanteren veiligheidsfactor en daarmee deel gaan uitmaken van de constructieve berekening.

Een ander facet bij het eventueel gebruik van kunststoffen voor constructies, is kennis van ontwerpberoeeningen. Men is gewend aan de materialen hout, staal en beton, waarbij de tijds- en temperatuurafhankelijkheid van de sterkte-eigenschappen een ondergeschikte rol spelen. Dit laatste nu is niet meer het geval bij de al of niet gewapende kunststoffen, een complicatie die de meeste civiel en bouwkundig ingenieurs nog onwennig doet staan tegenover deze materialen. Het studieprogramma zal mijns inziens hierin moeten voorzien.

Praktische toepassing van de toekomstige composietmaterialen, waarbij één-kristallige vezeltjes van grafiet, boron of silicium-carbide toepassing zullen vinden, zal niet zozeer gebonden zijn aan de genoemde afhankelijkheden, doch weer andere inzichten verlangen. Deze materialen zullen uitermate geschikt zijn voor grote trekbelastingen in één richting. Hier zal juist de architect naar nieuwe vormen moeten zoeken, zoals dit ook reeds enigermate het geval is bij de met vezels versterkte kunstharsen. Vooral de lage toelaatbare rekken, als consequentie van de hoge elasticiteitsmodulus van het vezelmateriaal, spelen hier een grote rol, zodat lokale hoge spanningen vermeden moeten worden, dan wel in rekening worden gebracht ten opzichte van de aanwezige vezelrichting(en). Het verdient dan ook wellicht aanbeveling, de traditionele constructieve systemen te verlaten en over te gaan op de voorgespannen huidconstructies. De architect zal zich dan moeten voorbereiden op tentachtige constructies met de gracieuze lijnen van vogels.

Uit de gegeven constructieve voorbeelden blijkt in feite dat de materiaalkundigen proberen te voldoen aan de incidentele klachten van de constructeur, waarbij de moeilijkheden steeds verschuiven naar andere richtingen. Gezien de als het ware moleculaire ontwerptheorie voor materialen die zich aan het ontwikkelen is, wordt het de hoogste tijd dat de constructeur zijn uiteindelijke materiaalwensen gaat formuleren. En dit is dan nog maar één kant van de zaak waar het in feite om gaat. De traditionele wetenschap noodzaakt ons steeds functies te scheiden die door deelwetenschappen verder worden ontwikkeld. Beschouwen we echter de biologische organismen, dan is het nauwelijks mogelijk de materialen te scheiden naar constructieve, elektrische en chemische functies.

De bouwkundigen zouden er goed aan doen een totaliteit van wensen op hun gebied te formuleren om in overleg met materiaalkundigen te zoeken naar nieuwe mogelijkheden.

Aansluitende op het juist gezegde wil ik b.v. wijzen op de toekomstige mogelijkheden van kunstlicht door middel van elektroluminescentie. De reeds hiervoor genoemde éénkristallen van silicium-carbide vertonen dit verschijnsel, terwijl van zinksulfide reeds lichtgevende panelen zijn gemaakt. Wanden of plafonds die licht en/of warmte uitstralen – bij het laatste denken we aan de recente vinding van het bestrijken van wanden met elektrisch geleidende verfsoorten – behoren zeker tot de mogelijkheden.

Het zal juist voor de sociatisch ingestelde bouwkundige student een goede taak zijn zich toe te leggen op het formuleren van de

consequenties van dit soort ontwikkelingen, mede in verband met die in de communicatiemogelijkheden, waarbij hij zijn overwegingen tevens kan baseren op de optimale ontwikkeling van individuen in de gemeenschappen. Tegelijkertijd zal hij daarmee nieuwe impulsen aan de materiaalkunde geven, die niet zullen nalaten hun vruchten af te werpen. Hiermede is, dacht ik, voldoende aangetoond wat het facet materiaalkeuze kan betekenen in de opleiding tot bouwkundig ingenieur.

### *Waarde toevoorders,*

Hiermede kom ik aan het tweede facet dat voor de bouwkundig ingenieur van belang is, de keuring. De materiaalkunde heeft hier een tweeledige functie, nl. het opstellen van keuringsvoorschriften op statistische grondslag en het ontwerpen van beproevingsmethodieken, bij voorkeur goedkoop en zodanig dat het materiaal niet van eigenschappen verandert of verloren gaat, terwijl in korte tijd veel informatie wordt verkregen. Niet-destructieve methoden verdienen dus de voorkeur.

Keuringsvoorschriften zijn veelal vastgelegd in normbladen, die onder auspiciën van het NNI \*) tot stand komen: een historisch gegroeide constellatie, gebaseerd op de koop van partijen bouwmaterialen door individuele consumenten. In vrijwillige samenwerking tussen fabrikanten en consumenten werd en wordt besparing voor de gemeenschap bereikt door beperking van ongemotiveerde verscheidenheid in de productie, aanvankelijk alleen wat betreft vorm en afmetingen, later ook betrokken op de kwaliteit. Dit werd bereikt door vastlegging van kenmerkende eigenschappen, opstelling van keuringseisen en beproevingsmethoden, zodat een onpartijdige keuring mogelijk werd voor bouwmaterialen en bouwonderdelen.

De laatste jaren zijn op instigatie van de KOMO \*) de fabriekskeuringen van materialen tot stand gekomen, waarbij in plaats van partijenkeuring dus produktiekeuring plaatsvindt.

Meer en meer ziet men ook het belang in van toepasbaarheidsbeoordelingen, die niet zozeer materiaalgebonden zijn, doch vooral betrekking hebben op het functioneel gericht zijn. De Stichting

\*) NNI = Nederlands Normalisatie Instituut

\*) KOMO = Keuring en Onderzoek van Materialen voor Openbare Werken

Ratiobouw is vooral de promotor van deze richting.

Men kan zich daarbij afvragen of een nauwere samenwerking dan thans tussen genoemde drie organisaties niet mogelijk is. In deze tijd van concentraties van gelijkgerichte belangen, zou naar mijn mening het NNI – als oudste organisatie op dit gebied met de spreekwoordelijke verplichting ook de wijsste te zijn – een initiatief kunnen nemen dat heilzaam werkt voor de gehele bouwnijverheid. Uitgangspunt moet dan tevens zijn dat opstellen van normbladen en voorschriften zo langzamerhand het stadium van vrijetijdsbesteding is ontgroeid en als professionele arbeid moet worden gezien.

Bij de geschetste ontwikkeling is het zo dat hier een weerspiegeling van de verhoudingen in de maatschappij tot uiting komt. In de oudere normbladen, die juist ten aanzien van de bouwmaterialen nog overheersen – verschillende zijn 30-40 jaar oud en nog steeds geldig – straalt het gezag van in die tijd uitzonderlijk bekwame mensen door, waarbij het nog niet nodig was verantwoording af te leggen van inzichten anders dan door mondelinge overreding. Men had toen ook nog geen behoefte aan statistiek op dit gebied en de overheids sfeer drukte zijn stempel op de voorschriften. Met het toenemen van de kennis van de producenten is hier een duidelijke verandering tot stand gekomen, zodat gelijkwaardige partners elkaar dwingen tot objectieve normstellingen, waarbij de statistiek een onmisbaar stuk gereedschap is geworden. Daarnaast kwam de behoefte van de fabrikant aan meer wetenschappelijke beheersing van zijn produktie, waarbij opnieuw de statistiek haar nuttigheid bewijst.

Ik kom nu aan de keuringen zelf. Indien keuring volgens voorschriften mogelijk wil zijn, dient hierin eenduidig te zijn omschreven de monsterneming en het aantal te onderzoeken monsters, de beproevingsmethode, de bewerking en weergave van de keuringsresultaten en de wijze waarop deze moeten worden beoordeeld. Hierbij speelt dus de statistiek een grote rol. Dit is reeds het geval zodra men met een aantal waarnemingen te maken heeft en het is dan ook hierom dat de toepassing van eenvoudige statistische begrippen en modellen in de studie voor bouwkundig ingenieur een plaats moet vinden, onafhankelijk van de instelling van de student.

Duidelijk blijkt ook de bouwwereld meer en meer ontvankelijk te zijn voor voorschriften die op statistische grondslag berusten. Reeds in 1960 werd door mij een pleidooi gehouden voor het invoeren van de keuring van beton op statistische grondslag in de Gewapend Beton Voorschriften (GBV) van 1962. Destijds achtte men deze opvatting nog te voorbarig. Nadat echter op mijn initiatief in 1963 het eerste

keuringsvoorschrift op statistische grondslag in de bouw was ingevoerd – het normblad NEN 7000 voor betonstraatstenen – bleek dit met recht het eerste schaaft te zijn dat over de dam kwam. Thans zal in de nieuwe Beton Voorschriften de keuring van beton op statistische grondslag worden gebaseerd. Ook internationaal wordt eenzelfde ontwikkeling waargenomen, die ten aanzien van het materiaal beton duidelijk is gestimuleerd door de internationale commissie „Statistical control of concrete quality”, bestaande uit vertegenwoordigers van RILEM, CEB, CIB en FIP \*). Hierin blijken wij dezelfde ideeën te hebben als onze medeleden. Het mag ons verheugen dat de voor Nederlandse verhoudingen ontworpen keuringsvoorschriften in deze werkgroep als basis worden beschouwd voor de internationale aanbevelingen voor de betonkeuring. Het lijkt daarom verantwoord iets langer te blijven stilstaan bij het gevolgde gedachtenpatroon, dat geldt bij het ontwerpen van elk keuringsvoorschrift.

Uitgangspunt hierbij is niet meer een minimumwaarde die in geen enkel geval mag worden overschreden, doch een grenswaarde waaronder niet meer dan een bepaald percentage mag liggen van alle resultaten die men theoretisch zou kunnen krijgen. Veelal zal dit percentage op 5 worden gesteld. Voor de druksterkte van beton wordt deze grenswaarde b.v. aangeduid als de karakteristieke beton-druksterkte. Controle van zo'n karakteristieke grenswaarde moet noodzakelijk evenwel plaatsvinden door middel van steekproeven. Bij steekproeven loopt men echter altijd het risico foutieve conclusies te trekken ten opzichte van de partij of produktie, zodat men ten onrechte afkeurt – zgn. producentenrisico – dan wel ten onrechte goedkeurt – zgn. consumentenrisico. Deze risico's moeten worden vastgelegd door middel van een keuringskarakteristiek, die het verband tussen partijkwaliteit en goedkeurkans onder het gekozen keuringssysteem weergeeft. Hierbij moet worden bedacht dat grote steekproeven het risico van schade door ten onrechte af- of goedkeuren beperken. De keuring kost dan echter relatief veel geld. Een juiste oplossing hiervoor zou zijn het kiezen van een keuringssysteem waarbij de som van deze drie kostensoorten minimaal is. Afgezien

---

\*) RILEM = Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherche sur les Matériaux et les Constructions

CEB = Comité Européen du Béton

CIB = Centre International du Bâtiment pour la Recherche de l'Etude et de la Documentation

FIP = Fédération International de la Précontrainte

van deze economische overweging zijn er echter nog twee meer maatschappelijke facetten, nl. de redelijkheid van het gelijkelijk verdelen van producenten- en consumentenrisico en de veiligheid. Immers, wordt de kans op ten onrechte goedkeuren te groot, dan kan de veiligheid in het gedrang komen. Anders gezegd, een producentenrisico kan veel geld kosten, maar een consumentenrisico kan mensenlevens kosten.

Twee gegevens nu bepalen de op te stellen keuringskarakteristiek: hetzij de monstergrootte en één willekeurig punt van de karakteristiek waarmee alle andere punten van de karakteristiek vastliggen, hetzij twee willekeurige punten van de keuringskarakteristiek. Behalve dat met laatstgenoemde gegevens de hele karakteristiek is vastgelegd, volgt daaruit tevens de steekproefgrootte. Het probleem is daarmee teruggebracht tot twee vragen, nl. vanaf welk ondeugdelijkheidspercentage wenst men een bijna zekere afkeurkans? en: vanaf welk ondeugdelijkheidspercentage wenst men een bijna zekere goedkeurkans? De uitdrukking „bijna zeker” kan daarbij statistisch worden vertaald in b.v. „95% kans”. Redelijke overwegingen leiden steeds tot voor ieder aanvaardbare ondeugdelijkheidspercentages, zodat de keuringskarakteristiek kan worden geconstrueerd en het voorschrift geformuleerd.

Hierbij kan worden gewezen op het grote nut van de grafische methode van Stange <sup>2)</sup>, die een dubbel waarschijnlijkheidsnet gebruikt, zodat de keuringskarakteristiek een rechte lijn laat zien. Direct leest men dan af zowel de steekproefgrootte als de factor waarmee de standaardafwijking moet worden vermenigvuldigd, teneinde de grenswaarde te vinden, nl. de gemiddelde waarde vermindert met de uitkomst van genoemde vermenigvuldiging. Daarbij kan men onderscheiden het geval dat de standaardafwijking van de partij als bekend wordt aangenomen en het geval waarbij deze wordt benaderd door de standaardafwijking van de steekproef.

Eerstgenoemde onderstelling kan zeer reëel zijn. Bij veel productieprocessen is de standaardafwijking tamelijk stabiel, terwijl de gemiddelde waarde varieert. Er rest nog het theoretisch gevonden keuringsvoorschrift met wijsheid te vertalen in een keuring die ook praktisch is.

Met het tot nu toe geschetste hoop ik enige mogelijkheden van de materiaalkunde voor de studie van bouwkundig ingenieur te hebben uiteengezet.



### *Waarde toeboorders,*

De architect zal er bijna steeds naar streven zijn visie en geestelijke concepties materieel vorm te geven. Van mijn kant wil ik u thans in omgekeerde zin tegemoet komen en trachten van de materie uit naar het geestelijke te reiken. Dit is zeker geen nieuw streven: want verrijking van geest door en vanuit de materie was ook reeds motief in de alchimie die ik u al in het begin van mijn rede noemde. Zij wordt door de wetenschap niet voor vol aangezien. Voor de geringe waardering zijn, dacht ik, twee redenen aan te wijzen. Als voornaamste zie ik de steeds toenemende versnelling waarmee wetenschap en techniek onze mensheid organiseren. Deze versnelling laat nauwelijks tijd voor bezinking en kritische bezinning; hierdoor wordt de mogelijkheid tot onbevooroordeeld denken aangetast. Een overheersende dynamiek zonder stabilisatie kan tot excessen leiden, waarbij geen plaats is voor reële waarden uit het verleden.

Anderszins zal de jacht om de eerste te zijn niet alleen aanleiding kunnen geven tot het maken van fouten, doch ook tot het negeren of verwerpen van feiten die gevestigde redeneringen storen. Wetenschap dient objectief te blijven en niet te onttaarden in een soort inquisitie, waarbij als wapen tegen de werkelijkheid die niet in ons straatje past, wordt gehanteerd, minachting vergezeld van spotlachen. Het is wetenschappelijk om aan de wetenschap te twijfelen. Ik wil u een paar voorbeelden van misplaatste zekerheid noemen.

Lavoisier bewees, naar hij meende, dat er geen meteorieten bestonden en Newcomb dat vliegtuigen niet konden vliegen. Frazer, de bekende etnoloog, schrijft in zijn gezaghebbende standaardwerk „The Golden Bough” dat de folkloren van andere volken dan de zgn. beschaafde slechts berusten op bijgeloof, schilderachtige gewoonten of naïeve denkbeelden, en hij weigert de mogelijkheid onder ogen te zien, dat deze zgn. „lager staande mens” echte technieken zou kennen, zij het van een andere orde dan de onze.

Ook bij onverklaarde feiten uit de prehistorie wordt met pseudo-wetenschappelijke gedecideerdheid bijna steeds een onbekende godsdienst aangevoerd. Wij leren uit deze voorbeelden dat verabsolutering van eigen beschaving en wetenschappelijke kennis kan leiden tot uitspraken van bedenkelijk karakter, maar ook tot een principiële miskenning van de mogelijkheid dat er vroeger wetenschappelijke prestaties zijn geleverd.

Toch werd ook in de oudheid op betrouwbare wijze wetenschap bedreven. Toevallig heeft men de kalender der Maya's gevonden,

waarbij bleek dat de duur van een jaar in dagen tot in de derde decimaal klopte met het getal dat onze beschaving nog niet zo lang geleden heeft gevonden.

Overigens, als na verdwijnen van onze beschaving nu eens geluidsbanden werden gevonden, wat zou men in een volgende beschaving daarvan vinden? Zouden de dan levende archeologen deze ook aanduiden als cultische voorwerpen, en zou men verschil zien tussen één met en één zonder opname? Daarom lijkt het beter niets dat werkelijk is, te verwerpen, want onze toekomstige wetenschap zal onbekende verbanden ontdekken tussen feiten die ons nu nog zonder samenhang lijken.

Ik wil dan beginnen te wijzen op de aanrakingspunten tussen alchimie en bouwkunde, waarvan o.a. kathedralen als de Notre Dame te Parijs en die van Amiens getuigen. Zij bevatten in steen uitgedrukt zinnebeeldig de voorstellingen van de alchimie <sup>3)</sup> teruggaande tot de wijsheid van Hermes. Is de bouwkunst niet aan de schrijfkunst voorafgegaan en zelf als een soort schrift te beschouwen?

Verder zijn meer dan 100.000 alchemistische boeken of geschriften bekend; een enorme literatuur die nog nooit wetenschappelijk is onderzocht door een team van deskundigen. Het is onvoorstelbaar dat deze literatuur, die zo'n grote invloed heeft gehad op onze ontwikkeling tot de 17e eeuw, alleen zou bestaan uit toevallige probeersels en geknutsel zou zijn van onwetende lieden, zoals de gangbare opvatting is.

De zeldzame onderzoeken naar de alchimie <sup>4)</sup> zijn ofwel door mystici verricht, die in de teksten een bevestiging van hun eigen geesteshouding zoeken, ofwel door historici, die nauwelijks contact met de exacte wetenschap en techniek hebben.

De alchimisten spreken over de noodzaak, het water, dat bestemd is om er Elixer van te vervaardigen, duizenden malen te destilleren. Historici beweren dat deze bewerking krankzinnig is, doch weten niets af van zwaar water of van de methoden, die aangewend worden om van gewoon water zwaar water te maken. Deze historici beweren ook dat het eindeloos raffineren en zuiveren van een metaal of metalloïde niets aan de eigenschappen ervan verandert. Wat de alchimisten aanbevelen zou dan een mystieke leerschool voor geduld moeten zijn, een ritueel gebaar. Door een dergelijke raffinage met behulp van een techniek, die door de alchimisten is beschreven, bereidt men evenwel thans het zuivere germanium en silicium voor transistors. Dank zij laatstgenoemde onderzoeken weten wij nu pas dat men, door een metaal in zeer zuivere vorm te brengen en er

daarna zeer kleine hoeveelheden zorgvuldig uitgezochte onzuiverheden aan toe te voegen, aan de aldus behandelde stof nieuwe, revolutionaire eigenschappen geeft. Blijkt hier niet uit hoezeer een methodisch onderzoek van de alchimistische literatuur gewenst is? Men zou daarbij eens kunnen uitgaan van de hypothese, dat deze alchimie een overblijfsel is van een wetenschap, een techniek en een filosofie, die deel uitgemaakt hebben van een verloren gegane beschaving. Een hypothese die even goed of slecht is als de huidige, die de alchimie als een primitieve scheikunde beschouwt. Daarbij zou ook een nieuw licht geworpen kunnen worden op het eigenlijke doel van de alchimie, niet de zgn. transmutatie van metalen, doch een transmutatie van de alchimist zelf – een wezensverandering, het bereiken van een hogere bewustzijnstoestand, waardoor hij „ontwaakt” na verrichtingen van zijn „Grote Werk”: door een bepaalde wijze van werken met materie en energie ontstaat een soort krachtenveld, dat op de waarnemer inwerkt en hem in een bevoorrechte positie ten opzichte van het heelal kan brengen, die hem ook toegang geeft tot werkelijkheden die gewoonlijk door ruimte en tijd, materie en energie, aan zijn blik worden onttrokken.

Dit is de kern van alle alchimistische literatuur; iets dergelijks herkennen wij in heilige, mystieke en gnostische werken van de oudste tijden tot op heden: de ontwaakte mens is steeds het doel van alle wezenlijke kennis, waaronder begrepen de kennis der techniek. Ook onze beschaving rept zich naar het bezit van een dergelijke kennis. Zal zij de mens eveneens innerlijk doen veranderen? Misschien mogen we hopen dat de woelingen om ons heen en op alle hogescholen en universiteiten een symptoom zijn van een andere instelling, die zich schoorvoetend begint af te tekenen?

Voor de alchimist waren de stoffelijke resultaten slechts beloften van het eindresultaat, dat van geestelijke aard is. Alles is gericht op de transmutatie van de mens zelf, op zijn versmelting met de goddelijke energie, vanwaar alle krachten van de stof uitstralen.

In de huidige kernfysica hebben we reeds de invloed van natuurkrachten leren kennen: transmutatie van materie is een erkend feit geworden. Bij deze transmutatie ontstaat radioactieve straling, waarvan we weten dat zij duidelijke biologische effecten teweeg brengt. Alchimistisch gezien zou men zich kunnen afvragen of geen nader onderzoek gewenst is naar de invloed van diverse soorten straling op onze mentale toestand.

Ook Lietaert Peerbolte onderzocht in zijn boek „Psychocybernetica” de mogelijke wisselwerking tussen geest en materie <sup>5)</sup>.

Eén uitgangspunt hierbij heeft weer direct met de bouwkunst te maken, namelijk de verhouding van de gulden snede zoals die in vele bouwwerken in steen is vastgelegd, vanaf de Grieken tot de renaissance trapgevels in Amsterdam. Hierbij verhoudt zich het kleinste van twee delen tot het grootste, als het grootste zich verhoudt tot de som van kleinste en grootste.

We kunnen hier een relatie leggen tussen het materiële en het geestelijke. Waarnemen van genoemde bouwkunst leidt voor hen die hiervoor ontvankelijk zijn tot een gevoel van schoonheid, een ontroering die van geestelijke aard is.

De volmaakt geachte verhouding, de „hieros logos” werd in de Stoïsche filosofie in de eerste plaats toegepast op bepaalde verschijnselen van het leven, op interrelaties tussen mensen of die tussen mens en kosmos. In zulke verbanden wordt deze verhouding gezien als een heilige (hieros) reden. In deze leer van levensverhoudingen acht men de twee factoren elkaars complement doordat de grootste factor en middelevenredige zich richt op het totaal der twee factoren. Deze som vertegenwoordigt in deze verhouding een functionele totaliteit omdat de hoedanigheid van de verhouding tussen kleinste en grootste factor erdoor wordt bepaald. Andersom gezien heeft de onderlinge verhouding tussen beide levensverschijnselen de tendens zich te richten op de functionele totaliteit. Het gaat dus niet om de factoren afzonderlijk, doch om de verhouding hiervan, zoals in de muziek het interval belangrijker is dan de noten.

Met deze filosofie komen we van een fysisch waarneembare wereld tot denkbeelden over waardeverhoudingen die een verrijking betekenen van ons inzicht in het niet-fysische.

Lietaert Peerbolte nu beschouwt geest als energie die fysisch niet aantoonbaar is, echter zich laat beschrijven met behulp van begrippen en termen die we kennen uit de fysica. In zijn metafysische hypothese veronderstelt hij een gelijksoortig gedrag als bijvoorbeeld elektrische energie. Hij legt er de nadruk op dat geestelijke energie beslist niet identiek is aan elektriciteit, doch van een „andere orde” is en gezien moet worden als een veel ijlere vorm van energie. Deze grotere mate van ijdelheid verklaart hij uit een grotere snelheid der golfbeweging dan die van licht en elektriciteit, zodat geestelijke energie essentieel een tijdloos karakter heeft.

Hij trekt vele parallellen met de fysica en maakt deze ook tot randvoorwaarde voor zijn metafysische hypothese. Zo baseert hij zich op het atoommodel van Bohr, daarbij een golflengte van het elektron aannemend, gelijk aan de omtrek van de baan die het rond het proton

beschrijft en waarmede principieel een tijdloze snelheid is ontstaan. De waarschijnlijkheid van de plaatsing op die baan van het elektron als deel (complementariteit van deel en golf) kan dan volkomen begrijpelijk zijn. Op analoge wijze veronderstelt hij dat er energiegolven bestaan met golflengten gelijk aan de baan die zij om de aarde beschrijven, waarbij voor deze golflengten als „golf” de tijdloosheid en als „deel” de ruimteloosheid geldt. Indien dan een of ander parafysisch signaal een deeltjes-aspect zou vormen van zo'n lange golflengte, zou de plaatsing van deze potentiële informatie een waarschijnlijkheid zijn ergens op die baan en bereikbaar voor de mens, indien iets van de menselijke geest op deze golven en dit signaal is afgestemd. Bij de overdracht van zulke kosmische golven naar de menselijke geest denkt hij aan een mechanisme van psychische inductie waarbij energieën met vertraagde, dus korter, golflengte ontstaan. Trapsgewijze inductie leidt tenslotte tot micro-elektrische stromen in het hersenweefsel zoals deze kunnen worden geregistreerd in het elektroencefalogram en waarbij principieel geen gegevens over gedachten- of droominhoud worden verkregen.

Deze hypothese geeft een mogelijk structureel verband tussen geest en materie. De tijd zal moeten leren in hoeverre een en ander experimenteel aantoonbaar zal zijn. Als theoretische conceptie geeft zij evenwel nieuwe inzichten in begrippen als inspiratie en telepathie en krijgt ook de idee van de reïncarnatie een andere belichting. Een verband zoeken tussen deze hypothese en de alchimie moge speculatief zijn, interessant is het wel.

### *Geachte aanwezigen,*

Tenslotte wil ik nog even terugkomen op de gulden snede-filosofie <sup>5)</sup> en deze toepassen op de verhouding tussen mens en gemeenschap. Men kan dan zeggen dat individu en gemeenschap zich verhouden als gemeenschap en totaliteit van gemeenschap en individu. Bij deze formulering wordt in de denkbeeldige som uitgedrukt, dat het individu zich evenzeer opgenomen weet en lid weet van die gemeenschap als het zich stelt in verhouding tot die gemeenschap. Individu en gemeenschap moeten hierbij dus elkaars complement zijn. Het individuele handelen zal zodanig zijn dat zowel het eigen als het gemeenschapsbelang erdoor wordt gediend. Ik geloof dat dit waar is en geldt voor elke gemeenschap waartoe de mens kan behoren, zowel de democratie waarin wij leven als ook onze hogeschoolgemeenschap.

Het gaat er daarbij om, zich door bevrediging van eigen interesse tesamen met het (geobjectiveerde) gemeenschapsbelang een bewust gemeenschapsbesef eigen te maken. Dus niet het dienen doch het mede opbouwen van de gemeenschap, waarbij het individu tot zijn recht kan komen. Er zal zich zo een „gulden” evenwicht ontwikkelen tussen het „ik ben” en het „behoren bij” en dat zou ik als democratisering willen aanduiden. Het kan naar mijn mening alleen totstandkomen als het individu de mogelijkheid heeft en benut om zijn persoonlijke gedragspatroon te verwerklijken en daarbij het onbewust emotionele saamhorigheidsinstinct te ontwikkelen tot bewust gemeenschapsbesef.

Op analoge wijze kan met de gulden snede-filosofie de verhouding tussen student en docent worden afgeleid. Als docent wil ik mij dan instellen op de totaliteit van student en docent. Na het voorgaande is verdere uitweiding hierover niet meer nodig.

Ook de kennisoverdracht kan vanuit deze filosofie worden beschouwd <sup>6)</sup>). Enerzijds is er een finale gerichtheid – het zo goed mogelijk transporteren van informatie – anderzijds een causale denk-wijze – het ordenen van de gegeven informaties. Nu eens zal het ene, dan weer het andere het hoofdaccent krijgen. Tezamen vormen ze een complementariteit omdat ze nimmer gelijktijdig optreden en toch niet zonder elkaar kunnen bestaan. De som van beide is het uiteindelijke richtsnoer, met andere woorden: deze bipolaire complementariteit volgt de gulden snede-regel.

Met deze kennisoverdracht ben ik teruggekeerd tot mijn vak de materiaalkunde. De cyclus is hiermede rond en ik dacht als conclusie over de waardebe-paling van de materiaalkunde in het kennispakket van de bouwkundig ingenieur te kunnen stellen, dat ook hier de gulden snede-filosofie van toepassing is.

*Geachte toehoorders,*

Thans, bij de officiële aanvaarding van mijn ambt, wil ik in de eerste plaats *Hare Majesteit de Koningin* danken voor het bekrachtigen van mijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar aan deze Hogeschool.

*Mijne heren Curatoren,*

Voor het vertrouwen, dat u in mij hebt gesteld door mij voor te dragen voor deze benoeming, ben ik u zeer erkentelijk. Ik verzeker u,

dat ik mij volledig zal inzetten voor de mij gestelde taak.

*Dames en Heren Leden van deze Hogeschoolgemeenschap,*

Mijn verhouding tot elk van u, deel uitmakend van diverse kleinere gemeenschappen, zal u uit het laatste deel van mijn rede duidelijk zijn geworden: een toepassing van de gulden snede-filosofie. Met behoud van ieders persoonlijkheid zal een doeltreffende samenwerking van nut zijn voor een toenemend gemeenschapsbesef. Mijn instelling daarbij zal getuigen van het vertrouwen dat de totaliteit meer is dan de waarde van onderdelen hiervan.

*Mijnbeer de Voorzitter van de Nijverheidsorganisatie TNO,*

U ben ik dank verschuldigd voor uw medewerking inzake de vereniging van mijn werk bij TNO met dat van de T.H. Eindhoven. Ik vertrouw erop, dat zowel voor TNO als voor de T.H. deze combinatie van werkzaamheden vruchtdragend zal zijn.

Ik dank u voor uw aandacht.

## LITERATUUR

- 1) „Schade in de bouw” – tweewekelijkse rubriek in „Bouwwereld” vanaf 5 januari 1968.
- 2) Stichproben – Pläne für messende Prüfung – Aufstellung und Handhabung mit Hilfe des doppelten Wahrscheinlichkeitsnetzes, von Prof. Dr. H. Stange (Universität von Berlin) – Deutsche Arbeitsgemeinschaft für statistische Qualitätskontrolle beim Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung E.V. (A.W.F.) – Frankfurt am Main.
- 3) Fulcanelli – Le Mystère des Cathedrales – met voorwoord van Canscliet.
- 4) L. Pauwels, J. Bergier – De dageraad der magiërs – hoofdstuk 3.  
Uitg. De Bezige Bij, Amsterdam (1968).
- 5) Dr. M. Lietaert Peerbolte – Psychocybernetica.  
Uitg. De Bezige Bij, Amsterdam (1968).