

## Materiaalkunde

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

Zwikker, C. (1959). Materiaalkunde. In *Technische Hogeschool Eindhoven 1956-1961* (blz. 192-199). Technische Hogeschool Eindhoven.

***Document status and date:***

Gepubliceerd: 01/01/1959

***Document Version:***

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

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

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

[Link to publication](#)

***General rights***

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

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

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

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

***Take down policy***

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

**Dies natalis 23 juni 1959**

**"Materiaalkunde".**

**Rede, uitgesproken door prof. dr. C. Zwikker,  
h.t. waarnemend rector magnificus**

*Mijne heren curatoren,  
Mijnheer de rector magnificus,  
Mijne heren, leden van de academische senaat,  
Dames en heren,*

Bij de besprekingen, die in het laatste jaar in curatoren en senaat zijn gehouden over de wenselijkheid om het aantal studierichtingen uit te breiden, is van het begin af aan ook de opleiding tot materiaalkundig ingenieur aan de orde geweest. Het zij mij vergund, in deze voordracht gedachten uit te spreken, die mij zelf en - hopelijk - ook een aantal van mijn collega's bij deze discussie als relevant voorkomen.

Ofschoon een materiaalkundig ingenieur niet alleen materiaalkunde, maar ook hulpvakken en applicatievakken zal moeten kennen, zal toch een nog nader te definiëren materiaalkunde het middelpunt van zijn opleiding moeten vormen, zodat in onze beschouwingen beide begrippen: materiaalkunde en materiaalkundig ingenieur in één adem kunnen worden genoemd. Deze stelling heeft tot consequentie, dat als er geen leervak materiaalkunde met eigen stijl kan worden gedefinieerd, het ook geen zin heeft een afzonderlijke opleiding in te voeren voor materiaalkundig ingenieur.

Daar is dan in de eerste plaats nodig te zeggen wat wij onder een materiaal verstaan. Wij willen daaronder namelijk niet alles begrijpen wat als stoffen of waren bekend staat.

Wij beperken het begrip materialen tot die werkstoffen, die industrieel worden veredeld en verwerkt tot producten en die hulpstoffen, die bij deze processen en bij het functioneren van het produkt een integrerende rol spelen, bijv. smeermiddelen.

Als nu deze materiaalkunde zou omvatten alle kennis van de bereiding, de eigenschappen, de verwerking en de toepassingen der materialen, dan zou dit vak de gehele technologie omvatten, want er kan niets geproduceerd worden zonder gebruik van materialen. Een ingenieur, die dit alles kende zou een door de industrie zeer gevraagd type zijn en hij staat misschien sommige aanhangers van de invoering van deze opleiding als ideaal voor ogen. Helaas moet dit een illusie blijven, want niemand is in staat de opgesomde wetenschap in zijn brein te verzamelen. Er moeten klaarblijkelijk grenzen worden aangegeven van het terrein van deze wetenschap. De waarschuwing, zo juist gegeven, vind ik zeer noodzakelijk, opdat men aan de eventueel straks afstuderende materiaalkundig ingenieur niet onredelijke eisen stelt.

Chemische preparaten en geconcentreerde ertsen kunnen grondstof zijn voor de materiaalkunde, hun bereiding wordt overgelaten aan de chemische technoloog en de metallurg. De materiaalkundige zal chemie en metallurgie als hulpvakken moeten beschouwen, waarvan een oppervlakkige kennis noodzakelijk is, omdat men bij het opsporen van oorzaken van het gedrag van het materiaal zich er steeds van bewust moet zijn, dat wisselvallige eigenschappen van het eindproduct hun oorzaak kunnen hebben in elke fase van het voorafgegaane bereidingsproces. De materiaalkundige zal daarom de taal van de technoloog of van de metallurg moeten verstaan.

Aan de zijde der toepassingen moet ook een grens gemarkeerd worden, omdat het construeren met de eenmaal gegeven materialen niet meer het domein is van de materiaalkundige. Wel zal hij tijdens zijn studie in de vorm van bijvakken een algemeen overzicht moeten krijgen over de bij de toepassingen van belang zijnde materiaalproblemen. Het gezegde moge aan een voorbeeld worden toegelicht: Voor een materiaal als wolfram zal het gebied der materiaalkunde in eerste instantie lopen van het door de metallurg geleverde metaalpoeder tot de door de lampenfabrikant af te nemen getrokken draad. Mocht de lampenconstructeur op materiaalproblemen stuiten bij het wikkelen van de draad tot een spiraal, bij het lassen van de draad op de polen of bij enig van de daaropvolgende fabricageprocessen, dan zal hij op de materiaalkundige terugvallen.

In het gebied van de materiaalkunde, wat ik hier als een technologisch traject met overigens vage grenzen heb aangegeven, worden de technologische processen: zuiveren, dopen, smelten, sinteren, snij- en vervormingsbewerkingen, thermische transformaties etc. bestudeerd zonder ze angstvallig en zinloos te verdelen in chemische, fysische en mechanische.

Na zo het terrein van de werkzaamheden van de materiaalkundige afgepaald te hebben, wil ik nu in het kort de historische groei aangeven van het materiaalonderzoek voor vier groepen van constructiematerialen en wel van de keramische materialen, de metalen, de macromoleculaire organische (de zgn. plastics) en de halfgeleiders. In deze volgorde hebben de vier groepen in onze beschaving hun intrede gedaan.

Keramiek wordt al zo ongeveer 10.000 jaar lang vervaardigd, maar wetenschappelijke produktiemethoden zijn niet veel ouder dan 50 jaar, toen men zowel de uitgangsmaterialen als het eindproduct aan een chemische analyse ging onderwerpen. Pas vrij recent is het inzicht, dat de chemische samenstelling niet de enige maatgevende factor is voor de belangrijkste eigenschappen, zoals de weerstand tegen vervorming en tegen aantasting, en dat een meer gedetailleerde structuurstudie nodig is. Microscoop, elektronenmicroscoop, röntgenanalyse en allerlei elektrische analysemethoden zijn hierbij ingevoerd en hebben het vak op een academisch niveau gebracht. Het adagium dat men van de "know how" tracht te komen tot de "know why" is heden ten dage voor de gehele technische ontwikkeling waar, maar het eerst in de wereld van de keramiek uitgesproken. Deskundigen signaleren zo belangrijke vorderingen in het inzicht in de moleculaire opbouw, dat men

veel nieuwe toepassingen verwacht. Sprak niet onze stadgenoot, dr. J. M. Stevels, op het laatste lustrum van de Nederlandse Keramische Vereniging als volgt: Men kan zich afvragen of wij niet leven in de nadagen van het ijzeren tijdperk en aan de vooravond staan van het glazen tijdperk - of zo U wilt - het keramisch tijdperk.

De wetenschappelijke studie der metalen en speciaal die van ijzer en staal is ouder dan die van de keramiek en men spreekt reeds lang van metaalkunde, maar nog meer van metallografie. Deze naam is tekenend voor het beschrijvende stadium, waarin de metaalstudie tot voor kort heeft verkeerd. Men zocht en vond correlaties tussen de onder de microscoop waargenomen structuur en de voorafgegane warmtebehandeling enerzijds, de te verwachten mechanische eigenschappen anderzijds. Maar slechts onvolledig was de aard van het materiaal omschreven door de metallografische Schilfe en aanduiding omtrent de herkomst van het metaal, zoals: "furnace cooled", "oil quenched", "Zweeds gietijzer", "gegloeid in waterstof", "elektrolytisch koper", "geleverd door Heraeus" zeiden net even veel als het microscopisch onderzoek.

Pas in de laatste tijd is de metaalkunde het verklarende stadium binnengetreden en typerend is, dat de naam metallogie de oudere naam metallografie verdringt.

Ook hier wordt het verkrijgen van het inzicht bevorderd door de invoering van de fijnere analysemethoden, boven reeds genoemd bij het keramisch onderzoek, nog aan te vullen met de spectrochemische analyse en de radioactieve tracer-methode, ofschoon die ook reeds toen genoemd hadden kunnen worden. Dagelijks komen verrassende invloeden aan de dag van bijmengsels, aanwezig in hoeveelheden te klein om met de oude metallografie of de natte chemische analyse ontdekt te worden. In het licht hiervan is het niet te verwonderen, dat de metallurgie altijd meer een kunst dan een kunde is geweest en nog is, alhoewel het intuïtieve gevoel nu wel snel wordt vervangen door wetenschappelijk inzicht.

Bij de derde groep, de organische macromoleculaire kunststoffen is het systematisch structuur onderzoek nog jonger en de methode van trial and error ter verbetering van de eigenschappen viert hier hoogtij. Er zijn op het gebied der kunststoffen kennelijk nog zo veel mogelijkheden, dat de technologische ontwikkeling meer rekening houdt met het octrooibureau dan met de fundamentele wetenschap. Er bestaat een wijde kloof tussen de technologische beproevingen en de natuurwetenschappelijke bespiegeling<sup>1)</sup> maar nog groter is de onwetendheid van de zijde der verbruikers ten opzichte van de interpretatie der beproevingsresultaten. Intussen begint het, natuurwetenschappelijk gesproken, wel te dagen en de elektronenmicroscoop heeft aangetoond, dat er structuurdetails optreden, die verbanden leggen met kristallijne stoffen en gelegenheid geven, begrippen en ervaringen, elders verkregen, op de zo ingewikkelde structuur der plastics toe te passen. Moge ik nog onze landgenoot, prof. dr. ir. J. C. Vlugter citeren<sup>2)</sup>: "Een zo spectaculaire ontwikkeling als die van de plastics heeft de wereld, naar mijn weten, nog nooit te zien gegeven. Men spreekt thans wel van het plastic tijdperk".

1) P. Clausing, Ned. Tijdschr. voor Natuur, 9 (1943).

2) Ofie 12, 182, 1959.

De studie der halfgeleiders sluit munt uit door de geraffineerdheid der methoden en de zeer fundamentele aanpak. De halfgeleiders vormen zelfs een belangrijk studieobject der theoretische fysica. De goed gedefinieerde samenstelling van deze stoffen - de verontreinigingen zijn dikwijls teruggebracht tot minder dan één atoom op miljoen - stelt ons in staat exact wetenschappelijk werk hieraan te verrichten. De effecten zijn meestal met grote nauwkeurigheid langs elektrische weg te vervolgen. Onregelmatigheden van het kristalrooster worden haarfijn gevonden en beschreven. Het wetenschappelijk onderzoek op dit gebied heeft in luttele jaren tijds het aanzien gegeven aan een nieuwe industrie: die der transistors; en in tegenstelling met de andere genoemde materiaalgroepen kan men zeggen, dat bij de halfgeleiders de wetenschap aan de technologie voorafgaat. Resumerende kunnen wij opmerken, dat over het gehele gebied der materialen-ontwikkeling zich de tendentie vertoont door te dringen in de atomaire opbouw, daarbij niet de grovere structuurdetails zoals kristalgrenzen, dislocaties, aggregaties, korrelopbouw verwaarlozend. Wat twintig jaar geleden eenvoudigheidshalve werd omschreven als een nauwelijks nader aan te duiden "inwendige structuur" is nu een object geworden van studie en kan met de moderne hulpmiddelen der analyse volledig worden uiteengerafd. Het interessante daarbij is, dat de technische gevolgen van geringe structuurveranderingen zo groot zijn. Het geleidingsvermogen van germanium bijv. kan gemakkelijk met een factor  $10^8$  variëren; men heeft ijzermonstertjes, weliswaar nog niet op industriële schaal, die dertig keer zo sterk zijn als het gebruikelijk constructiestaal en, wat het allerbelangrijkste is, wij weten, waarom dit alles zo is.

Het diepere inzicht heeft het mogelijk gemaakt de materialen af te leveren met minimale variaties in de macroscopische eigenschappen en dit stelt ons in staat tot verdergaande mechanisatie der produktie. Omgekeerd merken wij op dat de eisen, gesteld door deze mechanisatie het materiaalonderzoek heeft bevorderd. Afgezien van de reproduceerbaarheid van het materiaal is de techniek ook sterk geïnteresseerd in nieuwe materialen, die in hun eigenschappen buiten het gamma van getallenwaarden van bestaande materialen komen, respectievelijk combinaties van eigenschappen vertonen, waar wij nog niet over beschikken. De materiaalkunde moet in staat zijn de fysische onmogelijkheid van deze wensen aan te geven of, indien zij principieel wel te verwerkelijken zijn, de weg tot de realisatie ervan op te gaan.

Ik meen U nu voldoende voorbereid te hebben om een lyrische uitlating van een bekend Duits metalloog, Otto van Auwers<sup>1)</sup>, te doen appreciëren: . . . so hebt sich in der Gegenwart immer klarer ein neuer Begriff ab, der forschungsmässig ähnlich sammelnde Kraft und in der Weite seines Überblicks, seiner Hilfsmittel und Verfahren ähnlichen Umfang, Anspruch und Aufgabe hat wie seinerzeit die physikalische Chemie: dieser Begriff heisst unscheinbar "Werkstoff" . . . .

De zo door mij gedefinieerde materialenkunde vertoont een duidelijk verschil met wat men

1) Zeitschr. f. Techn. Physik, 1953.

noemt "warenkennis" en "materialenkennis". Warenkennis heeft meestal betrekking op materialen, die nog duidelijk de variabiliteiten vertonen van de natuurproducten waaruit ze afkomstig zijn, zoals hout en textiel, en is niet zo zeer het gevolg van een natuurwetenschappelijke opleiding als wel van een jarenlange ervaring en commerciële vorming. Men constateert echter al, dat deze materialen, misschien gedwongen door de mechanisatie naar het domein van de atomaire materiaalkunde verschuiven. Ongetwijfeld zal het onderzoek, verricht aan de hoogwaardige materialen resultaten afwerpen voor wat Coles<sup>1)</sup> noemt: "unfashionable solids as stone, wood and concrete".

Materialenkennis beperkt zich meestal tot het kenmerken van de materialen aan de hand van hun macroscopisch gemeten eigenschappen, waarbij dikwijls wel verband wordt gezocht met de bereidingswijze (historische beschrijving), maar minder met de atomaire opbouw. Voor de praktijk is materialenkennis van eminent belang en zowel technische inkopers als constructeurs behoren er terdege van op de hoogte te zijn. Het is echter slechts een aanloop tot de materiaalkunde.

Een economisch georiënteerd college warenkennis, waarin zulke zaken als industriële geografie, standaard handelsafmetingen, normalisatie, wettelijke voorschriften en dergelijke worden behandeld, zou als bijvak voor a.s. materiaalkundigen van nut zijn.

Wie zijn nu de mensen, die de materiaalkunde bedrijven? Zij zijn in ons land, althans van huis uit, niet materiaalkundigen, want een dergelijke opleiding heeft nooit bestaan. Zelfs kunnen wij niet zeggen, dat ze speciaal opgeleid waren als metaal-, keramiek-, plastic- of halfgeleider-specialist. Wat wij zien is, dat in een metaal-laboratorium academici, afgestudeerde als werktuigbouwkundige, metallurg, scheikundige, of natuurkundige bij elkaar komen en waarbij na enige jaren van teamwork ieder van hen met enige goede wil metalloog genoemd kan worden. En in andere gevallen zien wij vogels van nog andere pluimage de staf aanvullen: kristallografen, mineralogen, tot mathematici en astronomen toe.

In tegenstelling hiertoe heeft men in de Verenigde Staten zeer veel academische specialistenopleidingen op materialengebied; aan de University of California maakt men zelfs onderscheid tussen de master's degrees "Ceramic Engineering" en "Engineering Science with Ceramics as Major".

Zowel in Nederland als in Amerika worden indrukwekkende resultaten bereikt op het gebied van de materialenontwikkeling en toch kleven aan beide systemen bezwaren. In Amerika voelt men voortdurend het gebrek aan lieden met een algemene opleiding en trekt voortdurend van deze meer in de breedte opgeleide krachten uit Europa aan. Wij kunnen dus hun methode niet klakkeloos overnemen. Vooral niet als men bedenkt, dat in een klein land als het onze de plaatsingsmogelijkheden voor specialisten beperkt zijn.

---

1) B. R. Coles: Metallurgical Abstracts 22, 495 (1955).

Het Nederlandse systeem, dat zich overigens in veel Europese landen in soortgelijke zin heeft ontwikkeld, heeft het bezwaar, dat de medewerkers vrij laat productief worden en vaak in het geheel niet materiaal-minded zijn, maar te allen tijde sterk het stempel van hun langdurige, op een ander doel gerichte, opleiding blijven dragen. Zelfs na jarenlange samenwerking in een materialen-team vindt men, dat de chemicus nog vrij onverschillig staat tegenover de bewerkingsproblemen en de mechanicus de portée van de chemische analyse niet kan inzien. De jaren doorgebracht aan de universiteit hebben een grote invloed op iemands instelling en als technische belangstelling enerzijds en natuurwetenschappelijke weetgierigheid anderzijds niet tijdens de opleiding zijn aangekweekt, dan hebben wij niet de ideale materialen-ingenieur. En passant merke men wel op het verschil in de aard van de Nederlandse en Amerikaanse teamvorming. De Amerikanen vormen teams, bestaande uit specialistische bachelors met een doctor science aan het hoofd; wij vormen teams van doctors science met als het zo uitkomt, een coördinator aan het hoofd.

Een tussenweg tussen het Nederlandse en het Amerikaanse systeem bestaat in een opleiding, waarbij het er in hoofdzaak om gaat, de studenten in een redelijke studietijd materiaal-minded te maken in die zin, dat ze het verband zien tussen bereiding en toepassingen via de samenhang der materiaal-eigenschappen, de laatste gebaseerd op verantwoorde meetmethoden. Deze eis, te stellen aan de mentaliteit, is dezelfde voor aanstaande specialisten in alle groepen van materialen en waar het meer om het type ingenieur gaat dan om de toevallige feitenkennis, daar denk ik eerder aan een algemeen materiaalkundige opleiding dan aan een reeks naar de diverse materialen gespecialiseerde.

Dit klemt des te meer, omdat de nog steeds vrij duidelijke indeling in materiaalgroepen geleidelijk vager wordt. De boven reeds genoemde halfgeleiders vormen een overgang van metaal naar keramiek; er zijn andere materialen, die mengsels zijn van keramiek en metaal; plastics worden gewapend met keramische vezels; metalen worden bedekt met corrosiewerende lagen van plastic of keramiek. Bovendien zal de metalloog zich interesseren voor de eigenschappen van de keramische bekleding van zijn smeltkroes en de aandacht van de glasexpert zal worden gevraagd voor het gedrag van de keramische en metalen werktuigen, waarmee het glas tijdens zijn bereiding in contact komt.

Het zoeken naar materialen bestand tegen hoge temperaturen, blijft onbevredigend als men zich uitsluitend tot metalen of uitsluitend tot keramiek beperkt, men zal een algemenere opzet moeten kiezen.

Onderzoekmethoden, die slechts op bepaalde categorieën van materialen zijn toe te passen, kunnen toch resultaten voor alle andere opleveren. Ik denk aan de optische bepaling van inwendige spanningen, alleen toe te passen op doorzichtige stoffen, maar waarvan de resultaten mutatis mutandis met veel succes op metalen zijn overgebracht. De voor het mechanische gedrag van metalen zo belangrijke bouwfout, bekend als dislocatie, is in de metalen zelf moeilijk te bestuderen; in halfgeleiders echter zijn ze



verbonden aan bepaalde elektrische verschijnselen, waardoor ze plotseling zeer veel vatbaarder zijn geworden voor bestudering, ook ten voordele van onze metaalkennis. Voeg hier nog aan toe, dat de moderne analyse methoden, reeds eerder opgesomd, van zeer algemene toepasbaarheid zijn, dan vinden wij voldoende stof, gemeenschappelijk aan de studie der meest uiteenlopende materialen, om condensatie daarvan op grond van de fundamentele wetenschappen wiskunde, mechanica, natuurkunde en chemie in de vorm van een leervak met eigen methodiek mogelijk te achten.

Dames en heren, gister, 22 juni 1959 is een symposium gehouden in Atlantic City, N.J., gezamenlijk georganiseerd door de American Society for Engineering Education (ASEE) en de American Society for the Testing of Materials (ASTM) met als onderwerp "Education in Materials" en een van de te behandelen punten was de "mogelijkheid van een speciale academische graad voor materialenkennis en verwante vakken" <sup>1)</sup>. Dat is dus hetzelfde onderwerp, dat ik voor deze rede had gekozen en het zal buitengewoon interessant zijn de daar getrokken conclusies naast de mijne te leggen.

Er blijkt uit, dat het gestelde probleem aan de orde van de dag is. Bij overwegingen, betrekking hebbend op de opleiding van ingenieurs houde men in het oog, dat onze studenten hun taak als ingenieur zullen verrichten, niet vandaag, maar in de toekomst en wij moeten gissen, waar de technische ontwikkeling heen gaat. De huidige ontwikkelingsgang extrapolerend naar de toekomst moeten wij concluderen, dat de doelbewuste opbouw van materialen een primaire techniek wordt en dat de overweging de moeite waard is, voor deze techniek de nodige vakmensen op tijd op te leiden.

De mogelijkheid is aanwezig, niet om een schaap met vijf poten te produceren maar wel een mouton à cinq pattes welke uitdrukking de Fransen gebruiken voor iets, dat ãf is, zeg een prima wijn.

Ik dank U voor Uw aandacht.

---

1) Volgens De Ingenieur van 5 juni 1959, p. A 318.