

merking dat men bij het verzachten van de pijn van de behandeling steeds rekening moet houden met de *individuele* patiënt.

Bernheim (1966) merkt op dat de beste methode ter reductie van pijn is „het medeleven van een kundig persoon”. Hij is van mening dat pijn niet verlicht kan worden door technische middelen alleen. Later in zijn artikel zegt hij dat men moet beletten dat de pijnprikkel de hersencentra bereikt en dat verdoving hiervoor de uitgelezen methode blijft.

### 2.5 Tandheelkunde bij kinderen

Boeke (1964) vond veel artikelen over tandheelkunde en psychologie bij kinderen. Ook in de Dental- en Psychological Abstracts treft men relatief veel titels op dit terrein aan.

Massler (1962) beschrijft enige leeftijdsfasen van het kind en zegt welke behandeling men kan toepassen in elke fase. Hij is van mening dat de moeder bij de behandeling van het kind aanwezig moet zijn.

Evans (1966) trekt dit laatste in twijfel en stelt dat men dit eerst moet onderzoeken, voordat men tot deze bewering overgaat. Massler vindt dat de persoonlijkheid van de tandarts een grote rol speelt: niet iedereen is geschikt om kinderen te behandelen. Een goede kinderarts is volgens Massler: empathisch, warmvoelend,

vriendelijk, doortastend in zijn optreden. Een slechte tandarts voor kinderen: autoritair, rigide, te toegeeflijk en te veel of te weinig doortastend in zijn optreden.

Een voorbeeld van een empirisch onderzoek bij kinderen is dat van Berendt en Brand (1958). Zij onderzochten in Israël het verschil tussen stads- en plattelandskinderen op de variabelen duim- en vinger(s)zuigen. Steekproeven hebben aangetoond dat deze gewoonten frequenter voorkomen bij kinderen uit de kibboets dan bij stadskinderen. Tussen jongens en meisjes bestonden in dit opzicht geen verschillen.

### 2.6 Enige kritische opmerkingen

Veel van het hiervoor vermelde lijkt weinig relevant voor een empirische wetenschap. Veel artikelen zijn uitsluitend beschouwend. Het kan best zijn dat de schrijver op grond van zijn jarenlange ervaring een juist beeld geeft van de werkelijkheid, maar de mogelijkheid is nooit uitgesloten dat hij op grond van die ervaring bevooroordeeld is; daarom is aan sommige punten snel voorbij gegaan.

In de volgende delen van dit overzicht worden wel empirisch verkregen gegevens behandeld. Het geeft een wat geruster gevoel daarmee te werken, omdat gevonden relaties kunnen worden afgewogen tegen de gebruikte procedures.

(wordt vervolgd)

## CAPITA SELECTA

### MATERIALEN IN DE TANDHEELKUNDE\*)

F. C. M. DRIESSENS

*Uit de afdeling  
Tandheelkundige Materialen  
der Katholieke Universiteit  
te Nijmegen.  
Hoofd: Dr. F. C. M. Driessens.*

#### *Inleiding*

De tandheelkunde wordt, evenals diverse andere beroepen, in toenemende mate op een wetenschappelijk beter te verantwoorde wijze en met technisch steeds betere middelen toegepast. Het algemeen belang van een goede tandheelkundige verzorging stelt aan de be-

oefenaar der tandheelkunde sinds lange tijd zó hoge en gevarieerde eisen, dat zijn opleiding op universitair niveau behoort te zijn. Op dit moment is zij dat gelukkig ook over praktisch de gehele wereld. De wetenschappelijke basis der tandheelkunde is daarbij niet beperkt tot de natuurwetenschappen, maar omvat evenals bij de andere medische activiteiten ook de gebieden van de levens- en geesteswetenschappen en wel door de directe gegevenheid van de mens als patiënt.

Dit artikel is de neerslag van een bezinning op de func-

\*) De in dit artikel verwerkte indrukken en ervaringen zijn gedeeltelijk opgedaan tijdens een verblijf van meer dan een jaar in de V.S., waarvan de financiële kosten mede zijn gedragen door de Nederlandse Organisatie voor Zuiver Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.) en door de Niels Stensen Stichting.



tie en de daartoe wenselijke structuur van de natuurwetenschappelijke pijler der tandheelkunde. Het begrip „materiaalkunde” zal de lezer in dit verband niet onbekend voorkomen. Deze wetenschap neemt in de voor-aanstaande tandheelkundige opleidingen op dit moment een niet onaanzienlijke plaats in. Terwijl materiaalkundigen, die in contact komen met de tandheelkunde, behoefte hebben aan een nadere omschrijving van deze plaats, bestaat bij tandartsen en tandheelkundige studenten de behoefte aan een nadere formulering van inhoud, methoden en grenzen van de wetenschap der materiaalkunde. Om aan deze behoeften tegemoet te komen, is, zoals de lezer zal zien, een algehele revaluatie van de natuurwetenschappelijke pijler der tandheelkunde noodzakelijk.

Zo zal men onderscheid moeten leren maken tussen materiaalkunde en materiaaltechnologie, tussen tandheelkundige materiaalkunde en biologische materiaalkunde, tussen materiaalkunde en materiaalkeuring, tussen materiaalfabricage en materiaalverwerking. Voor de tandheelkunde en andere vormen van heelkunde schijnt het op het ogenblik nog niet te laat te zijn om deze termen nader te omschrijven en om het woordgebruik in deze sector gelijk te schakelen aan de identieke begrippen, zoals die in de industrie reeds ca. 40 jaar in gebruik zijn.

Via dit onderscheid in begrippen kan men ook in de tandheelkunde tot een meer specifieke taak- en functie-analyse op natuurwetenschappelijk gebied komen. Als de daaruit resulterende functies met de juiste mensen kunnen worden bezet, is het, net als in de technische vakken, ook in de tandheelkunde mogelijk om de vorderingen op vaktechnisch gebied gelijke tred te doen houden met de vorderingen in de aanverwante natuurwetenschappen. In dit verband moge worden opgemerkt, dat de achterstand, die de materiaaltechnologie in de tandheelkunde nu op die in de industrie heeft, te schatten is op 30 tot 40 jaar, terwijl mij uit studies van de tandheelkundige literatuur, die in onze afdeling zijn verricht, is gebleken, dat er tot ca. 1900 nog geen sprake van achterstand was.

Ook het onderwijs in de tandheelkunde zal van een doelmatige opstelling van adequate functies profiteren. Een meer aangepaste structuur van het onderwijsprogramma zal in alle deelgebieden tot een beter doorzicht en een grotere zakelijkheid leiden, niet alleen voor de student, maar ook voor de docent. Aan het eind van dit artikel wordt een voorstel gedaan tot structurering van de natuurwetenschappelijke pijler in het onderwijs der tandheelkunde.

Dit voorstel is geënt op de bestaande situatie der praktische tandheelkunde. Met dit voorstel wordt beoogd voor de tandheelkundige student een zo harmonisch mogelijke overgang van het puur wetenschappelijke naar het praktische gebied te realiseren. De invoering van een dergelijk schema zal, voorzover het de natuurwetenschappelijke vakken betreft, de duur van de studie tot algemeen-practicus niet behoeven te veranderen.

Tenslotte zal de tandarts, die van zijn opleiding een beter woordgebruik en een scherper doorzicht heeft meegekregen wat betreft de technische aspecten van zijn professie, tot duidelijker en zakelijker contacten kunnen komen met de hulpkrachten en met de fabrikanten van tandheelkundige „materialen”.

Daardoor zal een versnelling van de vaktechnische vorderingen in deze aanverwante gebieden kunnen optreden, zodat het kwaliteitsniveau van de tandheelkundige verzorging daarmee in alle sectoren zal kunnen blijven stijgen.

Ter inleiding op de ontwikkeling van een meer aangepaste terminologie zal nu eerst de situatie rond materialen in de industrie worden bekeken.

#### *Materialen in de industrie*

Een materiaal is een enkelvoudige of samengestelde vaste stof, die min of meer geschikt is voor de vervaardiging van onderdelen, die van een bepaalde constructie deel moeten gaan uitmaken. In fig. 1 is het op deze definitie gebaseerde schema voor fabricage en verwerking van materialen gegeven.

Tot aan het begin van deze eeuw heeft dit schema als actuele organisatievorm voor het gebied van industriële

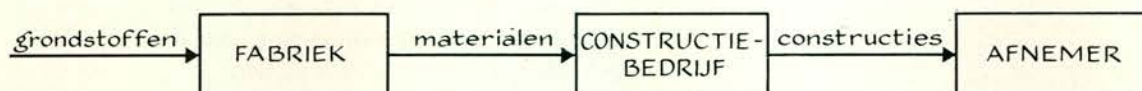


Fig. 1. Van grondstoffen via materialen tot constructies in de vóórtechnologische periode der industrie (tot ca. 1880).



materialen inderdaad bestaan. De handel in materialen werd toen nog grotendeels beheerst door de volgende factoren: (1) de beperktheid van de kwaliteit en het aantal soorten van op commerciële schaal produceerbare materialen; (2) de noodzakelijke aanpassing van de kwaliteitseisen en de constructietechniek aan de slechts in geringe mate variabele eigenschappen van de commerciële materialen van die tijd; (3) het vertrouwen, dat constructeur en fabrikant in elkaar stelden; de een wat betreft het op peil houden van de kwaliteit door de ander, de ander wat betreft het blijven toepassen van de klassieke constructietechnieken door de een.

Deze min of meer statische toestand is sinds ca. 1880 aan voortdurende ontwikkelingen onderhevig geweest. Enkele van de oorzaken waren: (1) het feit, dat steeds meer materialen bekend werden, die op commerciële schaal uit synthetische grondstoffen konden worden verkregen, zodat de keuzemogelijkheid voor de constructeur toenam; (2) het hiermee samenhangende feit, dat de kwaliteitseisen van de zijde van de constructeur steeds werden opgevoerd, dat een toeneming van het aantal toepassingen van vrijwel iedere soort materialen oprad, die leidde tot een voortdurend grotere verscheidenheid van kwaliteitseisen; (3) het feit, dat tussen 1880 en 1940 het wederzijds vertrouwen van fabrikant en constructeur gaandeweg werd vervangen door materiaalkeuring (zie fig. 2). Aanvankelijk gebeurde dit alleen binnen de bedrijven van fabrikant en constructeur, later ook in onafhankelijke laboratoria voor materiaalkeuring.

Door deze horizontale opstelling in het organisatieschema kon de materiaalkeurder zich moeilijk losmaken van de polaire relatie tussen fabrikant en constructeur. Zo verwachtte de constructeur veelal van de keurder, dat hij uit de aard van de toepassing van een materiaal zelf wel zou afleiden, wat voor eigenschappen hij zou moeten meten, waarvoor hij dan ook de meest relevante testmethoden zou moeten ontwerpen. Het opstellen van specificaties is echter een zaak voor de constructeur en natuurlijk is het wijs om daarbij het advies van

de keurder in te winnen. Anderzijds verwachtte de fabrikant veelal van de keurder, dat hij met de aard van een materiaal voldoende rekening zou houden en wel in die zin, dat de kwantitatieve grenzen van een specificatie aan de in zekere mate gegeven eigenschappen van het materiaal zouden worden aangepast. Ook dit is echter een zaak, die de constructeur toekomt: deze kan bij gebrek aan het voor een bepaalde toepassing ideale materiaal zolang genoeg nemen met een beschikbaar materiaal, dat dan even goed nog aan een bepaald deel van de voor die toepassing gestelde specificaties zal moeten voldoen.

Het is verwonderlijk hoe sterk de invloed van bovengenoemde motieven was, en hier en daar nog steeds is, bij het opstellen van gestandaardiseerde testmethoden en het vaststellen van kwantitatieve grenzen in een specificatie. In deze toestand is in de volgende fase van ontwikkeling op een driedelig front verandering gekomen.

Reeds werd vermeld, dat onafhankelijke laboratoria voor de keuring van materialen ontstonden. Meestal werden zij door de overheid ingesteld om regelend te kunnen optreden bij het contact tussen de ondernemingen van fabrikant en constructeur. De zelfstandigheid van deze keuringslaboratoria gaf aan het organisatieschema een zekere diepte, die in fig. 2 niet tot uitdrukking komt. Deze diepte betreft de eigenheid van de taak, die in de loop der jaren aan de materiaalkeurder toeviel, en wel in nauwe samenhang met het stijgen van de uitgebreidheid en het niveau van zijn materialenkennis. Tot ca. 1935 was deze materialenkennis overwegend fenomenologisch en beschrijvend. Er bestonden in de natuurwetenschappen echter reeds enkele, historisch ver terugreikende lijnen van ontwikkeling, waarlangs modelmatige theoretische verklaringen voor enkele van deze fenomenologische eigenschappen waren gegeven. Intussen waren een aantal van de nu algemeen bekende methoden van structuuronderzoek op atomaire en moleculaire schaal binnen de fysica en de chemie zó ver ontwikkeld, dat zij met vrucht op het materiaalonderzoek konden worden toegepast. Uit het toen ge-



Fig. 2. Het wederzijds vertrouwen tussen fabrikant en constructeur maakte plaats voor materiaalkeuring (1880-1940).



sloten huwelijk tussen structuuronderzoek en materiaalonderzoek is de materiaalkunde voortgekomen. Het object van deze wetenschap is daarom het verband tussen samenstelling, structuur en eigenschappen van materialen. Een materiaalkundige is dus iemand, die het antwoord zoekt op de vraag, waarom een bepaald materiaal bepaalde eigenschappen heeft, althans voorzover dit samenhangt met de samenstelling en de structuur.

Te zelfder tijd leverde de chemische basis-industrie een groot aantal nieuwe synthetische grondstoffen, geschikt voor de ontwikkeling van polymeren. Ook een groot aantal nieuwe variaties op veel oudere thema's, zoals legeringen en keramische verbindingen, deden hun intrede in de fabricage van materialen. Tevens kwam vanuit de materiaalkeuring een uitgebreide stroom van gegevens los over de eigenschappen van materialen. In dit klimaat ontstond als vanzelf een systematische materiaalontwikkeling. De fabrikant trachtte op een technisch niveau te komen, waarop een materiaal kan worden ontworpen naar het profiel van een specificatie. Zo ontstond uit de fabriek de geheel eigen activiteit van de materiaaltechnologie, waarin getracht wordt om de procesmatige factoren, die de eigenschappen van een materiaal mede bepalen, op te sporen. De materiaaltechnoloog is daarom iemand, die antwoord tracht te vinden op de vraag, hoe de eigenschappen van een materiaal veranderen bij variaties in het bereidingsproces.

Een soortgelijke ontwikkeling deed zich voor bij de constructiebedrijven. Naarmate de functionaliteit van een materiaal als onderdeel van een constructie gevoeliger was voor de manier, waarop het werd bewerkt en ingebouwd, was de behoefte aan applicatie-onderzoek sterker. De resultaten van dit onderzoek maakten het

mogelijk de kwaliteitseisen kwalitatief steeds vollediger en kwantitatief steeds juister te formuleren.

De materiaalkeuze voor een bepaald onderdeel werd daarbij steeds beter aangepast aan de eisen, die door de consument aan de constructie als zodanig werden gesteld, en ook aan de onvermijdelijk eindige levensduur van de constructie als totaal. Dit alles gaf het aanzijn aan een op vele terreinen nu reeds ver doorgevoerde constructietechnologie. Hoe onafhankelijk deze activiteit hier en daar is ten opzichte van de oude bouw- of constructiebedrijven moge blijken uit het grote aantal volkomen nieuwe bedrijven, dat uit deze activiteit nog vandaag voortkomt. Daarvan is de computerindustrie slechts één voorbeeld. Een constructietechnoloog is dus iemand die: (1) de kwaliteitseisen, die door de consument aan een constructie worden gesteld, vertaalt in specificaties waaraan de materialen voor ieder onderdeel moeten voldoen; (2) vervolgens bekijkt welke materialen daarvoor in aanmerking komen en (3) tenslotte antwoord tracht te vinden op de vraag, welke de beste methode van constructie is.

Al met al heeft deze ontwikkeling geleid tot het ontstaan van een wetenschappelijke bovenbouw, die economisch door de praktische onderlaag wordt gedragen, maar die dan ook zó direct bij de problematiek van deze praktische onderlaag is betrokken, dat zij in deze tijd van internationale concurrentie en wetenschapsbeoefening onmisbaar is voor de continuïteit en de aanpassing van de bestaande activiteiten en bedrijven, die met materialen hebben te maken. Het in fig. 3 tot uitdrukking gebrachte diagram is een beeld, dat in vele grote industrieën meer of minder bewust als organisatieschema wordt gehanteerd. Het is mijn ervaring, dat het een zeer werkzame structuur is, zolang aan de betrokken par-

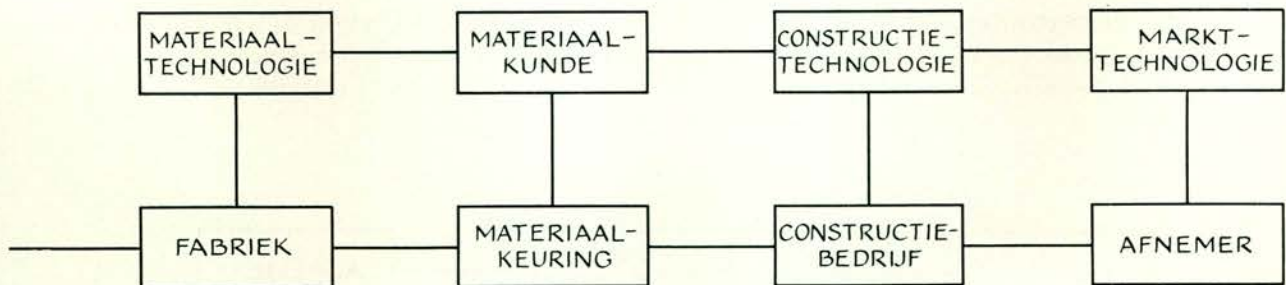


Fig. 3. In de industriële toepassingsgebieden van materialen ontstond een wetenschappelijke bovenbouw met dezelfde structuur als die van de praktische onderlaag (1920-1950).



tijen hun specifieke verantwoordelijkheid in deze structuur duidelijk voor ogen staat en zolang voor het uitvoeren van de verschillende functies voldoende mensen met de juiste instelling en voldoende middelen ter beschikking staan.

Voorts is de betreffende structuur de meest efficiënte, als het gaat om de doorstroming van nieuwe verworvenheden uit de meer fundamentele gebieden van fysica en chemie naar de meer toegepaste gebieden van techniek. Zo duurt het tegenwoordig meestal niet langer dan 2 jaar, voordat een idee, dat in het laboratorium is geboren en/of er potentieel vruchtbaar is bevonden, technologisch wordt „waar” gemaakt of verwezenlijkt in de vorm van een commercieel bruikbaar produkt. Het valt daarbij op, dat deze ontwikkelingsperiode slechts zo kort is in die bedrijven of bedrijfstakken, waarin de functionele structuur uit fig. 3 het eerst is ontdekt en ingevoerd, met name de automobielenindustrie, de elektrotechnische industrie, de vliegtuig-, de werktuig- en de apparatenbouw. Daartegenover staat een aantal andere bedrijfstakken, waarin de technologische verwezenlijking van een vruchtbaar bevonden idee op zichzelf reeds 10 tot 20 jaar duurt en dan bovendien op lokale schaal overmatig veel ofwel onverdiend weinig actuele toepassing vindt. Blijkens de feiten moeten tot deze laatste sectoren van activiteit, die met materialen hebben te maken, behalve de wegenbouw, de huizenbouw, de edelsmeedkunst, de beeldende kunst en enkele andere ook de chirurgie en de tandheelkunde gerekend worden. Over het algemeen hangt dit verschil in efficiëntie samen met de eigenaardige structuur dezer bedrijfstakken, waarin de grote mate van specificiteit der produkten of werkstukken opvalt. Ook is dit de sector van activiteiten, waarin het vrije beroep wordt aangetroffen.

De hier gegeven beschrijving van de feiten rond materialen in de industrie kan ons misschien helpen bij het vinden van de functiestructuur, zoals die in de laatstgenoemde groep van activiteitsgebieden bestaat of natuurlijkerwijze zou moeten bestaan.

Hoewel de specificiteit der produkten in deze sectoren het invoeren van continue of serieproductie tot op zekere hoogte in de weg zal blijven staan, lijkt het zeer wel mogelijk om de hierboven gesignaleerde relatieve inefficiëntie een eindweegs op te heffen. Voorts zal een duidelijker structurering in de organisatie van de gewenste wetenschappelijke bovenbouw het klimaat en de taakverdeling voor de functionarissen, die veelal uit an-

dere disciplines moeten worden aangetrokken, aanzienlijk kunnen verbeteren resp. vergemakkelijken.

In het overige zal de discussie zich beperken tot de rol van materialen in de tandheelkunde.

#### *Materialen in de tandheelkunde*

Veel tandartsen en ook velen uit de groep van de beoefenaars der natuurwetenschappen, die bij de tandheelkunde zijn betrokken, hanteren voor de praktijk der tandheelkunde min of meer bewust een functie- of organisatieschema, dat identiek is met de toestand in de industrie van voor de tweede wereldoorlog (fig. 2), behalve dan dat men voor „constructiebedrijf” het woord „tandarts” moet lezen. Het kan de lezer twijfelachtig voorkomen, of de tandheelkunde in materiële zin wel met de industriële sectoren, waarin materialen worden toegepast, vergeleken mag worden. Daarin heeft hij in verschillende opzichten gelijk.

Zo wordt een materiaal in een industriële toepassing steeds verwerkt tot een groot aantal identieke onderdelen voor zo goed mogelijk identieke produkten van identieke constructie (b.v. radio, auto, TV). Een materiaal in een biologische toepassing echter wordt onderdeel van een gegeven biologische structuur. De afmetingen van deze structuur verschillen van het ene tot het andere levende wezen en zijn bovendien voor ieder levend wezen geen statisch, maar een dynamisch gegeven. Ook verschilt bij een bepaalde ziekte het deel van het organisme, dat door een technisch materiaal moet worden vervangen, van patiënt tot patiënt. De biologische toepassing van een technisch materiaal vereist daarom een individuele ingreep, te volgen door een individuele behandeling, en wel des te meer individueel voor die delen van de constructie, die komen te raken aan de resten van de biologische structuur. Zo kan men de kunststanden van een kunstgebit machinaal vervaardigen, maar de basis ervan moet gevormd worden naar de geometrie van het tandvles der patiënten.

Hiermee is opgelegd, dat het individuele deel van iedere biologische constructie of, meer specifiek, ieder tandheelkundig werkstuk, niet door de fabrikant van tandheelkundige „materialen” zal kunnen worden gemaakt. In feite levert deze dan ook geen materialen, maar half-fabrikaten, die door de tandarts en/of door hulpkrachten onder leiding van de tandarts tot materiaal worden verwerkt. Vandaar dat men strikt genomen pas van tandheelkundige materialen kan spreken na het stadium van verwerking tot een tandheelkundig werkstuk, dat een gegeven deel van de biologische structuur vervangt



of nog moet vervangen. Voor belangstellende tandarts-clinici ligt hier een enorm terrein van onderzoek nagenoeg braak. Voor elk halffabrikaat van elk merk is het bepalen van de optimale verwerkingstechniek namelijk nodig. In het verleden is dit te zeer op kwalitatieve wijze en dus in subjectieve zin gebeurd, terwijl toch deze sector van onderzoek met de huidige technologische middelen en methoden voor kwantificatie in aanmerking komt.

De biologische structuur bezit bepaalde fysische en fysisch-chemische eigenschappen. Zo is de temperatuur van het menselijk lichaam ca. 37° C en lokale afwijkingen van meer dan 25° C kunnen ernstige pijn veroorzaken. Verder is de pH van de inwendige lichaamsvochten meestal 6 tot 7 en lokale afwijkingen van meer dan 4 pH-eenheden worden bijna overal in het organisme als storend ondervonden. Water is hier op aarde een essentieel bestanddeel van de meeste biologische structuren. Het plaatselijk volkomen verwijderen van water heeft meestal irreversibele structuurveranderingen tot gevolg en betekent dan ook het verlies van de vitaliteit van het betreffende lichaamsdeel. Om deze en andere redenen is het proces van applicatie van technische materialen in een biologische structuur aan een groter aantal en veel nauwere grenzen van allerlei condities gebonden dan in een industriële applicatie.

Tenslotte is de biologische structuur behalve in geometrische zin ook in biologische zin dynamisch. Micro-ruwheden op het oppervlak van een biologische constructie zijn voldoende om in eventueel onderliggend zacht weefsel ernstige irritatiereacties te doen ontstaan. Een technisch materiaal of bepaalde componenten ervan kunnen min of meer toxisch zijn en in voldoende concentratie aan het grensvlak of in bepaalde delen van de onderliggende biologische structuur allergische reac-

ties opwekken. Zelfs als er geen sprake van irritatie, toxiciteit of allergie is, dan nog kunnen zekere herstructureringen in of rond de resten van de biologische structuur optreden, die kunnen leiden tot de uitstoting van de tandheelkundige constructie. De oorzaken van deze verschijnselen zijn zeer onvoldoende bekend, laat staan dat men kan aangeven, aan welke eisen een materiaal moet voldoen om het optreden van deze verschijnselen te kunnen vermijden. Het onderzoek in dit gebied van wisselwerking tussen technische materialen en levende weefsels (ook wel biologische materialen genoemd) behoeft een systematische en georganiseerde aanpak van de zijde der klinische tandartsen.

#### *Materialen tussen tandarts en fabriek?*

Uit de boven geschetste, gecompliceerde gang van grondstoffen tot materialen in tandheelkundige toepassingen, die meer expliciet in fig. 4 is gegeven, volgt reeds, dat men in de tandheelkunde niet kan volstaan met dezelfde institutionering voor materiaalkundige en keuringsactiviteiten als die in de industriële toepassingsgebieden van materialen uit fig. 3. Als sommigen van een échec van de huidige specificaties voor tandheelkundige materialen willen spreken, dan is daarvan inderdaad sprake, indien en in zoverre men door het ontbreken van vitale informatie (namelijk over de kwantificeerbare aspecten van de klinische werkstukken en de klinische verwerking van halffabrikaten tot materialen) bij het opstellen dezer specificaties te weinig rekening heeft kunnen houden met het feit, dat een tandheelkundig materiaal slechts een eindweegs door de fabrikant en voor het overige door de tandarts en zijn staf wordt vervaardigd. Vanwege ditzelfde feit kan het bij de opzet en de uitvoering van het specificatieprogramma slechts halverwege gaan om de bescherming van de belangen van de tandarts en zijn staf en volledig

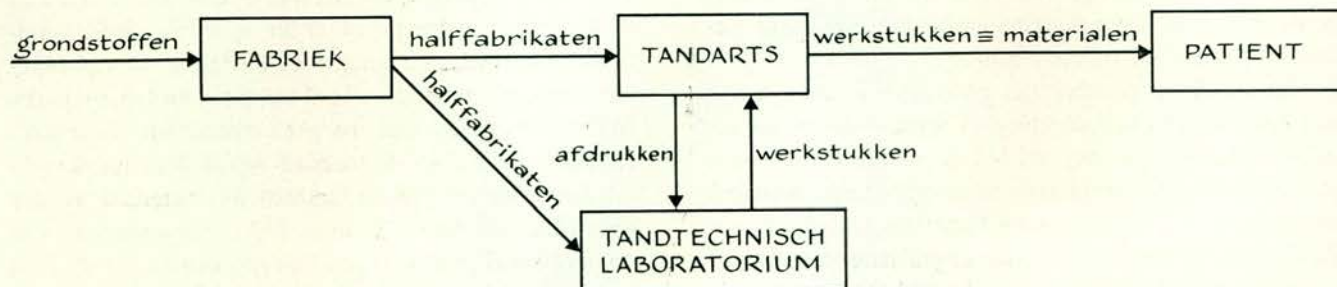


Fig. 4. De wording van materialen in de praktische tandheelkunde van vandaag.



om de bescherming van de belangen van de patiënt. In landen, waar deze laatste belangen uiteindelijk door de overheid worden behartigd, is een sterke overheidsdeelneming in de keuringsactiviteiten daarom niet alleen gerechtvaardigd, maar zelfs gewenst te noemen.

Vergelijking van fig. 4 met fig. 1 zal duidelijk maken, dat in het vlak der praktische tandheelkunde een laboratorium of instituut voor materiaalkeuring dient te zijn opgesteld, niet tussen fabriek en tandarts, maar tussen tandarts en patiënt. De adviserende of, zo men wil, controlerende bevoegdheden van een dergelijk instituut dienen zich immers uit te strekken over alle sectoren van bedrijvigheid, die aan het tot stand komen van een materiaal hebben bijgedragen.

Vanwege het wezen der materiaalkunde, dat in de inleiding is omschreven, zou men verwachten, dat op het vlak der wetenschappelijke tandheelkunde de primaire interesse van de tandheelkundig materiaalkundige zal uitgaan naar de eigenlijke tandheelkundige materialen, d.w.z. naar de materialen, die in de vorm van een tandheelkundig werkstuk uiteindelijk bepaalde delen van de biologische structuur vervangen in de mond van de patiënt. In een vroeger stadium is er immers nog geen sprake van een materiaal. De tandheelkundig materiaal-kundige zou dus van aangebrachte amalgaamrestauraties, geplaatste inlays, kronen en bruggen alsook van functionerende partiële en volledige prothesen, enz. de fysische en fysisch-chemische eigenschappen moeten willen kennen, en ook, hoe deze eigenschappen samenhangen met de samenstelling en de structuur van een tandheelkundig materiaal. Hij zou het bovendien tot zijn taak moeten rekenen te onderzoeken, hoe deze eigenschappen veranderen met het verloop van de verblijfstijd in de mondholte, en verder, hoe deze veranderingen samengaan met wijzigingen in de samenstelling en de structuur ten gevolge van verouderend, corrosief en/of erosief werkende factoren in deze mondholte. Dit alles behoort tot het eigen terrein der tandheelkundig materiaalkunde en inderdaad zijn dit zaken, die alleszins fundamentele aandacht verdienen.

Met deze puur materiaalkundige vraagstelling zijn patiënt, tandarts, tandheelkundige hulpkrachten en fabrikant echter slechts indirect geholpen. Veel directer ligt voor hen de vraag, hoe men tot een zo goed mogelijk werkstuk en een zo goed mogelijke bevestiging daarvan in de mond van de patiënt komt. Het antwoord daarop is echter aan de tandheelkundig materiaaltechnoloog. Van hem kan het volgende profiel worden geschetst. Al-

leerest kent hij of tracht hij te leren kennen de fysische en chemische processen, die zich afspelen bij de vorming van tandheelkundige materialen uit grondstoffen en halffabrikaten. Vervolgens dient hij van de materiaalkundige te horen, welke eigenschappen men aan bepaalde materialen kan toekennen, hoe men deze kan meten en hoe deze onder verschillende omstandigheden na verloop van tijd veranderen. Tenslotte moet hij van de tandarts-practicus vernemen, aan welke kwantitatief gestelde eisen of specificaties een bepaald tandheelkundig werkstuk moet voldoen. Op basis van deze gegevens kan hij onderzoeken, welke invloed variaties in het bereidingsproces op de eigenschappen van tandheelkundige materialen hebben, en hoe bestaande grondstoffen of halffabrikaten moeten worden verwerkt om inderdaad een tandheelkundig materiaal op te leveren, dat aan de kwantitatieve eisen van de algemeen-practicus voldoet. Tenslotte zal de tandheelkundig materiaaltechnoloog trachten een nieuw materiaal te ontwikkelen of een bestaand tandheelkundig materiaal te verbeteren, in het geval dat geen der commerciële tandheelkundige halffabrikaten tot het gewenste materiaal leidt, ook al zou de verwerking ervan onder optimale omstandigheden geschieden.

#### *Pleidooi voor tandheelkundige materiaaltechnologie als zelfstandige discipline*

Tandheelkundig halffabrikaten worden over vrijwel de gehele wereld in relatief kleine fabrieken geproduceerd. De omzetten zullen nooit vergelijkbaar worden met die van aardolieproducten of steenkool. Ook concentratie zal daarom geen industrieën doen ontstaan van een omvang, die voor een economisch te dragen systematische beoefening van de materiaalontwikkeling onontbeerlijk is. Toch is dit, zoals eerder aangeduid, één van de taken binnen het gebied der tandheelkundig materiaaltechnologie, die dringend een georganiseerde aanpak behoeven. Dat een dergelijke aanpak binnen de huidige structuur incidenteel wel mogelijk is, bewijst het nu bijna wereldomspannende net van projecten voor de ontwikkeling van tandheelkundig adhesieven. Daarin werken een aantal fabrikanten, „materiaalkundigen” en tandartsen min of meer samen. Maar dit is dan ook de meest urgente zaak wat betreft de ontwikkeling van nieuwe tandheelkundig materialen. Daarbij is deze activiteit door haar versnippering in onnodige mate geldverslindend.

Behalve de huidige fabrikant van tandheelkundig halffabrikaten is in het algemeen ook de tandarts noch zijn



staf erop ingesteld of voldoende ervoor opgeleid om een continue en systematische bijdrage te leveren tot de tandheelkundige materiaaltechnologie.

Bij zijn afstuderen moge het persoonlijk wetenschappelijk niveau van de tandarts dan overeenstemmen met dat van zijn opleiding, juist op het gebied van de tandheelkundige materiaaltechnologie ligt het niveau van de praktische tandheelkunde en daardoor van de tandheelkundige opleiding in vele landen lager dan men zou mogen verwachten op grond van: (1) al datgene, wat in de tandheelkundige literatuur aan materiaaltechnologische gegevens voorhanden is; (2) de vorderingen in de aanverwante industriële gebieden van technologie in vergelijking met de vorderingen in de tandheelkundige materiaaltechnologie sinds ca. 1900, toen beide disciplines gelijk stonden. In deze toestand begint verandering te komen. Zonder het materiaaltechnologie te noemen zijn enkele groepen van onderzoekers in de V.S. gestart met de „klinische evaluatie” van enkele tandheelkundige materialen. In feite sluit dit een stuk technologie in, namelijk voorzover de invloed van variabelen in het vervaardigingsproces van deze materialen uit halffabrikaten op de kwaliteit en de „levensduur” van de resulterende tandheelkundige werkstukken wordt nagegaan. Voorts is aan enkele Scandinavische tandheelkundige opleidingen een zodanige opzet tot stand gekomen, dat preklinisch onderwijs en klinisch onderzoek gedragen worden door de tandheelkundige technologie, die in een aparte afdeling is geïnstitutioneerd.

Het instellen van centra voor tandheelkundige materiaaltechnologie lijkt in de huidige structuur alleen mogelijk, maar ook het meest zinvol binnen de bestaande tandheelkundige opleidingen. Deze zullen bij de uitoefening van hun taak niet alleen de tandarts en zijn staf natuurwetenschappelijk dienen te ondersteunen,

maar zo nodig ook aandacht moeten besteden aan de technologische problemen bij de halffabriekproductie door de fabrikant. Aan deze centra zullen derhalve zowel ingenieurs als tandartsen met een natuurwetenschappelijke training verbonden moeten zijn.

Speciaal van de tandartsen hierin mag verwacht worden, dat zij in samenwerking met hun collega's in de praktische tandheelkunde zullen komen tot de formulering van de criteria, waaraan een bepaald tandheelkundig werkstuk moet voldoen, voorzover het kwantificeerbare, dus in principe ook meetbare grootheden en kwaliteiten betreft. Alleen met deze criteria in het vooruitzicht is activiteit op het gebied van de tandheelkundige materiaaltechnologie zinvol.

Tot de meest direct bij de tandheelkunde betrokken laag in de natuurwetenschappelijke basis der tandheelkunde behoort niet alleen de materiaaltechnologie, maar ook een gebied, dat hier en daar als technische tandheelkunde wordt aangeduid, maar waarvoor tandheelkundige constructietechnologie wellicht een betere naam zou zijn.

#### *Over de technische tandheelkunde*

De technisch-tandheelkundige of de tandheelkundige constructietechnoloog zal het antwoord willen weten op de vraag naar de doelgerichtheid van het „technisch handelen” van de tandarts en zijn staf en naar die van de daarbij gebruikte technische hulpmiddelen. Daarbij omvat dit „technisch handelen” die aspecten van het tandheelkundig handelen, die wel samenhangen met het gebruik van technische materialen, maar toch buiten het gezichtsveld van de materiaaltechnologie vallen. Het antwoord op de hier opgeworpen vraag wordt in het algemeen in etappes beantwoord of getracht te beantwoorden.

Het tandheelkundig handelen begint met het bepalen

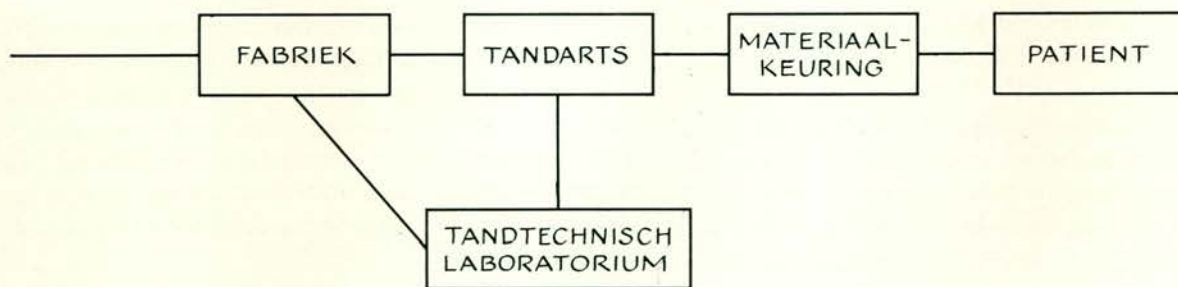


Fig. 5. Over de plaats, die de keuring van tandheelkundige materialen in de praktische tandheelkunde van vandaag natuurlijkerwijze toekomt.



van de tandheerkundige „toestand” of status van de patiënt. Tegenwoordig is deze bepaling niet meer beperkt tot het ontvangen van 's patiënten mededeling, dat hij tandpijn heeft, en evenmin tot een inspectie van het oppervlak van de harde en zachte weefsels in de mond. Sedert enige decennia is het mogelijk om zeer waardevolle aanvullende gegevens over de inwendige structuur van levende biologische weefsels te verkrijgen, met name van de harde weefsels, en wel d.m.v. de röntgenabsorptietechniek. De technisch-tandheerkundige zal er een deel van zijn taak in zien om de doelgerichtheid van de röntgenapparatuur te onderzoeken en om samen met zijn collegae tandartsen de geometrische regels en de optimale fotografische procedures te ontwikkelen, die leiden tot een status met zoveel mogelijk relevante informatie. Zo zal hij voor de verschillende commerciële röntgenapparaten tot een kritische beoordeling van hun informatieve waarde kunnen komen.

Voordat de practicus tot de volgende stap van het tandheerkundig handelen overgaat, stelt hij op grond van de beschikbare gegevens vast, welke ingrepen er moeten worden verricht. Daarna is het een zaak van goede preparatietechniek om daarvoor de juiste instrumenten te kiezen en om de behandelingen zó uit te voeren, dat de gewenste ingreep zo goed mogelijk wordt verricht. De technisch-tandheerkundige zal het tot zijn taak rekenen om samen met zijn collegae tandartsen de criteria hiervoor vast te stellen. Eén van de voorwaarden is, dat de irreversibele veranderingen in de biologische structuur zich moeten beperken tot een zo dun mogelijke laag aan de wand van de caviteit. Hier en daar is men in de tandheerkundige literatuur wel tot een inventarisatie van soorten apparaten en instrumenten gekomen, maar de gronden, waarop sommige daarvan zouden moeten worden aanbevolen of afgekeurd, verdienen een meer volledige en meer diepgaande aandacht dan zij tot nu toe ontvingen. Bovendien is het geven van een aanbeveling of een afkeuring alleen maar toelaatbaar, als men de optimale bedrijfscondities ten aanzien van een bepaalde ingreep voor de betreffende apparatuur en de betreffende set van instrumenten, met name boren, heeft bepaald. De methoden hiervoor staan echter nog in de kinderschoenen. Bij het oplossen van deze en dergelijke problemen zal de technisch-tandheerkundige er veel baat bij hebben om de ervaring met en de kennis over het boorproces, voorzover zij binnen het terrein van de werkplaatstechniek reeds verworven zijn, te vertalen in voor de tandheerkundige praktijk bruikbare termen. Anderzijds zal hij bij zijn onderzoek rekening

moeten houden met de eigenaardigheden in structuur en textuur van de harde biologische weefsels. Hij is daarom ook afhankelijk van informatie uit het gebied van de biologische materiaalkunde.

In het volgende stadium van het tandheerkundig handelen zal het al of niet in wording zijnde materiaal in de resten van of aan de biologische structuur moeten worden bevestigd. Dit geldt niet alleen voor de normale „curatieve” tandheerkunde, maar ook voor de orthodontie en de mond- en kaakchirurgie. Bij het wegnemen van weefsels moet de practicus dus reeds duidelijk voor ogen staan, welke vorm de uiteindelijke tandheerkundige constructie zal moeten hebben en uit welk materiaal deze zal moeten bestaan. Afgezien van de materiaaltechnologische kennis, die de tandarts voor het nemen van een besluit over de uit te voeren constructie moet hebben, heeft hij vooral met betrekking tot de vorm ervan constructietechnologische kennis nodig, namelijk om de constructie zo te kunnen bouwen, dat zij: (1) een goede biologisch aanvaardbare retentie zal hebben in de resten van of aan de biologische structuur; (2) zo weinig mogelijk ongewenste of hinderlijke fysische en/of chemische wisselwerkingen zal hebben met andere constructies of met de weefsels; (3) mechanisch, thermisch en optisch zo functioneel mogelijk zal zijn; (4) onder invloed van de te verwachten mechanische belastingen en ook van variaties en gradiënten in temperatuur en omgevingssamenstelling zo weinig mogelijk tot mechanische en/of elektrische spanningsconcentraties aanleiding zal geven; daarbij dient ook te worden gelet op de raakvlakken tussen constructie en biologische structuur. Het verwerven van kennis in dit gebied en het overbrengen daarvan op de tandarts zal wellicht het zwaarste deel zijn van de taak, die voor de technisch-tandheerkundige of tandheerkundig constructietechnoloog is weggelegd.

Hoewel de hier genoemde zaken voor de tandarts en zijn staf van onmiddellijk belang zijn en daarom ook een systematische en georganiseerde aanpak verdienen, valt uit het relatief geringe aantal fundamentele en richtinggevend publicaties hierover in de tandheerkundige literatuur af te leiden, dat het onderzoek in dit gebied onder de tandheerkundige materiaalkundigen over het algemeen onpopulair is. Dit valt niet te verwonderen, als men bedenkt, dat deze deskundigen voor het behandelen van genoemde problemen niet zijn getraind. In tal van medische faculteiten echter worden de problemen uit dit gebied reeds door deskundigen in georganiseerd



verband onderzocht en wel als onderdeel van de „bio-engineering”, de „medical engineering” of de „bio-medical engineering”. Wat de tandheelkunde betreft, bestaat hier echter over vrijwel de gehele wereld nog een leemte.

#### *Biologische materiaalkunde, een nieuwe wetenschap*

Aan een tiental universiteiten, waarvan één in Nederland, zijn afdelingen opgericht, die onder namen als „Biomaterials Science” of „Biological Materials Science” ten doop zijn gehouden. Het object van de wetenschap der biomateriaalkunde of biologische materiaalkunde is het verband tussen samenstelling, structuur en eigenschappen van weefsels ofwel biologische materialen. Het bepalen van dit verband is sinds enige decennia in andere wetenschappelijke kaders gebeurd, maar de oprichting van afzonderlijke afdelingen voor een zo belangrijke wetenschappelijke pijler van de heelkunde was meer dan gewenst om de bij voortduring slechts incidentele en/of halfbekwame aandacht te transformeren in een systematische, georganiseerde en wetenschappelijk verantwoorde aanpak van problemen. De antwoorden, die deze wetenschap op de haar eigen vragen gaat geven, zullen een belangrijke vezel vormen in de leidraad voor de toekomstige medische en tandheelkundige technologen.

Vanzelfsprekend zijn de nu bestaande afdelingen Biomateriaalkunde nauw met de reeds langer bestaande afdelingen Tandheelkundige en/of Medische Materiaalkunde verbonden. In een goed samenspel van deze disciplines kunnen trouwens het best die problemen worden bestudeerd, die liggen in de fysische en chemische wisselwerking tussen technische en biologische materialen. Deze wisselwerking vormt reeds eeuwen één der hoofdproblemen van de tandheelkunde en de chirurgie en wordt nog steeds actueler, omdat zelfs partiële oplossingen zeer moeilijk worden gevonden. De kansen voor systematisch en georganiseerd onderzoek op dit gebied zullen naar verwachting het grootst zijn aan instituten, waar biologische materiaalkunde en tandheelkundige alsook medische materiaalkunde organisatorisch onder één noemer zijn gebracht.

#### *Natuurwetenschappen en tandheelkunde*

Twintig jaar geleden vormde „tandheelkundige materialen”, „tandheelkundige materialenkennis”, „tandheelkundige materiaalwetenschappen”, ofwel „the science of dental materials” of „zahnärztliche Werkstoffkunde”, zoals dat in sommige andere landen werd genoemd, de gehele brug tussen tandheelkunde en de

natuurwetenschappen, voorzover daarbij materialen waren betrokken. Sindsdien heeft zich zowel bij de tandartsen als in de kring der tandheelkundig materiaalkundigen een soort bewustwordingsproces voorgedaan, dat nog voortdurend in intensiteit en veelzijdigheid toeneemt. Op dit moment is het de meeste betrokkenen overduidelijk, dat tandheelkundige materiaalkunde alleen niet meer in staat is – en eigenlijk nooit geweest is – om voor de praktische tandheelkunde als de gewenste natuurwetenschappelijke pijler te dienen.

Een soortgelijk bewustwordingsproces had zich in de industriële sectoren van activiteiten, die met materialen hebben te maken, reeds ongeveer drie decennia eerder voorgedaan en leidde toen zeer snel (namelijk tussen 1930 en 1940) tot de realisatie van een natuurwetenschappelijke bovenbouw (fig. 3), die op een natuurlijke wijze aansloot bij de structuur van de praktische onderlaag (fig. 2). Hoewel het analoge bewustwordingsproces in de tandheelkunde reeds 20 jaar geleden inzette, is openlijke discussie over de natuurwetenschappelijke bovenbouw, die men voor de praktische tandheelkunde zou wensen, in de tandheelkundige literatuur schaars en vaak onvolledig.

Hier is getracht om allereerst de functionele structuur, zoals die met betrekking tot materialen in de praktische tandheelkunde bestaat, te observeren en te omschrijven (fig. 4). Daarna is een reportage gegeven van de verschillende stromingen in het boven gesignaleerde proces van bewustwording m.b.t. „materiaalkunde” in tandheelkundige kring. Voorts is melding gemaakt van het feit, dat sommige leemten in de gewenste bovenbouw sedert enkele jaren hier en daar, en dan nog zeer aarzelend, gevuld worden, en wel door de oprichting van afdelingen voor materiaaltechnologie, biotechniek of biologische materiaalkunde. Het is met de huidige stand van wetenschap en techniek voor één persoon onmogelijk om de taken, die in een beoefening van, of zelfs alleen maar in het onderwijs in de tandheelkundige materiaalkunde en de tandheelkundige materiaaltechnologie en de biologische materiaalkunde en de technische tandheelkunde besloten liggen, naar behoren te vervullen. De ervaringen, die met betrekking tot het analoge probleem in de industrie ca. 4 decennia geleden zijn opgedaan, wijzen in de richting, dat beoefening van ieder van de vier genoemde gebieden mensen zal vragen met een zeer verschillende achtergrond en een even sterk verschillende instelling. Op grond hiervan moet de natuurwetenschappelijke bovenbouw, die voor de praktische tandheelkunde van vandaag, voorzover het mate-



riale betreft, noodzakelijk geacht moet worden aan de hand van de hier vermelde mondiale gebeurtenissen, geformuleerd worden, zoals dat in fig. 6 is gebeurd. Hopelijk zal openlijke en internationale discussie hierover binnenkort de hier nog ontbrekende aanvullende gegevens leveren over de taken, die in het vlak van de bovenbouw liggen. Wel is te verwachten, dat de erkenning en daarom ook de invoering van een dergelijke bovenbouw in de meeste landen nog enkele decennia op zich zal laten wachten.

Vooruitlopend op de bezwaren, die daarbij waarschijnlijk naar voren gebracht zullen worden, lijkt het goed te trachten, de gevolgen te overzien van de invoering van een dergelijke bovenbouw en de daarmee te verwachten verdere „verwetenschappelijking” van de praktische tandheelkunde, zodat de betrokkenen beter zullen kunnen beoordelen, in hoeverre veranderingen in deze richting voor- of nadelig zullen kunnen zijn. Allereerst heeft de instelling van een meer gespecificeerde wetenschappelijke bovenbouw gevolgen voor het onderwijs in de tandheelkunde. De aankomende tandheelkundige student(e) heeft meestal zojuist de middelbare school verlaten en heeft in het algemeen een weinig praktische, nog bijna filosofische instelling. Hij (zij) is nog op de geschikte leeftijd om het algemeen wetenschappelijke in zich op te nemen zonder onnodig diep of te zeer in detail daarop te willen of te kunnen ingaan. Het uitbreiden van de algemeen wetenschappelijke basis, voor zover dat nodig is, kan daarom snel geschieden en kan dan met vrucht worden gevolgd door stadia van training, waarin de gerichtheid op het tandheelkundig gebeuren in de volle breedte en zo homogeen mogelijk nader wordt gespecificeerd. Zo kan het best uit het algemene het concrete benaderd worden en dat is toch de kern van het wetenschappelijk denken. Het is goed hier op te merken, dat het opnemen van onderwijs niet al-

leen in de tandheelkundige materiaalkunde, maar ook in de tandheelkundige materiaaltechnologie en de biologische materiaalkunde en de technische tandheelkunde in het curriculum zal leiden tot een meer vloeiend verloop van de overgang van het algemene naar het concrete.

In fig. 7 wordt een voorstel gedaan tot de daartoe meest geschikt geachte opzet. Slechts deze is, voorzover het de tandheelkundige materiaalkunde en haar directe omgeving betreft, als voldoende gespecificeerd op te vatten. Zo is wat de specialismen der praktische tandheelkunde betreft het schema zeer onvolledig.

Een dergelijke opsplitsing in verder gespecificeerde, maar op zichzelf zeer eigen taken en verantwoordelijkheden tijdens de voor de deur staande fase van verdere „verwetenschappelijking” der tandheelkunde is wellicht ook te verwachten in het levens- en geesteswetenschappelijke deel van de basis der tandheelkunde. Maar bij menigeen zal de vraag rijzen, of dit nu allemaal wel (1) nodig (2) mogelijk is. Bij het ingaan op de vraag naar de noodzaak kan gesteld worden, dat de ontwikkeling van de praktische tandheelkunde meer dan ooit op een stroomversnelling lijkt. Specialismen nemen snel in aantal en omvang toe. Grote indicatiegebieden splitsen volgens de literatuurgegevens voortdurend op in een aantal kleinere. Materialen en technieken worden voortdurend gewijzigd, aangepast en afgestemd op deze kleinere indicatiegebieden enz. Bovendien is te verwachten, dat deze dynamiek zal blijven bestaan.

Wat de mogelijkheid van een verdere verwetenschappelijking van het tandheelkundig onderwijs en daarmee van de tandheelkunde zelf betreft, is een vergelijking met de natuurwetenschappen en de techniek wellicht weer nuttig, omdat dit gebied op technologisch terrein een voorsprong op de tandheelkunde heeft. Tussen de

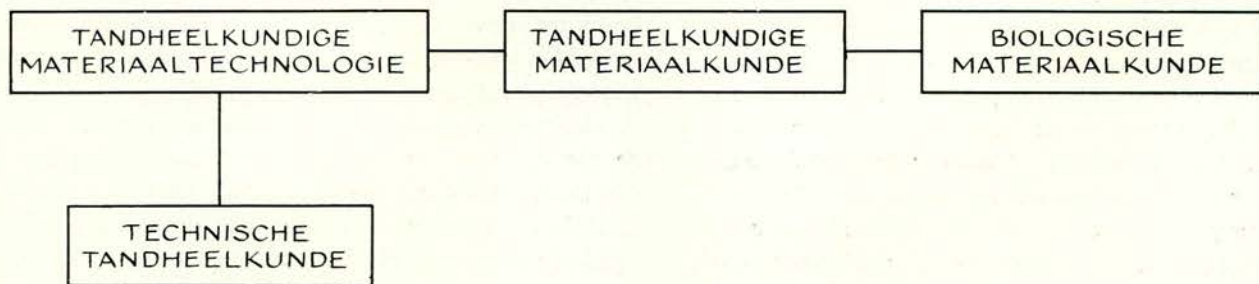


Fig. 6. Natuurwetenschappelijke bovenbouw, die het best aansluit bij de materiële structuur van de praktische tandheelkunde.



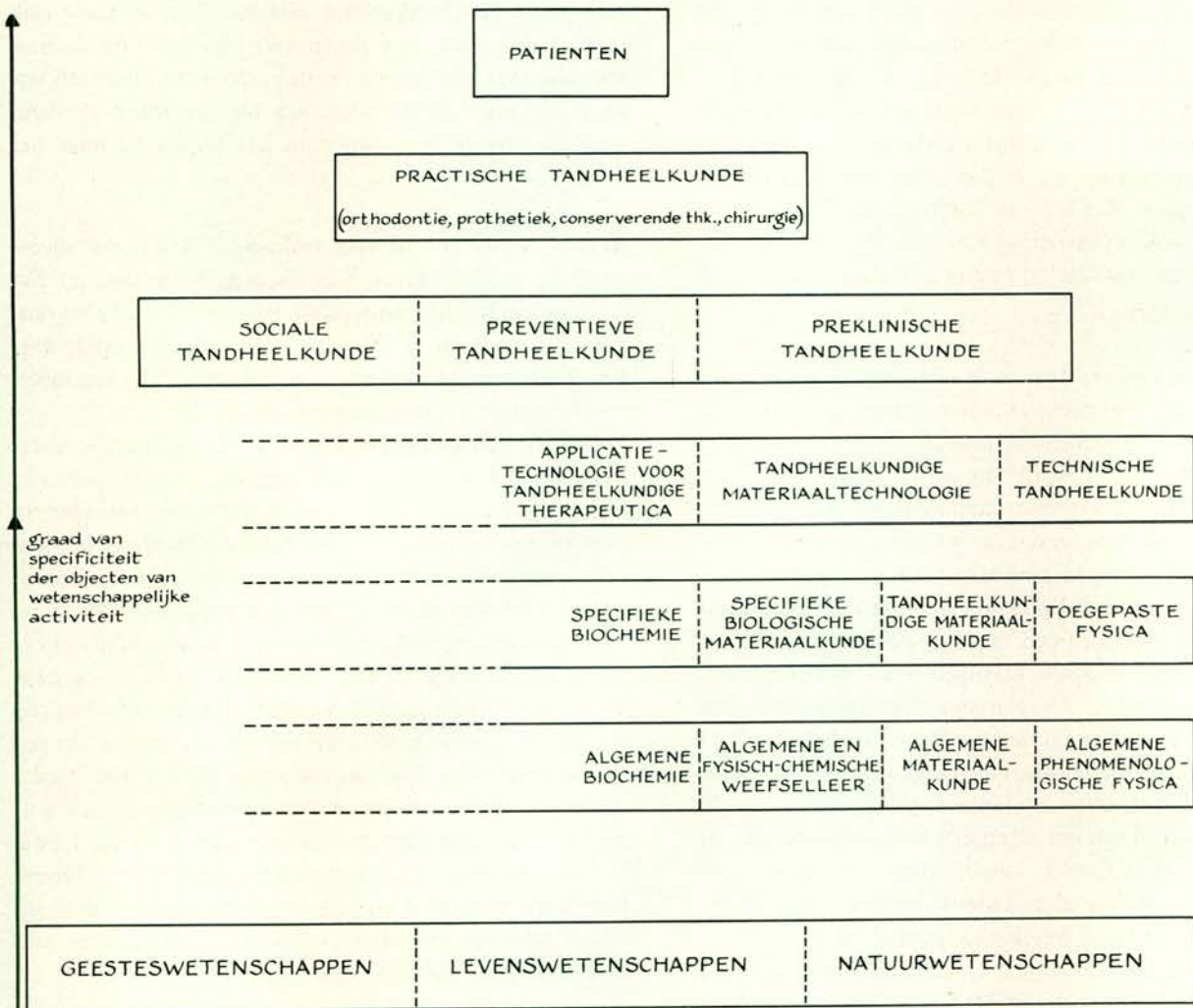


Fig. 7. Schema voor het onderwijs in de tandheelkunde. Het ruwe raam, dat hier is geschetst, bestaat reeds lang. De structuur, die hier voor de natuurwetenschappelijke sector wordt voorgesteld, heeft tot doel een meer homogene en geleidelijke overgang van het algemeen wetenschappelijke naar het concrete praktische vlak te realiseren.

twee wereldoorlogen stootten de natuurwetenschappen op moeilijkheden, die in veel opzichten analoog zijn aan die der huidige tandheelkunde.

Het ging namelijk om het scheppen van een zodanige vorm van onderwijs, dat de afgeleverde gegradueerde van zijn afstuderen tot zijn pensioen dezelfde maatschappelijke waarde en dezelfde mate van dienstbaarheid zou kunnen bezitten of door voortdurende zelfstudie zou kunnen opbrengen, hoewel de technologische vooruitgang in die sector reeds toen op een stroomversnelling geleek. Door „schade en schande” heeft men destijds geleerd, dat men van de universitaire student niet meer mocht, maar ook niet meer behoefde te vra-

gen dan het verwerven van een basispakket aan kennis, waarin niet veel meer dan de spelregels van het natuurwetenschappelijk denken zijn vervat. Zeer zeker moet hij bij dit verwerven nogal veel experimenten uitvoeren vooral om voldoende aansluiting bij de concrete natuurwetenschappelijke objecten te krijgen of te blijven houden en ook om ervan te worden doordrongen, dat niet de theorie, maar het experiment zal moeten bepalen, wat tot de inhoud van een wetenschap moet worden gerekend. In elk geval heeft men van de natuurwetenschappen reeds lang geleden de eis laten vallen, dat de fysicus, de chemicus of de ingenieur, behalve een zeker kennispakket, ook een hele dosis paraatheid in min of



meer routinematige handelingen moet bezitten. Deze verandering in visie kon slechts tot een functionele realiteit gemaakt worden, doordat tegelijk gestart werd met de opleiding van gespecialiseerde, maar ook voor het technisch handelen zeker voldoende gekwalificeerde hulpkrachten op wetenschappelijk lager niveau. Deze opleidingen duurden veel korter dan de universitaire studie. Zo werd de maatschappelijke functie van de fysicus, de chemicus en de ingenieur steeds minder die van een beroepsbeoefenaar en steeds meer die van een manager.

Zouden wij de lijnen van ontwikkeling, die zich in de tandheelkunde reeds aftekenen, en die in de natuurwetenschappen op de bovengeschetste manier zijn verlopen, op dezelfde manier doortrekken, dan geeft dit voor de algemene tandheelkundige praktijk van het jaar 2000 ongeveer de volgende prognose.

Een mondhygiëniste verwijdert desgewenst bij de binnenkomende patiënt het tandsteen en treft de verdere maatregelen, die in verband met de mondhygiëne noodzakelijk zullen zijn. Na controle door de tandarts neemt een röntgenanaliste desgewenst de status op. Na inspectie van de status en van de weefsels in de mondholte stelt de tandarts de aard van de vereiste ingrepen en behandelingen vast en maakt een werkverdeling voor de operatieve hulpkrachten, die ieder voor zich op een klein gebied van ingrepen gespecialiseerd zijn.

Na elke behandeling voert de tandarts een controle uit. Zo zou ook de tandarts van beroepsoefenaar manager kunnen worden. De gedachte aan een dergelijke ontwikkeling is in de eigen tandheelkundige kring niet geheel vreemd. Voor het openstellen van de mogelijkheid tot het wetenschappelijk op hoger plan brengen van de studie in de tandheelkunde en daarmee van de tandheelkunde zelf, zonder dat dit leidt tot voortdurende verlenging van de studietijd voor de algemeen practicus, lijkt het de aangewezen weg. Om ongewenste discontinuïteiten in de ontwikkeling te voorkomen zal echter pas geleidelijk aan met het beschikbaar komen van een groter aantal verschillend gespecialiseerde hulpkrachten de eis van onmiddellijke paraatheid van kennis en grote vaardigheid op alle gebieden van het tandheelkundig gebeuren, zoals deze voor de algemeen practicus in de meeste landen nog in volle sterkte wordt gehandhaafd, kunnen worden getransformeerd in de eis van paraatheid van de nodige tandheelkundige kennis (maar dan werkelijk in overeenstemming met de stand van de tandheelkundige wetenschap, zoals deze door de

internationale tandheelkundige literatuur wordt gegeven) plus de eis van het in principe wel kunnen uitvoeren van de tandheelkundige handelingen. Dat de uitvoering der tandheelkundige handelingen zonder verlies aan niveau van de tandheelkundige verzorging aan gespecialiseerde hulpkrachten inderdaad kan worden overgelaten, schijnt volgens de meldingen, die hierover in de tandheelkundige literatuur gedurende het laatste decennium zijn gedaan, een feit te zijn. Het ziet er dus naar uit, dat de tandheelkunde dezelfde weg zal kunnen gaan als de natuurwetenschappen ca. 40 jaar geleden gegaan zijn. Er is tenslotte een aantal factoren, dat in deze richting werkt. Daarvan is de hier aangehaalde opening van de mogelijkheid tot verdere „verwetenschappelijking” van de tandheelkunde er slechts één.

#### *Samenvatting:*

Gezocht wordt naar de oorzaken van de veelal geconstateerde onvolkomenheid van de hedendaagse tandheelkundige materiaalkunde als brug tussen natuurwetenschappen en tandheelkunde.

Na een analyse van de situatie in de industriële sectoren, die met materialen hebben te maken, wordt een beschrijving gegeven van de nieuwe stromingen in de tandheelkundige materiaalkunde, die hier en daar reeds geleid hebben tot de afsplitsing van zelfstandige activiteiten in de tandheelkundige materiaaltechnologie, de technische tandheelkunde en de biologische materiaalkunde.

Tenslotte wordt het voorstel gedaan om deze ontwikkeling in het tandheelkundig onderwijs tot zijn recht te laten komen, omdat dit gezien wordt als een essentiële stap op de aangewezen weg om tot verdere verwetenschappelijking van de tandheelkunde te komen.

#### *Summary:*

It is searched for the factors causing the relative inefficiency of today's science of dental materials in bridging the apparent gap between the natural sciences and dentistry. First, the situation around materials in the industry is analyzed. Then, the trends in dental materials science are described, which have led to the institution of new activities like dental materials technology, technical dentistry and biological materials science. Finally, it is proposed to incorporate these scientific activities in the dental education, because such an incorporation is considered to be an essential move in the process of scientific evolution of dentistry, as it is going on.

Adres: Dr. F. C. M. Driessens,  
Erasmuslaan 1,  
Nijmegen.