


# OORSPRONKELIJKE BIJDRAGEN



## CONSERVEERENDE BEHANDELING VAN HET KINDERGEBIT

DOOR

C. H. WITTHAUS.

616.314 : 37.

Onze hulp bij het verschijnen van het eerste en het tweede gebit, onze taak als orthodontisten, onze raad voor genezing van tandvleeschziekten, zelfs onze pogingen de alveolaire atrophie te bestrijden, hoe belangrijk ook, vragen bij elkaar gemiddeld veel minder van ons beroepswerk, dan de tandcaries en het herstel van haar ravages.

Terecht tracht de geneeskunst de ziekten te voorkomen resp. bij haar eerste ontstaan te bestrijden, en de strijd tegen de volksziekten is grootendeels van praeventieven aard: Entingen tegen pokken, diphtherie, isoleeren en ontsmetten tegen cholera, pest, typhus en dergelijken, strijd tegen infectiedragers bij malaria, gele koorts enz., hygiënische maatregelen, om het organisme tegen vatbaarheid voor tuberculose, bloedarmoede en hartziekten te versterken.

Hoe nu met de tandcaries?

De oorzaak is bekend: De zure gisting van koolhydraten uit de spijsresten, en voor sommige gevallen van halscaries, zure afscheidingen van het mondslijmvlies. De praedisponerende factoren zijn ook voor het grootste gedeelte erkend:

I. Chemische en organische zwakte van glazuur en tandbeen en zij het geringe afwijkingen van den perfecten vorm der tandkroon, die retentie begunstigen.

II. Praevaleeren in de mondflora van maltose splitsende bacteriën.

- III. Kleverig mondslim, dat spijsresten doet aanhechten.
- IV. Onvoldoende zelfreiniging der tanden wegens slappe masticatie, trage lip- en tongbewegingen.
- V. Retentie van spijsresten door onregelmatige plaatsing der tanden.

Hoe kunnen wij deze volksziekte bestrijden?

Den exciteerenden causalen factor, de koolhydraten in ons voedsel kunnen wij niet uitschakelen. Wij pogen zijn nadeelen te beperken, door voor voedsel te pleiten, dat de zetmeelstoffen in hun natuurlijke bedekking, de cellulose schillen bevat (Rohkost), dat niet door de keuken te week gemaakt is, en door vooral het kleverige snoepgoed te veroordeelen, dat tusschen de maaltijden in en 's avonds na het inslapen zich aan en tusschen de tanden vasthecht. De mechanische reiniging door een zure vrucht na den maaltijd, door spoelen en doorzuigen en door den tandenborstel, poeders en pasta's en zijendraad wordt gepropageerd.

Bij de praedisponerende factoren, kunnen wij niet al te veel bereiken, wat betreft vorm en structuur der tanden, deze berust voornamelijk op erfelijken aanleg, en zij is gelijk het geheele organisme van den kultuur-mensch, wegens het ontbreken van selectie op een hellend vlak naar degeneratie door Panmixie (*Weissmann*).

De lichamelijke qualiteit van den kultuur-mensch is sinds vele generaties sterk achteruitgaande, het gebit vormt hierop geen uitzondering; vermindering in de qualiteit van vorm, structuur en harmonie der plaatsing van de tanden bedreigen het leven van een persoon niet onmiddellijk, de masticatie wordt door den weeken aard van ons voedsel minder beslissend voor het welzijn. Deze achteruitgang in structuur, vorm en plaatsing der tanden wordt nog sterk in de hand gewerkt door het vermengen der soms erg divergeerende menschenrassen, de „kultuur-mensch" zal ten slotte evenmin op een rasreinen stamboom mogen bogen als een straathond.

Op dezen de tandcaries begunstigenden factor heeft de tandheelkunde geen invloed, wij kunnen alleen trachten, door



vitaminen, kalktoevoer voor en na de geboorte en in de toekomst misschien door toediening van hormonen de ziekten van de tandontwikkeling te bestrijden.

Of het mogelijk zal zijn, bijv. door bepaalde voeding of medicamenten den taaien, kleverigen aard van het mondslijm van vele door tandcaries geteisterde menschen, zoodanig te wijzigen, dat het dunvloeibaar wordt en de spijsresten niet vastkleeft, is moeilijk te voorspellen, laten wij het hopen. De bestrijding van melkzuurvormende bacteriën zal misschien in de toekomst mogelijk worden, ook zullen wij misschien eens de oorzaak van zuurgehalte van mondslijm kunnen erkennen en tegengaan en zodoende menige sluipende halscaries op middelbaren leeftijd voorkomen. Het een en ander blijft nog toekomstmuziek, bij de praedisponerende factoren IV en V klinkt echter een hoopvoller geluid.

De zelfreiniging van het gebit door flink kauwen, liefst van ruw voedsel, door lip- en tongbewegingen, is een gewoonte, die niet alleen onder gunstige omstandigheden bij het kind spontaan ontstaat, maar die ook bewust aangeleerd kan worden door de ouders. Zij is voor de cariesprophylaxis m.i. van grooter beteekenis dan de reiniging door den borstel, daar zij veel vaker toegepast wordt en met het doorspuiten en doorzuigen van speeksel de tusschenruimten reinigt, die de borstel niet bereikt. Op dit gebied kan een systematische energieke propaganda veel nut stichten. Het flinke kauwen, met de daardoor opgewekte salivatie, wordt helaas in zeer veel gevallen onmogelijk gemaakt door vroege melkmolaren caries. Deze immers, met het exposeeren van gevoelig tandbeen, met pulpitis of met periodontitis, maakt het kauwen voor het kind zoo pijnlijk, dat dit, althans aan dien kant van het gebit, waar ook maar één van de vier melkmolaren pijn doet, het kauwen geheel nalaat. Is er rechts én links een pijnlijke kies, dan bijt en kauwt het kind langzaam en voorzichtig, met de voortanden, en het duurt niet lang, of het weigert hard voedsel en went het kauwen en malen af. De gevolgen zijn én voor het melkgebit

én voor het blijvende noodlottig. De preferentie voor zacht voedsel werkt de caries in de hand, de zelfreiniging door versch ruw voedsel blijft achterwege, de speekselafscheiding vermindert, waardoor de digestie van het zetmeel vertraagd wordt. De normale ontwikkeling der kauwspieren door den prikkel der regelmatige functie heeft niet behoorlijk plaats, deze spieren blijven subnormaal zwak en maken ook op lateren leeftijd een krachtige masticatie tot een inspanning in plaats van een genoegen. Ik vermoed, dat ook de veelvuldig voorkomende distaalbeet van het ondergebit (*Angle Kl. II*) met zijn vele nadeelige gevolgen niet zelden toe te schrijven is aan de door melkmolaren caries verzwakte functie der kauwspieren. Van den onregelmatigen, vooral den gedrongen stand der tanden als factor, die de zelfreiniging bemoeilijkt en retentie van spijzen in de hand werkt, is een der belangrijkste oorzaken het vroeg verlies der melkmolaren door caries en extractie, waardoor kaakbeen en proc. alveolaris niet voldoende groeien en de naar voren verplaatste eerste molaris de ruimte voor praemolaren en fronttanden op noodlottige wijze beperkt. Ook een verticale verplaatsing der praemolaren is soms hieraan te wijten, en kan, al is zij gering, later proximale caries begunstigen. Is er melkmolaren caries aanwezig, dan is ook de eerste blijvende molaris, deze hoeksteen van den tandenboog, bedreigt; niet alleen zal retentie van voedsel in een distale caviteit van den tweeden melkmolaris zijn mesiaalvlakte aantasten, ook het afwennen van maalbewegingen en daardoor het ontbreken der zelfreiniging begunstigen in de periode van het zesde tot het tiende jaar retentie en caries in de kauwvlakfissuren. Al deze verhoudingen zijn iederen tandarts bekend, evenals de noodlottige gevolgen van caries, pijn, afbrokkelen en verlies van den eersten molaris voor de gezondheid van het blijvende gebit.

Terwijl de kauwvlakfissuur caries in een onzindelijken mond onder ongunstige omstandigheden een acuut verloop heeft en men soms den eersten molaris al op 9-jarigen, den tweeden op 14-jarigen leeftijd geheel geruineerd kan vinden, is toch



de caries gewoonlijk in haar beginstadium een chronische ziekte. Op de aanrakingsvlakken verlopen tusschen het initiaalstadium van een krijtachtige verwording van het glazuerooppervlak tot een carieuze verweking van het tandbeen, die de pulpa nadert, soms 5—10 jaren, en pas als er een werkelijke holte ontstaan is, waarin na iederen maaltijd spijsresten vertoeven, wordt het ziekteproces acuut. Het is daarom niet te verwonderen, dat de patient van middelbaren leeftijd, die een proximale caviteit opmerkt, meent dat deze in de laatste maanden pas ontstaan is en ze soms toeschrijft aan omstandigheden, die eerst sinds kort in aanmerking komen, diëtveranderingen, ziekte, graviditeit e.a. Dat de caries hier ook in een behoorlijk onderhouden mond ontstaan kon, is te wijten aan de gelegenheid voor — zij het geringe — voedselretentie, ontstaan door gedrongen over elkaar geschoven stand der tandkronen of door, soms weinig opvallende verplaatsing in verticale richting of geringe helling der tanden, met verandering van contactpunt en bedreiging van den status der interdental papil. De beteekenis van het verband tusschen deze verplaatsing der tanden en het cariesbegin wordt ook door den tandarts niet altijd ingezien, als hij een proximale caviteit te behandelen heeft, en het oorzakelijk verband met de melkmolencaries niet steeds beseft, hoewel het in de meeste gevallen aanwezig was.

Inderdaad zijn de gevolgen van caries in het melkgebit voor het blijvende gebit noodlottig. Men kan daarbij afzien van caries in de fronttanden, bij de ondertanden komt ze zeer weinig voor, bij de bovenste in sommige gevallen van buitengewone diëtzonden (snoepen, zoete fopspeen), maar daar de wisseling der incisiven vroeg plaats heeft, komen schadelijke gevolgen voor de plaatsing der blijvende fronttanden hieruit niet voort. Maar de niet herstelde caries der melkmolaren is verantwoordelijk, in de eerste plaats voor pulpitis, periodontitis, abscessen, koorts, voor het niet behoorlijk leeren vermalen, voor subnormale ontwikkeling der kauwspieren, voor onvoldoende zelfreiniging

van 't gebit, ook in het latere leven. Voorts voor vroegtijdige caries, eventueel verlies van den eersten molaris, voor gedrongen stand, kantelen en verticale verplaatsing van de blijvende tanden en kiezen en consecutieve proximale caries op middelbaren leeftijd.

De melkmolarencaries kan door geschikt diët zeker in groote mate beperkt worden. Als de kinderen het snoepen nalaten, geen kleine versnaperingen tusschen de maaltijden in nuttigen (waarmee immers de voedselretentie verdubbeld wordt), in bed geen snoepgoed of boterham krijgen na de reiniging, als zij vroeg leeren flink te kauwen, en als het voedsel niet te zacht en kleverig is, dan zal men bij gezonde kinderen die het gebit goed schoon houden weinig melktandcaries vinden.

Waar en wanneer zijn deze voorwaarden vervuld?

We zijn er heden in Nederland nog ver af, en moeten daarom met alle macht het magnifiek werk der N.V.T.B.V.H.T. steunen, om tandhygiënische kennis te propageeren. Het komt mij hoogst belangrijk voor, de artsen en andere geïnteresseerden te wijzen op het belang van de caries der melkmolaren, op het chronologisch ziekteverloop, het causaal verband tusschen de caries in het melkgebit en die in het blijvende gebit, en ik heb daartoe reeds een poging gedaan op het congres te Baarn.

Intusschen moeten wij het feit onder de oogen zien, dat de meeste kindergebitten min of meer door caries aangetast zijn, de eerste en tweede blijvende molaren inclus, en dat daarna bijna alle factoren voor een bedreiging van het gebit op middelbaren leeftijd aanwezig zijn, in hoofdzaak als het middellijk gevolg van de caries der melkmolaren. Kan daar geen verandering in komen?

Wij weten het allen: Door het rechte tijdig vullen der carieuze melkmolaren kan het euvel gestuit worden; waarmee de grondslag voor de gezondheid van het blijvende gebit gelegd wordt.

De plicht, voor de gezondheid der kinderen te waken, rust



op de ouders. De wensch, om aan dezen plicht te voldoen, is wel overal aanwezig. Waarom blijven dan de melkgebitten zoo verwaarloosd? Onkunde, onverschilligheid, vrees voor pijn en voor kosten zijn de oorzaak. Wat is daartegen te doen?

Tegen onkunde en onverschilligheid moet door een intensieve propaganda gestreden worden door de welkundigen, de tandartsen. Ik heb daarop al voor meer dan dertig jaar ten sterkste aangedrongen in het N. Tandh. Genootschap en in dit tijdschrift er op gewezen, dat op den tandheekundigen stand de plicht rust geen behoorlijk middel onbeproofd te laten, om het publiek in dit opzicht in te lichten, zich niet door verkoopers van tandcosmetica in de schaduw te laten dringen, en niet alleen persoonlijk maar ook in corpore als stand een nimmer rustende hygiënische propaganda te voeren. Intusschen is in dit opzicht in Nederland veel gedaan. Helaas, de kinderen komen in den leeftijd, die in vele gevallen over het lot van het gebit beslist, tusschen het 3de en 7de jaar, maar bij uitzondering met den tandarts in aanraking, het is de huisarts welke in die jaren door de ouders te hulp geroepen wordt, ook om over den mond van het kind te waken. Maar hij is geen tandheekkundige en hij mist helaas niet zelden het inzicht in het belang van het onderhoud der melktanden, in het vroegtijdig vullen van carieuze melkmolaren. Langen tijd is de beteekenis van het gezond gebit voor de gezondheid onderschat, hoe dikwijls ook door de tandartsen op het gevaar van uitbreiding der infecties van carieuze en wortelzieke tanden op andere deelen van het organisme gewezen is. Eerst de onbesuisde aanval van Hunter en het geweldige focal infection alarm uit Amerika hebben de medische professie wat meer aandacht doen schenken aan een infectiebron, zoo buiten haar gewone arbeidssfeer gelegen als een wortelzieke tand, maar hoeveel artsen zouden beseffen, dat een streptococcen infectie in een of ander orgaan op bijv. 35-jarigen leeftijd, voorkomen had kunnen worden door een paar eenvoudige vulingen van melkmolaren in het 5de jaar? Ik zou er sterk op willen aandringen, juist bij huisartsen en kinderartsen op de groote beteekenis van het melkgebit en zijn herstel te wijzen.

Persoonlijke propaganda, voordrachten, opstellen in tijdschriften en autoratieve uitspraken der tandartsen in corpore (N.M.t.B.d.T.) zijn de aangewezen middelen.

De vrees voor pijn bij de behandeling van carieuze kiezen is zeker niet ongerechtvaardigd, en om ze weg te nemen, behoeven wij al onze kunstvaardigheid, behoedzaamheid en takt. Bij kinderen kan ze ontstaan zijn uit ondervinding van tandheelkundige en medische behandeling (keelarts!), maar ze is vaak ook te wijten aan suggestie, aan pijnverhalen van ouders, dienstboden, kameraden enz.

De kosten van de behandeling zijn de belangrijkste factor, die de saneering der kleinkindergebitten in den weg staat. De economische situatie van den particulieren tandarts is dermate belast met kosten van studie, inrichting, jarenlang opbouwen van een cliëntèle, dure woning, personeel, belasting, reserves voor ziekte en ouden dag, dat een goedkope behandeling van minvermogenden ondoenlijk lijkt, een rationalisatie is daar onuitvoerbaar. Klinieken, liefst grote klinieken, gesteund door ziekenfondsen en gemeentehulp zijn de aangewezen inrichtingen, om conserveerende behandeling ook voor kinderen, goedkoop en goed te verschaffen.

Het is zonder meer duidelijk, dat het een volksbelang is, de meest verspreide ziekte van den kultuurmens, de tandcaries, te bestrijden, zoo mogelijk te voorkomen. Maar ik geloof niet, dat op de gemeenschap de plicht rust, alle kinderen van mingevoeden gratis van tandheelkundige verzorging te voorzien. Wel behoort de staat het ziekenfondswezen door goede wetten behoorlijk te regelen. Reeds ca. 30 jaar geleden heeft de R.T.V. bij de regeering er op aangedrongen, voor ziekenfondsen conserveerende tandheelkundige behandeling verplichtend te maken, maar hoewel de nationale tandheelkundige vereenigingen het verzoek steunden, had het geen succes.

De gemeenten kunnen het werk der fondsen steunen, door faciliteiten bij inrichting en beheer der tandklinieken toe te staan. Eén taak mag dunkt mij, de gemeenschap niet van zich afschuiven, wijl alleen zij, nietparticulieren haar behoorlijk kunnen vervullen: den gezondheidstoestand der kindergebitten



te laten onderzoeken en de ouders te wijzen op de bestaande gebreken en op de noodzakelijkheid, dezen zoo mogelijk spoedig te verhelpen. Ook op de gelegenheid te wijzen, wáár zulks kan geschieden, en voor de kinderen der armen de kosten te vergoeden, gelijk dit ook bij andere ziekten gebeurt. Voor het onderzoek is de school, waar bijna alle kinderen bijeen zijn, de aangewezen plaats. De contrôle door schooltandartsen, door de eene gemeente na de andere ingevoerd, zal dan ook een zegen blijken te zijn voor de Nederlandsche bevolking. Maar het schoolgebouw is m.i. niet de aangewezen plaats voor behandeling, d.w.z. in 99% der gevallen voor het vullen der carieuze defecten, het is er niet op ingericht en kan er ook niet zonder omslag en in verhouding te groote kosten voor ingericht worden. Buitendien behoeft men voor behandeling de toestemming der ouders, die bij voorkeur schriftelijk op de kaart met de status praesens en het advies gevoegd moet worden. Daarna moeten de ouders beslissen, of zij het kind door hun tandarts of in de ziekenfondskliniek zullen laten behandelen, terwijl voor armen, die niet in fondsen zijn, de gemeente aan de kliniek de kosten behoort te vergoeden.

Het vraagstuk der verzorging van de kinderen der minvermogenden met conserveerende behandeling is in de klassieke voordracht van *Sanders* over de mondverzorgsters uitvoerig behandeld, en in de discussie heeft vooral *Eibrink Jansen*, op grond van zijn ruime ervaring en zijn nuchteren kijk op de feiten, het kostenvraagstuk besproken. Hij heeft, m.i. terecht, het denkbeeld van de hand gewezen, om de behandeling der kindergebitten aan speciaal daarvoor in korten tijd aangeleerde leeken d.w.z. niet tandartsen toe te vertrouwen, om kosten te sparen. Natuurlijk kan men het vullen van eenvoudige caviteiten aanleeren in een veel korteren tijd en op grond van veel mindere schoolopleiding dan voor de studie der tandheelkunde vereischt is. Maar ook bij dit eenvoudige werk komt men telkens voor moeilijkheden en verrassingen te staan, men heeft met levende, soms prikkelbare menschen te doen, met diverse reflexen, met kroonpulpahorens, met diagnostische



raadselen die wel een tandarts, maar geen „vultech-  
n i k e r” kan beheerschen, de laatste zou ook onmogelijk het  
gebitonderzoek, waarvoor werkelijk wel iets meer dan het  
aftasten van een paar dozijn vlakken op caries incipiens in  
aanmerking komt, kunnen verrichten, dus steeds onder toe-  
zicht van den tandarts moeten werken. Aan dezen alleen —  
dus ook niet aan een „mondverzorgster” — kan het  
periodiek onderzoek der schoolkinderen toevertrouwd worden,  
de mondverzorgster of een in korten tijd aangeleerde helpster,  
vinde in het schikken en kalmeeren der kinderen, in het schrijf-  
werk, in de verzorging en het aanreiken van het instrumen-  
tarium en eventueel in het verstrekken van hygiënischen raad  
haar taak.

Maar met de geheele schooltandverzor-  
ging bereiken wij de kinderen te laat. Zij  
komen voor het eerst tusschen het 6de en 7de jaar onder  
contrôle. *Eibrink Jansen* verklaart: „Het (op zesjarigen leef-  
tijd) meestal in deplorabelen toestand verkeerend melkgebit,  
vol caviteiten en soms openliggende wortelkanalen zal buiten  
beschouwing moeten blijven, hoogstens kan er sprake zijn  
van het genezen van abscessen en ulceraties in de wang”. Dat  
de toestand van het melkgebit „meestal deplorabel” is, wij  
weten het allen. Dat hierin de voornaamste oorzaak van de  
cariesverwoestingen in het blijvende gebit gelegen is, heb ik  
getracht hier duidelijk te maken. Kan dat niet anders, is het  
een onveranderlijk fatum, dat het eerste gebit door caries ge-  
teisterd en daarmee bij de meerderheid der opgroeiende be-  
volking de grondslag voor de verzwakking en veelal vernie-  
tiging van het blijvende gebit gelegd wordt? Het zal zoo lang  
zoo blijven, als men niet de caries der melkmolaren voorkomen  
of door vullen herstellen kan.

De preventieve maatregelen zullen slechts langzaam alge-  
meen doorgevoerd kunnen worden en dan zeker de caries-  
frequentie bij de kinderen belangrijk verminderen. Intusschen  
blijft alleen het herstel door vullingen, dat een werkelijke  
restitutio ad integrum, een effectief saneeren van het eerste  
gebit bereikt. Zal het mogelijk zijn algemeen hiertoe te ge-



raken? Ik weet het niet, het lijkt heden een utopie, de moeilijkheden zijn enorm. Maar een menschenleeftijd geleden leek ook de schooltandverzorging een utopie en toch zijn we nu op den goeden weg. In elk geval dunkt het mij een plicht van ons beroep, op den toestand te wijzen, en te trachten wegen te vinden en aan te bevelen, het ideaal te bereiken.

In het laatst van het tweede levensjaar wordt het melkgebit compleet, ca.  $1\frac{1}{2}$  jaar later vindt men niet zelden in de molaren een begin van caries. Het eerste onderzoek mag dus niet veel later plaats hebben dan op  $3\frac{1}{2}$  tot 4-jarigen leeftijd. Wordt daarna het kindergebit tot het zesde jaar halfjaarlijks gecontroleerd en elke carieuze caviteit terstond gevuld, dan blijft het kind vrij van kiespijn, zenuw- en wortelontstekingen, dan kan het flink leeren kauwen en dan zal zijn gebit bij het eerste onderzoek van den schoolarts niet „in deplorabelen toestand” maar in orde zijn. Automatisch volge dan op school onderzoek en herstel, maar waarschijnlijk zal er veel minder caries, ook in de eerste blijvende molaren te vinden en te herstellen vallen. De praemolaren zullen de ruimte hebben, en er zal minder gedrongen stand der voortanden, minder kantelen en verticale verschuiving bij de kiezen en daardoor bij de volwassenen veel minder proximale caries aanwezig zijn.

Om dit doel te bereiken, moet de praescolare conserveerende verzorging georganiseerd, in alle opzichten voorbereid en zoo ver mogelijk doorgevoerd worden.

Van het 3de tot het 6de jaar zijn de kinderen niet zoo gemakkelijk te bereiken als op school, velen gaan op een Fröbelschool, maar het komt mij niet wenschelijk voor, een bewaarschooltandverzorging te organiseeren. Beter zal het zijn aan de ouders van ieder kind, dat  $3\frac{1}{2}$  jaar oud wordt, een mededeeling te sturen, dat het voor de gezondheid van het kind noodzakelijk is, zijn tanden te laten onderzoeken en zoo noodig herstellen, en wáár zulks kan gedaan worden. Van een event. gratis-onderzoek kan, gelijk op school, de gemeente zorg dragen, het onderzoek kost betrekkelijk weinig tijd, voor de



kosten van de behandeling zullen de ziekenfondsen moeten opkomen. Natuurlijk zullen veel ouders van deze gelegenheid niet profiteren, ook al wordt er in de mededeelingen op hun verantwoordelijkheid gewezen, maar weldaden moeten niet opgedrongen worden, en den nonchalanten ouders kan event. later, bij het schoolonderzoek, door de fondsen de kostenvergoeding voor conserveerende behandeling geweigerd worden.

Natuurlijk mogen de kosten van conserveerende behandeling der kinderen voor de ziekenfondsen niet ondraaglijk hoog zijn. Vele fondsen kunnen gezamenlijk één kliniek hebben. Verreweg de meeste onkosten eischt het honoreeren der opereerende tandartsen, daar conserveerende behandeling veel tijd kost, niet het minst bij kleine kinderen, die zeer omzichtig en zachthandig behandeld moeten worden, daar men anders weinig bereikt en de kleinen schuw maakt.

Wil men werkelijk op ruime schaal de kinderen conserveerend behandelen, en het honorarium zoo laag houden, dat de fondsen het kunnen opbrengen, dan zal men groote moeite hebben en er waarschijnlijk niet in slagen, van de praktiseerende tandartsen handen genoeg beschikbaar te krijgen. De particuliere praktijk is uit den aard lucratiever, en in de vele uren, door den tandarts op de kliniek aan de kinderbehandeling besteed, brengt zijn eigen operatiekamer wel kosten maar geen baten.

Mijn voorstel is, om dit werk toe te vertrouwen aan pas gediplomeerde tandartsen, vóór hun vestiging. Dezen zijn op de hoogte en bevoegd, zij zijn gewend langzaam te werken, tot dusverre op phantoom en op klinische patiënten, die minder pretenties hebben dan particuliere. Voor hen vormt dit patiëntenmateriaal a.h.w. een overgang naar dat van de praktijk, en het biedt hen de gelegenheid zich in zachthandige behandeling op gevoelige patiënten te oefenen en zich meteen een goeden naam te verwerven. Zij mogen geen aanspraak maken op een gelijk honorarium als een tandarts met routine en renommé. Het komt mij niet onredelijk voor, van den jongen tandarts te verwachten dat hij een jaar lang het meerendeel van zijn werk en tijd offert als kinderkliniektandarts, voor een zeer matige vergoeding. Maar zal dit den pas gediplomeerden



tandarts toelachen, gaat zijn verlangen niet naar een particuliere praktijk waar hij ongehoorde prestaties op het gebied van inlay en kroonwerk en parodontosegenezing zal toonen? Waarschijnlijk wel! Hoe hem dan te bewegen, kinderkliektandarts te worden?

De representant van een hooger beroep heeft een ideale roeping aanvaard, hij vindt zijn belooning in de eerste plaats in zijn prestaties zelf, in de voldoening over aan zijn medemenschen gegeven diensten en offers, en pas daarna in een geldelijke vergoeding. Dit ideaal mag niet tot een fictie verbleeken, de hogere beroepen kennen plichten, niet door geld beloond. De advocaat in Nederland moet bijv. in vele gevallen pro Deo pleiten, in Par. 2 art. 15 van reglement III van orde en discipline voor de advocaten en procureurs heet het: „De advocaat, door den voorzitter van een college of den raad van rechtsbijstand in strafzaken als raadsman toegevoegd, is verplicht als zoodanig op te treden” . . . . In andere beroepen zijn analoge verplichtingen door traditie gesanctioneerd.

Onze professie is te nieuw om zoodanige traditie te kunnen bezitten. Maar ik vrees dat het beroep op een zedelijke verplichting de jonge tandartsen geen jaar tegen schrale vergoeding naar de kinderkliniek zou brengen, zij zouden nauwelijks beseffen, hoe zegenrijk voor hen zelf dit dienstjaar zou zijn. Maar er is misschien een weg op te vinden.

In de Deutsche Prüfungsordnung für Aerzte, 1924 staat gestipuleerd in Par. 63: Nach vollständig bestandener ärztlicher Prüfung und in der Regel in unmittelbarem Anschluss an diese hat der Kandidat sich ein Jahr lang an einer Universitätsklinik oder an einem dazu besonders ermächtigten Krankenhaus innerhalb des Deutschen Reichs unter Aufsicht und Anleitung der Direktors oder ärztlichen Leiters als Praktikant zu beschäftigen und von dieser Zeit mindestens ein drittel Jahr vorzugsweise der Behandlung von inneren Krankheiten zu widmen . . . . Die Wahl der Anstalt steht dem Kandidaten frei, ein mehr als zweimaliger Wechsel ist jedoch nur mit Genehmigung zulässig . . . . Er volgen nog gedétailleerde bepalingen omtrent zijn werkzaamheid en omtrent de getuig-

schriften der directeuren. Aan het „praktische Jahr” wordt streng de hand gehouden, en eerst na afloop krijgt de kandidaat zijn artsdiploma. Men heeft er over gedacht, om ook voor tandartsen een „praktisches Jahr” in te stellen, maar het plan is afgestuit op het gebrek aan geschikte klinieken.

Zou Nederland niet een voorbeeld kunnen stellen om den candidaten na het examen als tandarts, een jaar werk in een kinderkliniek voor te schrijven, alvorens hen het recht tot vestiging te verleen?

Ik geef dit denkbeeld in overweging.

Resumeerende kom ik tot de volgende conclusies:

Om de meest verspreide ziekte van den mensch, de tandcaries te bestrijden, moet men het euvel aan zijn wortel aanpakken, bij het melkgebit.

Het publiek, vooral ouders en kinderen moeten door tandheelkundige vereenigingen en met medewerking van het onderwijs omtrent tandhygiëne ingelicht worden. Voorschriften omtrent voeding van de moeder voor de geboorte, voor borstvoeding en omtrent diët van het opgroeiende kind, alles in overeenstemming met de vorming van een gezond gebit, voorts raad omtrent verzorging der tanden moeten, ook met medewerking der artsen, verspreid worden.

Bij de ouders moet er op aangedrongen worden, vóór het voltooide 4de jaar en vervolgens minstens tweemaal per jaar het gebit van het kind op een kindertandkliniek te laten onderzoeken en zoo noodig herstellen. Op alle scholen moeten eveneens de leerlingen om de zes maanden door een tandarts onderzocht en zoo noodig voor herstel aan hun tandarts of aan een kindertandkliniek toegezonden worden. De gemeente moet het onderzoek bekostigen, de ouders of de ziekenfondsen de behandeling.

Het rijk moet de ziekenfondsen verplichten, aan kinderen conserveerende behandeling te laten verrichten.

Aan het diploma van tandarts zou voortaan de verplichting verbonden kunnen worden, een jaar lang als tandarts in een kindertandkliniek tegen matige vergoeding werkzaam te zijn.



## ATAVISMUS IN HET MENSCHELIJK GEBIT

DOOR

DR. TH. E. DE JONGE-COHEN,

*privaat-docent.*

616.314 007.1.

*„Verba volant, scripta manent“.*

In eene der vorige afleveringen van dit tijdschrift leidden wij de beschrijving van enkele zeldzame difformiteiten in het menschelijk gebit (1) met deze beschouwing in:

„Hyperodontie behoort — in tegenstelling met synodontie, waarvan ons de gevallen slechts sporadisch bekend zijn — niet tot die markante anomalieën, wier teratologische merkwaardigheid alleen reeds beschrijving voldoende motiveert. Dat geldt met name voor de overtollige præmolares in de onderkaak, waarvan de literatuur ons met voorbeelden a. h. w. overstroomt”<sup>1)</sup>.

Het was dan ook zekerlijk wel een merkwaardig toeval, dat slechts weinige bladzijden tevoren<sup>2)</sup> de redactie van dit tijdschrift *van der Linde* te B a n d o e n g de gelegenheid bood, mededeeling te doen van zijne gevallen (II).

Men kan slechts waardeering koesteren voor de gastvrijheid, die de redactie haren medewerkers in zóó ruime mate verleent — toch mag ons zulks niet van enkele opmerkingen weerhouden. Daarbij behoeven wij eigenlijk nauwelijks voorop te stellen, dat wij elke uiting van wetenschappelijk leven met vreugde tegemoet treden: met name, wanneer ons die uit onze overzeesche gewesten bereikt — waar men

<sup>1)</sup> l.c. pag. 986.

<sup>2)</sup> pag. 983.

immers onder zooveel ongunstiger omstandigheden pleegt te werken dan hier ten lande!

Wij willen den schrijver derhalve niet te hard vallen. Wel beschouwen wij zijne publicatie als een mededeeling, waarmede geen enkel wetenschappelijk belang gediend is: en vergeven wij hem dus gaarne, dat hij één zijner overtollige molaren verkeerdelijk diagnosticeert. Dat hij bovendien echter zijnen casuïstiek toelicht met een aan den dagbladpers ontleend referaat, is — gelukkig! — eene in de vakliteratuur al zeer ongebruikelijke wijze van doen en achten wij op zijn minst genomen eene *res mali exempli*.

Maar betreuren kunnen wij het slechts, dat schrijvers publicatie *Knap* te *S o e r a b a j a* (III) aanleiding geeft tot opmerkingen, welke, hebben wij zijn bedoelingen wèl begrepen, ten doel hebben, de opvattingen van *Mijsberg* te weerleggen (IV): van dezen schrijver immers, die, vergissen wij ons niet, docent aan de *Stovit* is, hadden wij grootere terughoudendheid mogen verwachten — maar bovendien zijn de argumenten, welke hij in het geding brengt, zoo uitermate zwak, dat wij ernstig overwogen hebben, of het niet beter ware, zijne beweringen te laten voor wat zij zijn.

Men bedenke echter: ook voor de tandheelkunde zijn alreeds de jaren harer „Kinderstube” verstreken. Met belangstelling heeft men in de latere jaren ook buiten onze kringen kennis genomen van ons werk en het zoude niet de eerste maal zijn, dat wij gemis aan waardeering in eigen boezem dienden te zoeken! Het is hier de plaats niet, nader daarover uit te weiden: *maar het is ons bekend, dat publicaties als deze ons ernstiger nadeel berokkenen, dan men zich in onzen kring wellicht bewust is!*

Uitsluitend deswege willen wij ze niet geheel onbesproken laten: eene verdediging van *Mijsberg's* opvattingen, zoo klaar gedocumenteerd in zijne verhandeling in de *Zeitschrift*



für *Anatomie und Entwicklungsgeschichte* ligt derhalve allermintst in onze bedoeling — achten wij trouwens ook volmaakt overbodig! Evenmin willen wij schrijvers beweringen alle op den voet volgen. Voor ééne nochtans willen wij eene uitzondering maken: het is die, waarin hij *Bolk's* eerste molaar-theorie tracht te ontzenuwen. Wij citeeren:

„Zonder de groote verdiensten van Professor *Bolk* te willen onderschatten meen ik toch, dat hij met zijn vermoeden, dat de 6 eigenlijk als een persisterende VI moet worden beschouwd, te ver ging. Argumenten, welke worden aangevoerd, om *Bolk's* opvattingen te steunen, als:

- a. vroege doorbraak van de 6;
  - b. groote overeenkomst van de 6 met de V;
  - c. Persistentie van de V, wanneer de 5 ontbreekt (als voorbeeld, hoe het dus met de VI gegaan zou zijn, nadat de vierde præmolaar verdween) kunnen met evenveel tegenargumenten worden ontzenuwd" <sup>1)</sup>.
- ...

Nu zijn wij ons zeer wel bewust, dat *Bolk's* zienswijze ten deze nog geenszins algemeen aanvaard is, maar vast staat dat zij gesteund wordt door zoo rijk een feitenmateriaal, dat wij het wetenschappelijk niet oirbaar achten, op zoo verregaand onvolledige wijze de argumenten te citeeren, welke deze vermaarde onderzoeker tot staving zijner opvattingen aan phylogenie, aan embryologie, aan vergelijkende anatomie, ja zelfs aan palæontologie wist te ontleenen! Maar wat te zeggen van schrijvers tegenargumenten:

„a. de doorbraak van de 6 heeft altijd nog vier jaar later plaats, dan de doorbraak van de laatste melkmolaar en tegelijk met den eersten incisivus meestal" <sup>2)</sup>.

Nu is dit laatste in werkelijkheid geenszins het geval: *Röse's* tabellen (V), die ten aanzien van het tijdstip van hunnen doorbraak nog altijd een gering verschil ten gunste van den eersten molaris opleveren, vinden óók in de onderzoekin-

<sup>1)</sup> l.c. pag. 344.

<sup>2)</sup> l.c. pag. 345.

gen van den allerlaatsten tijd — *Bauer* (VI), *Unglaube* (VII) en *Wuorinen* (VIII) — volkomen bevestiging. Maar afgezien daarvan heeft *Bolk* zelf in zijne fætalisatietheorie (IX) de retardatie in de eruptie van den eersten molaris op zoo mees-terlijke wijze in het licht gesteld en verklaard, dat wij er niet één woord aan wenschen toe te voegen!

Wij citeeren verder:

„b. de 6 lijkt veel meer op de 7, dan op de V” <sup>1)</sup>.

Nomina sunt odiosa: maar wij kunnen er niets aan doen, dat het nu juist *de Jonge-Cohen* (X) moest zijn, die op grond van vergelijkend onderzoek van meerdere duizenden geïsoleerde — dat zijn dus uit de kaken verwijderde — molaren tot de slotsom kwam, dat de eerste molaar der blijvende serie zoowel in zijnen normalen bouw als in zijne vormvariëaties, veelal tot in zijne fijnste structuurdetails toe, eene opmerkelijke gelijkenis vertoont met den laatsten melkmolaar: „Unser erster Molar hat tatsächlich seinen ursprünglichen Charakter als Milchzahn noch bewahrt, und zwar dies auf eine oft so frappante Weise, dass wir, während eine Entscheidung, ob wir es mit einem zweiten oder aber dritten Molar zu tun haben, oft, sogar sehr oft völlig unmöglich ist, fast immer imstande sein werden, einen ersten Molar als solchen zu diagnostizieren” <sup>2)</sup>. En dat nog wel, ofschoon wij nadrukkelijk voorop stelden, „dass unser erster bleibender Molar sich unter Einfluss seiner für unsern Kaumechanismus höchst wichtigen Funktion zu einem Zahnelement entwickeln würde, dessen Ausdehnungen in keiner einzigen Hinsicht hinter denjenigen unserer übrigen bleibenden Backenzähne zurückstehen. Und die Möglichkeit, dass unser zweiter Milchmolar und unser erster Dauermolar eine so auffallende Aenlichkeit aufweisen sollten, dass das Stellen der Differentialdiagnose

<sup>1)</sup> pag. 345.

<sup>2)</sup> pag. 126.



auf ernstliche Schwierigkeiten stossen würde, können wir denn auch schon a priori ausschalten" <sup>3)</sup>). Trouwens, kort tevoren reeds had *Schwerz* (XI) zich in gelijken zin geuit.

Ten slotte schrijvers laatste argument:

„c. ieder melkelement persisteert, wanneer een bijbehorend of er naast liggend blijvend element niet of verkeerd doorbreekt; het meest zien wij dat bij de III in de bovenkaak, maar niemand zal toch willen beweren, dat ons nageslacht de III | III zal blijven houden en de 3 | 3 missen.”

Weet de schrijver eigenlijk wel, dat hij met deze simpele voorstelling van zaken een vraagstuk aansnijdt, dat tot de moeilijkste gerekend mag worden in de pathologische anatomie van 's menschen gebit — een probleem, van welks ætiologie ons nog vrijwel niets bekend is, van welks klinisch beeld de literatuur ons nog geen enkele juiste beschrijving geleverd heeft, een probleem ten slotte, waarvan de schrijver bovendien toont, al heel slecht op de hoogte te zijn.

Welnu, mede op grond van onze eigen onderzoekingen over de *retentio canini*, aarzelen wij niet, ook schrijvers laatste stelling terug te wijzen als eene bewering, die met de werkelijkheid in strijd is.

Slechts in zijne slotconclusie

„Neen, dan zijn er voor „the key of occlusion” toch nog betere argumenten”

kunnen wij den schrijver bijvallen: inderdaad, er zijn er *véél* betere! Maar alvorens opnieuw over dit onderwerp te gaan schrijven, zal de schrijver goed doen, zich eerst op de hoogte te stellen, welke die zijn!

---

<sup>3)</sup> pag. 125.

---

## GECITEERDE SCHRIJVERS.

- I. *de Jonge-Cohen, Th. E.*, . . . . . Bijdrage tot de kennis van enkele gebitsanomalieën. Vierde mededeeling. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XXXVIII — Afl. 12 — 1931.
- II. *van der Linde, J. A.*, . . . . . Atavismus in het menscheijk gebit. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, ut supra.
- III. *Knap, M.*, . . . . . Atavismus in het menscheijk gebit. *Tijdschrift voor Tandheelkunde*, Jaargang XXXIX — Afl. 4 — 1932.
- IV. *Mijsberg, W. A.*, . . . . . Ueber zählige Milchmolaren und Prämolaren im Gebiss des Siemangs und des Menschen. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, Band IVC, — Heft 1 — 1931.
- V. *Röse, C.*, . . . . . Ueber die mittlere Durchbruchszeit der bleibenden Zähne des Menschen. *Deutsche Monatschrift für Zahnheilkunde*, Band XXVII — Heft 8 — 1909.
- VI. *Bauer, G.*, . . . . . Ueber die Durchbruchszeiten der bleibenden Zähne. Proefschrift, Berlin — 1928.
- VII. *Unglaube, A.*, . . . . . Die normalen Durchbruchszeiten der bleibenden Zähne. *Deutsche Monatschrift für Zahnheilkunde*, Band XXXIII — Heft 16 — 1924.
- VIII. *Wuorinen, T. A.*, . . . . . Beitrag zur Kenntnis des Zahnwechsels bei den Finnen. Helsinki — 1926.



- IX. *Bolk, L.*, . . . . . Das Problem der Menschwerdung,  
Jena — 1926.
- X. *de Jonge-Cohen, Th. E.*, Die Kronenstruktur der unteren  
Prämolaren und Molaren. Ein  
Beitrag zu der Morphologie des  
menschlichen Gebisses. Proef-  
schrift, Utrecht — 1917.
- XI. *Schwarz, F.*, . . . . . Ueber Zähne frühhistorischer Völ-  
ker der Schweiz. *Schweizerische  
Vierteljahrschrift für Zahnheil-  
kunde*, Band XXIV — Heft 3 —  
1914.
-

# BIJDRAGE TOT DE KENNIS VAN IN DE TANDHEEL- KUNDE GEBRUIKTE AMALGAMEN III <sup>1)</sup>

DOOR

Dr. J. DE LIVER.

---

616.314 × 155.

## § 3. Zilveramalgamen.

### A. Bereiding en structuur.

De zilveramalgamen werden bereid door samenwrijven van fijn verdeeld zilver met kwik bij kamertemperatuur. De aldus verkregen amalgamen bleken voor tandheelkundige doeleinden niet goed verwerkbaar te zijn. Werden de amalgamen met weinig kwik aangewreven, dan ontstond een harde, brooze massa, heterogeen van samenstelling. Om deze te homogeniseeren, werd het amalgaam in een uit twee deelen bestaande stalen caviteit gestopt, waaruit het amalgaam gemakkelijk weer te verwijderen is. Op het amalgaam werd met behulp van de pers van fig. 1 gedurende eenige minuten een druk van b.v. 1500 kg/cm<sup>2</sup> uitgeoefend. Na opheffing van de druk blijkt het amalgaam tot een massief blokje te zijn geworden. Wanneer het kwikgehalte beneden 35 % blijft, treedt bij die druk geen kwik naar buiten.

Een blokje op deze wijze bereid uit 1.450 g zilver en 3.550 g kwik werd loodrecht op de drukrichting in tweeën verdeeld en in iedere helft een gravimetrische zilverbepaling verricht. Wij vonden:

In bovenste helft: 28.95 % en 28.99 % zilver.

In onderste helft: 28.87 % en 29.03 % zilver.

---

<sup>1)</sup> Mededeeling II: pag. 315 van dit Tijdschrift.



Deze cijfers bewijzen de mechanische homogeniteit der aldus bereide amalgamen.

Er zij hier uitdrukkelijk op gewezen, dat door de gevolgde methode het amalgaam onderworpen is geweest aan een éénzijdige, niet-uniforme druk. In navolging van JOHNSTON (72) verstaan wij hieronder een druk, die in een heterogeen systeem slechts op de vaste phase en niet (of niet in volle omvang) op de vloeibare werkt. Bij onze werkwijze heerscht een dergelijke druk, daar een eventueele vloeibare phase in de ruimte tusschen de drukkende stempel en de caviteitwand weggeperst kan worden.

Deze bereidingswijze vertoont veel overeenkomst met de door SPRING (134) gevolgde methode ter bereiding van legeringen. Deze perste metaalvijsel onder eenzijdige druk samen en verkreeg zoo een regulus, die niet te onderscheiden was van een door smelten verkregene. De oorspronkelijke deeltjes van het metaal konden in het verkregen blokje niet meer teruggevonden worden. Bij uitbreiding van zijn onderzoekingen gelukte het hem door samenpersen van bismuth-, cadmium- en tinvijsel een laagsmeltend conglomeraat te bereiden. Of op deze wijze inderdaad legeringen zijn te verkrijgen, geheel identiek met de door samensmelten der componenten verkregene, wordt o.a. betwijfeld door ROSENHAIN en TUCKER (125) en door MASING (101).

Uit fig. 6 blijkt, dat een zilveramalgaam met 28.7% zilver in evenwichtstoestand geheel uit de chemische verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  bestaat. Dit evenwicht zal zich sneller instellen bij hogere dan bij lagere temperatuur en verhitten bij een temperatuur, zoo dicht mogelijk onder het incongruente smeltpunt der verbinding, schijnt dus geraden.

Verwârmén van de door druk verkregen zilveramalgamen in een open kroes was echter niet doenlijk, daar zelfs bij een temperatuur van pl.m.  $150^\circ \text{C}$ . na 24 uur een groot deel van het kwik uit de legering verdampt bleek. Daarom werden de amalgamen in een ijzeren kroes, voorzien van een opgeschroefd deksel verhit. Het bleek, dat na het verblijven bij hogere temperatuur steeds kwik was vrij gekomen, dat hetzij als een fijn aanslag langs de wanden der kroes, hetzij in druppelvorm op het amalgaam aanwezig was. Daarom brachten wij het amalgaam dadelijk na het samenwrijven in een ijzeren kroes, waarin een pen juist paste. De pen persten wij onder een druk van 2000 kg op het amalgaam, zoodat de kroes door amalgaam en pen tot aan de rand gevuld was. Het geheel werd nu gesloten door een schroefdop, aan welks binnenzijde een laagje asbest

was aangebracht, om de afsluiting volledig te maken. Werd deze kroes gedurende 70 uur bij 300° C. gehouden en daarna langzaam afgekoeld, dan bleek na het openen, dat noch kwik in druppelvorm aanwezig was, noch dat het kwikgehalte van het amalgaam iets veranderd was. Het amalgaamcylindertje was gemakkelijk uit de kroes te verwijderen, daar het zichtbaar gecontraheerd was.

De aldus verkregen amalgamen werden geslepen en gepolijst zooals bij de zilver-tin-legeeringen besproken is. Als etsmiddel diende een heldere oplossing van kaliumpolysulfide in water, die men eenige minuten liet inwerken.

De structuur van zoo'n amalgaam met 35.5 % zilver geeft fig. 18<sup>1)</sup>. Men ziet hier duidelijk twee strukturelementen, waarvan de een in hoeveelheid sterk domineert. Dit amalgaam zou inderdaad volgens TAMMANN en STASSFURTH (142) voor pl.m. 90 % uit de chemische verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  zijn opgebouwd, naast pl.m. 10 % vaste oplossing van kwik in zilver.

De hardheid van de door samenpersen verkregen zilveramalgamen bedraagt voor een amalgaam met 28.7 % zilver en 71.3 % kwik :  $\text{HM} = 22$  (na 22 dagen).

De hardheid van een zelfde amalgaam, na 70 uur op 300° C. verhit te zijn geweest, bedraagt:  $\text{HM} = 19$ .

De verhitte amalgamen schijnen een geringere breukvastheid te bezitten dan de niet verhitte.

## B. Specifieke volumina van zilveramalgamen.

Voor de bestudeering van de volumeveranderingen in onze zilveramalgamen is kennis van de specifieke volumina van zilver en kwik vereischt. Een door ons bereid praeparaat fijn verdeeld zilver had een

$$\text{S.V.} \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0983^9$$

Een geheel onafhankelijk daarvan bereid praeparaat

$$\text{S.V.} \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0983^1$$

$$\text{Gemiddelde waarde} = 0.0983^5$$

<sup>1)</sup> Cf. pag. 336.



Door interpolatie tusschen de waarden voor 35° C. en 36° C., gegeven in de tabellen van LANDOLT—BORNSTEIN (88), vindt men voor kwik

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0740^3$$

2.870 g fijn verdeeld zilver, samengewreven met 7.133 g kwik, na persen onder een druk van 2000 kg/cm<sup>2</sup> 4 dagen bij 240° C. gehouden en daarna langzaam afgekoeld. Een gravimetrische zilverbepaling wees uit, dat het zilveragehalte 28.50 % bedroeg.

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0741^9$$

Een amalgaam als het vorige, bereid uit 1.440 g zilver en 3.572 g kwik, 70 uur bij 300° C. gehouden en daarna langzaam gekoeld, bleek na deze behandeling te bevatten 28.72 % zilver:

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0742^7$$

Het specifiek volume der chemische verbinding Ag<sub>3</sub>Hg<sub>4</sub> schijnt derhalve te zijn:

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0742^3$$

Een zilveramalgaam, als de vorigen behandeld, met 31.48 % zilver

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0756^5$$

en een met 35.53 % zilver

$$\text{S.V. } \frac{35^\circ 75}{4^\circ 00} = 0.0769^8$$

MAEY (99) <sup>1)</sup> vond bij een amalgaam met 29.5 % zilver:

$$\text{S.V. } \frac{17^\circ 5}{4^\circ 00} = 0.07406$$

Voor de specifieke volumina van een amalgaam met een hoog zilveragehalte vindt hij relatief hoge waarden, zelfs hoger dan de additief berekende waarden.

PEROL <sup>1)</sup> schijnt voor de verbinding Ag<sub>3</sub>Hg<sub>4</sub> een densiteit van 13.45 gevonden te hebben (geen opgave van temperatuur etc.), overeenkomend met een specifiek volume van 0.07430.

<sup>1)</sup> Cf. pag. 318.

Berekent men het specifiek volume van een amalgaam met 28.70 % zilver, uit de specifieke volumina van vloeibaar kwik en fijn verdeeld zilver, dan vindt men een

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.08100$$

Men zou dus bij de vorming der chemische verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  uit zijn componenten een contractie van pl.m. 8 % kunnen verwachten.

Wij verwachtten oorspronkelijk, dat bij het samenwrijven van fijn verdeeld zilver met kwik zich de chemische verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  zou vormen. Een amalgaam werd bereid door samenwrijven van 2.870 g fijn verdeeld zilver en 7.130 g kwik en persen onder een druk van 1500 kg/cm<sup>2</sup>. Om het evenwicht gelegenheid te geven zich in te stellen, werd het amalgaam 40 dagen bij 36° C. bewaard. Daarna werd het gepoederd en het specifiek volume van het poeder bepaald:

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0761^2$$

Daar deze waarde zeer sterk afwijkt van de voor  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  gevonden waarde werd aan een vergissing gedacht. De analyse wees echter uit, dat het amalgaam inderdaad 28.7 % zilver bevatte.

Een ander amalgaam, op dezelfde wijze bereid, vertoonde een specifiek volume

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0761^0$$

na 14 dagen bij 36° C. te zijn bewaard.

Nadat het poeder — na verwijdering van de toluol — nogmaals veertien dagen bij 36° C. bewaard was, was geen verandering in het specifiek volume te constateeren:

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0761^1$$

Een derde amalgaam, als het vorige bereid, maar geperst onder een druk van 1000 kg/cm<sup>2</sup>, na 14 dagen

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0761^7$$

Deze waarnemingen schijnen dus te bewijzen, dat het speci-

<sup>1)</sup> Naar een mededeeling van BOLL en BENNEJEANT (19) geciteerd, die ons eerst bij het ter perse gaan bereikte.



fiek volume van een niet op hoogere temperatuur verhit zilveramalgam, waarvan de samenstelling beantwoordt aan de formule  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$ , te stellen is op:

$$\text{S.V.} \begin{matrix} 35^\circ 75 \\ 4^\circ 00 \end{matrix} = 0.0761^3$$

Uit de goede reproduceerbaarheid van deze waarde zou kunnen blijken, dat in alle op bovenomschreven wijze bereide zilveramalgamen, ongeveer veertien dagen na de bereiding dezelfde toestand zich heeft ingesteld. De chemische verbinding schijnt echter, blijkens het hoge specifiek volume, niet gevormd te zijn, al hebben wij éénmaal (zie Tabel IV B) op deze wijze een amalgam verkregen, waarvan het specifiek volume ongeveer beantwoordde aan dat van  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$ .

Dat bij samenwrijven van zilver en kwik bij kamertemperatuur eerst een vaste oplossing gevormd zou worden, die niet geheel in de chemische verbinding overgaat, is ook zeer onwaarschijnlijk, daar de specifieke volumina zoo goed reproduceerbaar zijn, dat men genoodzaakt is te denken aan het ontstaan van een goed definieerbaar chemisch individu.

Aan polymorphie bij de verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  kan evenmin veel waarschijnlijkheid worden toegeschreven, daar het niet goed is aan te nemen, dat het amalgam steeds de beide modificaties in een constante verhouding zou bevatten of geheel uit één zuivere vorm zou bestaan.

Wij hebben dit niet verder kunnen onderzoeken, alhoewel het o.i. zeker wel interessant zou zijn deze kwestie nader uit te werken. Wel was het nu belangrijk geworden, de volumeveranderingen, die in zilveramalgamen, op uiteenlopende wijze bereid, optreden aan een nader onderzoek te onderwerpen.

### C. Veranderingen van het volume in verband met de tijd.

#### a) Metingsmethodiek.

Om de volumeveranderingen van amalgamen na de bereiding continu te kunnen waarnemen, werd door ons op hierboven uiteengezette gronden <sup>1)</sup> gebruik gemaakt van een dilatometer. Het apparaatje gaven wij de vorm van fig. 19. Het vat A heeft een inhoud van pl.m. 8 cm<sup>3</sup>. De inwendige diameter van de hals B is pl.m. 1.5 cm., zoodat de amalgaamblokjes in hun geheel in de dilatometer kunnen worden gebracht. Het zeer goed ingeslepen

<sup>1)</sup> Cf. pag. 225.

slijpstuk heeft een lengte van pl.m. 3 cm., terwijl de capillair C een lengte heeft van pl.m. 13 cm. De inwendige diameter van de capillair is pl.m. 0.6 mm. De capillair draagt over een lengte van 10 cm een verdeling in mm.

De inhoud van dilatometer en capillair wordt bepaald, zooals dat bij de pyknometers beschreven is.

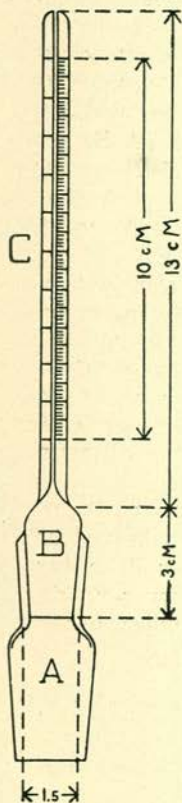


Fig. 19.

Alhoewel de lange slijpstukken de kans op lekkage zeer gering maken, meenen TAMMANN en DAHL (140), dat op de lange duur de afsluiting minder voldoende wordt. Voor alle zekerheid werd de stop, nadat de dilatometer met inhoud gereed was om in de thermostaat geplaatst te worden, met piceïne dichtgekit.

Als dilatometervloeistof kozen wij oorspronkelijk toluol, dat alle soorten amalgaam goed bevochtigt. Ondanks de nauwe capillair was de verdamping van het toluol vrij aanzienlijk, zoodat wij de capillair afsloten. Er trad dan steeds een onregelmatige, sterke daling van de meniscus op, die ons van het gebruik van toluol deed afzien. In plaats daarvan namen wij paraffinum liquidum, dat behoorlijk voldeed. Afsluiting van de capillair is dan niet meer noodig, terwijl een ander voordeel gelegen is in de kleine uitzettingscoëfficiënt, waardoor de temperatuurschommelingen van minder invloed zijn op de uitkomsten.

De uitzettingscoëfficiënten der vaste amalgamen zijn zóó klein (132), dat hun volumeveranderingen door temperatuurschommelingen geen invloed hebben op de stand van de meniscus.

Daar de kubische uitzettingscoëfficiënt van paraffineolie ongeveer 0.00076 (88) bedraagt, veroorzaakt 0.01° C. temperatuurswisseling een volumeverandering van pl.m. 0.005 mm<sup>3</sup>, indien 7 cm<sup>3</sup> vloeistof in de dilatometer is.

Wanneer wij de ingesloten lucht op 0.01 cm<sup>3</sup> stellen, is deze hoeveelheid nog te gering, om eenige invloed op de wisseling van het totaal volume bij de kleine temperatuursvariëaties, die hier werkzaam zijn, uit te oefenen. Bepaling van het volume van een amalgaamblokje in de dilatometer en in poedervorm onder totuol leerde ons, dat veel minder lucht werd ingesloten.

Nadat de dilatometer leeg en, na van het amalgaamblokje



voorzien te zijn, gewogen is, wordt hij met paraffineolie gevuld en de lucht door evacuatie verwijderd. Wanneer onder voortdurend kloppen geen noemenswaardige hoeveelheden lucht meer uit het blokje ontsnappen, wordt het vacuum opgeheven, de dilatometer geheel gevuld en de stop erop geplaatst. Men zorgt er voor, dat de capillair geheel met vloeistof gevuld is, kit dicht en plaatst het geheel in de thermostaat. Na 15 minuten wordt de vloeistof uit de capillair tot ongeveer de 50ste deelstreep weggezogen, en na nogmaals 10 minuten wachten de eerste aflezing van de stand van de meniscus verricht.

De capillair blijft steeds met het verdeelde stuk onder water, de aflezing is mogelijk door de ruiten van de thermostaat.

Na beëindigen van de proef wordt de dilatometer weer gewogen en kan met behulp van de bekende inhoud van de dilatometer het volume van het blokje berekend worden.

De stand van de meniscus is te schatten op 0.2 mm. De door de temperatuursvariatie van  $0.01^{\circ}$  C. veroorzaakte wisseling van de meniscusstand bedraagt eveneens 0.2 mm. Daar de temperatuurschommelingen meestal kleiner zijn dan  $0.01^{\circ}$  C. veroorzaken deze geen fout van beteekenis. Toch werd bij elke aflezing van de meniscusstand de temperatuur op de BECKMANN-thermometer afgelezen, en, waar zulks noodig was, een temperatuurscorrectie in rekening gebracht.

De dilatometers werden op dichtheid gecontroleerd, door ze te vullen met amalgaamblokjes, die ongeveer een jaar oud waren, en waarvan wij dus verzekerd konden zijn, dat het volume geen verandering meer zou ondergaan. Gedurende 4 dagen bleef in alle in gebruik zijnde dilatometers de stand van de meniscus onveranderd.

#### b) Volumeverandering van zilveramalgamen.

Op grond van onze bepalingen van de specifieke volumina dezer amalgamen, meenden wij, dat zilver bij het amalgameeren een duidelijke contractie zou vertoonen.

TAMMANN en DAHL (140) bereidden een zilveramalgaam door fijn verdeeld zilver met groote overmaat kwik samen te wrijven en de verkregen amalgaampap pl.m. 20 sec aan een druk van  $35 \text{ kg/cm}^2$  bloot te stellen, waarbij kwik werd uitgerst. Het aldus verkregen zilveramalgaam bevatte 45.9 % kwik. Na de bereiding werd het amalgaam in een dilatometer bij constante temperatuur onderzocht en kon een contractie van 5.7 % geconstateerd worden. Negen uur na het begin van de meting bereikte de contractie reeds een grootte van 3.2 %.

Wij begonnen met deze proeven te herhalen.

Fijn verdeeld zilver werd in een dikwandig, glazen mortier, waarvan het binnenoppervlak ruw gemaakt was, met zooveel kwik aangewreven, dat een breiachtige massa ontstond. Deze werd in een stalen ring (fig. 2 A. pag. 222) gebracht, waarvan de bodem afgeschroefd kon worden. In de ring, die een inwendige diameter van 11.5 mm had, paste nauwkeurig een cilindrische pen, die aan de schroef  $A_1$  van de drukmachine (fig. 2) bevestigd kon worden. Plaatst men op de tafel van de drukmachine de ring met inhoud en wordt de schroef  $A_1$  aangedraaid tot de pen op het amalgaam stuit, dan kan door C te belasten een bepaalde druk op het amalgaam worden uitgeoefend, waardoor het overtollige kwik langs de ruimte tusschen pen en ringwand wordt weggeperst. Deze ruimte is zóó gering, dat geen vaste amalgaamdeeltjes worden meegesleurd.

Deze methode van werken werd bij al onze verdere proeven, zoo niet uitdrukkelijk anders is vermeld, steeds gevolgd. De tijd van persen bedroeg steeds 3 minuten, waarna het amalgaam, nadat de bodem van de ring afgeschroefd was, werd uitgestooten.

TABEL II.

Tijd 1	Stand 2	Expansie		Temperatuur op Beckm.-therm. 4
		a	b mm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> 3	
0	87.0			4.872
24 min	88.0	+ 1.0	+ 0.4	4.872
45 „	88.2	+ 1.2	+ 0.5	4.875
3 h 10 „	89.2	+ 2.2	+ 0.9	4.876
4 „ 15 „	89.4	+ 2.4	+ 1.0	4.870
21 „ 30 „	92.8	+ 5.8	+ 2.3	4.872
45 „ 45 „	94.8	+ 7.8	+ 3.2	4.874
70 „	95.8	+ 8.8	+ 3.6	4.875
142 „	97.4	+ 10.4	+ 4.2	4.876

Een aldus bereid zilveramalgaam, waarbij het overtollige kwik onder een druk van 50 kg/cm<sup>2</sup> was uitgeperst, werd in een dila-



tometer onderzocht op volumeverandering. Wij geven in Tabel II her verloop van deze verandering aan. In kolom 1 is aangegeven de tijd, verstreken sinds de eerste aflezing, in kolom 2 de stand van de meniscus op een bepaald oogenblik. In kolom 3a is de verandering in meniscusstand sinds de eerste aflezing uit de cijfers van kolom 2 berekend, en hieruit kan de volumeverandering in  $\text{mm}^3/\text{cm}^3$  (dus in 0.1 % uitgedrukt, betrokken op het oorspronkelijke volume) berekend worden, op grond van het bekende beginvolume (in ons geval  $0.9212 \text{ cm}^3$ ) en de inhoud van de capillair (1 mm hiervan komt overeen met  $0.0372 \text{ mm}^3$ ). Temperatuurcorrectie was niet noodig, daar de temperatuurschommelingen beneden  $0.01^\circ \text{ C}$ . bleven. Temperatuur van proefneming is, zooals steeds,  $35.^\circ 75 \text{ C}$ .

De resultaten worden graphisch weergegeven door curve 94 in fig. 20.

In de andere gevallen werden meestal meer aflezingen verricht, en daar het bezwaarlijk is voor alle gevallen de volledige berekening van de volumeverandering uit de dilatometeraflezingen te vermelden, zullen de uitkomsten graphisch worden weergegeven. In de graphieken is op de abscis de tijd verlopen na de eerste meting, op de ordinaat de volumeverandering, uitgezet. Uit de experimenteel gevonden waarden voor de volumeverandering is met behulp van de graphieken door interpolatie het volume-effect berekend 2, 4, 6, 10, 20, 30, 40, 50, 80 en 150 uur na de bereiding. Deze waarden zijn in tabellen vereenigd. (Tabel IV A voor de zilveramalgamen).

Onze eerste waarneming is volkomen in tegenspraak met die van TAMMANN en DAHL (140). In plaats van een contractie vinden wij een expansie van 0.42 %. Daarom werd de bepaling herhaald. Onder gelijke omstandigheden vonden wij wederom een expansie. Na 74 uur was een eindwaarde bereikt in een expansie van 0.94 %. Het verloop is weergegeven in curve 69 (fig. 20). Een derde en een vierde bepaling geven nog sterkere expansie te zien (amalgamen 73 en 94), evenals de amalgamen 58 en 59 (fig. 20 en tabel IV A).

Daar de uitkomst van TAMMANN en DAHL ons meer plausibel dan de onze voorkwam, daar toch de vorming der chemische verbinding  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  noodzakelijk met een contractie gepaard moet gaan, herhaalden wij onze bepalingen, door van de op boven beschreven wijze bereide amalgamen pyknometrisch van tijd tot tijd het specifiek volume te bepalen. Wij hoopten zoo te kunnen contrôleeren of in onze dilatometrische bepalingen een methodische fout was geslopen.

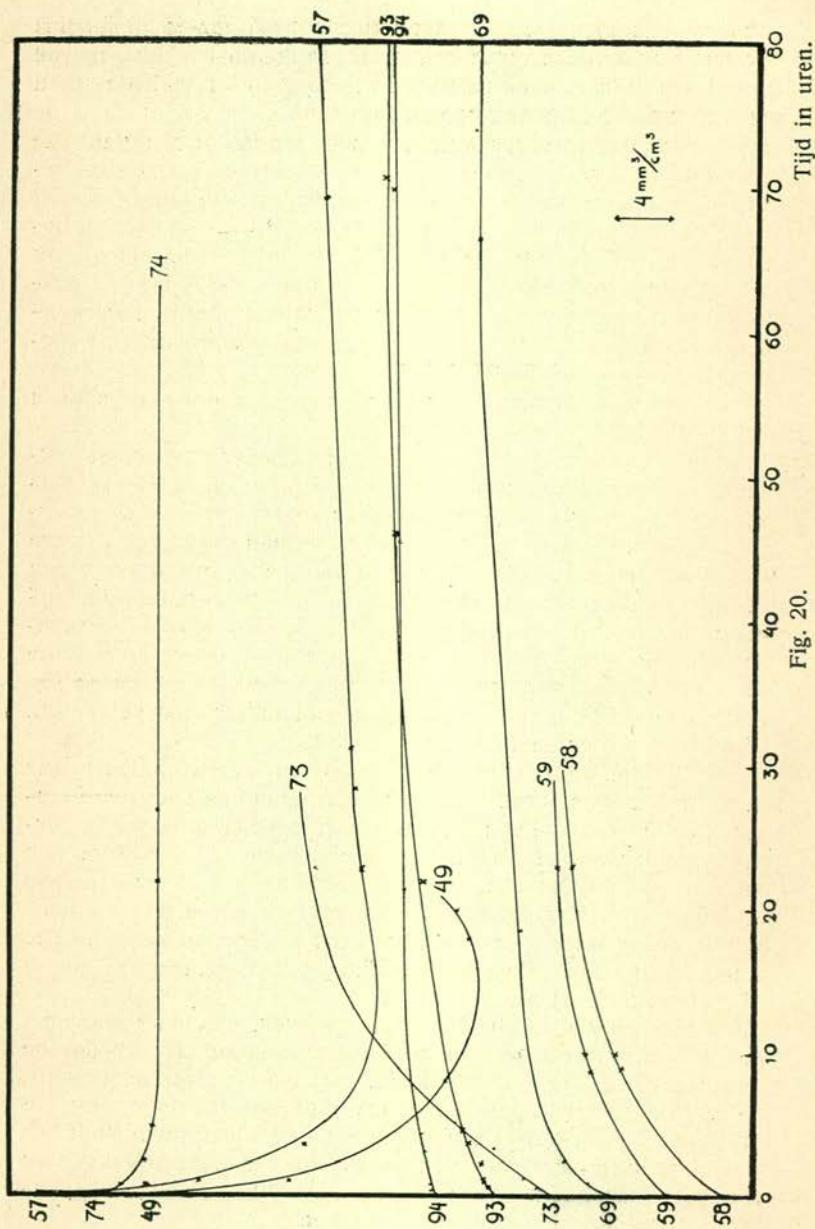


Fig. 20.



Tabel III geeft de geconstateerde verandering in specifiek volume voor twee verschillende zilveramalgamen. Al is er ook geen kwantitatieve overeenstemming, in beide gevallen is toch een volumevermeerdering te constateeren.

Alhoewel wij oorspronkelijk ons niet konden voorstellen, dat

TABEL III.

Tijdsverloop na bereiding	S. V. 1	S. V. 2
1 h	0.07796	0.07546
2 „		0.07599
23 „	0.07941	0.07636
46 „		0.07634
196 „		0.07673

TABEL IVA (vgl. fig. 20).

Nummer van het amalgaam	Volumeverandering in mm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> na									
	2 h	4 h	6 h	10 h	20 h	30 h	40h	50h	80h	150h
58	+ 4.6	+ 6.3	+ 7.6	+ 9.7	+12.4	Niet verder voortgezet.				
59	+ 1.8	+ 3.1	+ 4.2	+ 5.7	+ 7.6	id.				
69	+ 2.6	+ 3.9	+ 4.8	+ 5.6	+ 6.6	+ 7.2	+ 8.0	+ 8.8	+ 9.4	+ 9.4
73	+ 2.8	+ 5.6	+ 7.8	+11.6	+16.4	Niet verder voortgezet.				
93	+ 1.2	+ 2.0	+ 2.6	+ 3.5	+ 5.1	+ 6.2	+ 7.0	+ 7.2	+ 7.9	+ 8.0
94	+ 0.7	+ 1.1	+ 1.6	+ 2.0	+ 2.5	+ 2.5	+ 2.5	+ 2.5	+ 3.2	+ 3.4

aan het uitpersen van de overmaat kwik — een manipulatie, steeds gevolgd bij de bereiding van amalgamen voor tandheelkundig gebruik — een andere betekenis kon worden gehecht dan het eenvoudig verwijderen van een vloeibare fase, namen wij toch een proef met zilveralgalmen, met overmaat kwik bereid, waaruit wij geen kwik persten, maar dat wij in half-vloeibare toestand in de dilatometer brachten. Curve 93 geeft het verloop van de volumeverandering weer (fig. 20). Ook hier een voortdurende expansie, die na ongeveer 140 uur constant geworden is, en dan een grootte van 0.94 % heeft bereikt.

Ook in de oudere tandheelkundige literatuur wordt steeds gesproken over een sterke expansie bij zilveralgalmen. BLACK (11), KIRBY en BURCHARD (22) hebben dit geconstateerd.

Wij gingen er toe over, de amalgamen te bereiden uit afgewogen hoeveelheden zilver en kwik, door samenwrijven gevolgd door homogeniseeren onder hooge eenzijdige druk. De zoo verkregen amalgaamblokjes werden in de dilatometer nader onderzocht.

Tabel IV B geeft eenige resultaten van het onderzoek. Het amalgaam bevatte in al deze gevallen 28.7 % zilver.

Deze amalgaamblokjes vertoonen dus de te verwachten contractie alhoewel kwantitatief niet gelijkelijk. Na ongeveer 20 uur schijnt de contractie maximaal te zijn, daarna heeft weer een zwakke expansie plaats.

TABEL IVB.

Amalg. curve 49		Amalg. curve 57		Amalg. curve 74		Tijd	S.V. $35^{\circ}75$ $4^{\circ}00$ van amalgaamblokje
Tijd	Volumeverand. in $\text{mm}^3/\text{cm}^3$	Tijd	Volumeverand. in $\text{mm}^3/\text{cm}^3$	Tijd	Volumeverand. in $\text{mm}^3/\text{cm}^3$		
1 h	— 9.7	1 h	— 11.2	37 m	— 1.8	45 m	0.07554
18 „	— 22.1	3 „ 30 m	— 18.7	2 h 12 „	— 3.4	1 h 45 „	0.07489
20 „	— 21.5	5 „ 40 „	— 20.8	4 „ 26 „	— 4.0	5 „	0.07445
		23 „	— 22.6	22 „	— 4.3	25 „	0.07475
		28 „ 30 „	— 22.2	27 „	— 4.3	49 „	0.07475
		95 „ 30 „	— 18.3				



Om de invloed van de druk bij het homogeen maken der blokjes na te gaan, werd 2.870 g zilver met 7.134 g kwik aangemaakt en dadelijk na het aanroeren de massa fijn gepoederd en het specifiek volume van dit poeder, dat ongetwijfeld nog niet homogeen van samenstelling is, bepaald (Tabel V).

TABEL V.

Tijd na bereiding	S. V. $35^{\circ} 75$ $4^{\circ} 00$
1 h	0.07469
2 „	0.07421
17 „	0.07367
22 „	0.07366
41 „	0.07366

Zilveramalgamen, bereid met zooveel kwik dat een breiachtige massa is ontstaan, vertoonen, na uitpersen van het kwik een expansie. Zijn de amalgamen met weinig kwik bereid, zoodat korrelig, materiaal is ontstaan, dan contraheeren de amalgamen na persing. Contractie zou volkomen begrijpelijk zijn, in de veronderstelling dat  $\text{Ag}_3\text{Hg}_4$  gevormd wordt. Voor een expansie bij dit soort amalgamen ontbreekt echter elke plausibele verklaring. Een essentieel verschil tusschen de twee groepen zilveramalgaam ligt misschien in een uiteenlopend gedrag bij het uitoefenen van de persdruk. In het eerste geval drukt men op een vloeibare massa, in het tweede op vaste deeltjes. Waarom die druk op de vloeibare massa echter invloed kan uitoefenen op de volumeverandering die naderhand in het amalgaam optreedt, is geheel duister. Nader onderzoek van de volumeveranderingen die in de half-vloeibare zilveramalgamen kunnen optreden, lijkt ons daarom gewenscht. Misschien dat onderzoek met een gasdilatometer (20), waarbij men van storingen door het bevochtigen bevrijd is, hier eenig resultaat kan leveren.

De invloed van de druk op de volumeverandering is meer geprononceerd bij de tinamalgamen.

## § 4. Tinamalgamen.

## A. Bereiding en structuur.

Het oorspronkelijke doel van dit gedeelte van het onderzoek was de samenstelling te leeren kennen van de vaste oplossing van tin en kwik bij  $35^{\circ}$   $75^{\circ}$  C. die volgens KNIGHT en JOYNER <sup>1)</sup> een constitutiebestanddeel is van onze ternaire amalgamen.

Wij begonnen afgewogen hoeveelheden tin en kwik in een oliebad samen te smelten in een stikstofstroom en verkregen zoo amalgamen met een kwikgehalte, gelegen tusschen 15 en 21 %. De amalgamen werden, door de temperatuur van het oliebad langzaam te doen dalen, afgekoeld tot pl.m.  $40^{\circ}$  C. Al deze amalgamen bleken bij het polijsten neiging te hebben kwik af te geven en ook het microscopisch onderzoek wees uit, in overeenstemming met de mededeeling van VAN HETEREN (65), dat nog een vloeibare phase aanwezig was. Na 52 dagen bij  $37^{\circ}$  C bewaard te zijn geweest, was nog geen verandering in structuur opgetreden. De waarnemingen van de diverse onderzoekers met de uitkomsten van VAN HETEREN in strijd <sup>2)</sup> deden ons veronderstellen, dat de afkoeling van onze tinamalgamen te snel is geweest, zoodat het evenwicht zich bij  $37^{\circ}$  C. niet had ingesteld en de diffusiesnelheid bij die temperatuur te gering is, om homogenisatie te bewerkstelligen. Hieruit zou dan ook verklaarbaar zijn, dat VAN HETEREN een vloeibare phase geconstateerd heeft in amalgamen, waarin anderen slechts een vaste oplossing konden vinden, indien deze amalgamen zonder temperatuursverhoging waren gemaakt.

Wij gingen er toe over tin-amalgamen te bereiden door samenwrijven van tinvijsel met kwik in een op pl.m.  $40^{\circ}$  C. verwarmd mortier:

3.615 g tinvijsel werd op deze manier behandeld met 0.638 g kwik. Het kwik dringt zeer snel de tindeeltjes binnen, waarmee het in contact komt. Een homogeen amalgaam is op deze wijze niet te verkrijgen; in het verkregen grauwe poeder waren nog duidelijk onaangetaste tinpartikels zichtbaar. Wij volgden daarom de reeds bij zilveralgamen ingeslagen weg, en persten het amalgaampoeder onder een druk van  $100 \text{ kg/cm}^2$ . Geen spoor vrij kwik trad naar buiten, het amalgaamblokje op deze wijze verkregen was homogeen van samenstelling:

---

<sup>1)</sup> Cf. pag. 323.

<sup>2)</sup> Cf. pag. 319.





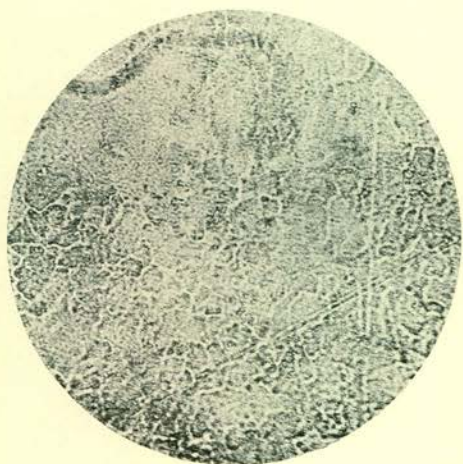


Fig. 21 ( $V = 80 \times$ )

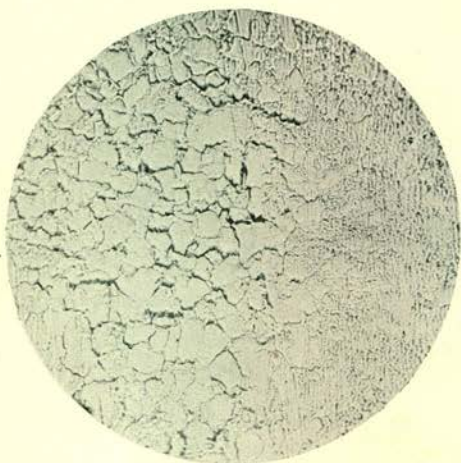


Fig. 22 ( $V = 80 \times$ )



Fig. 23 ( $V = 80 \times$ )

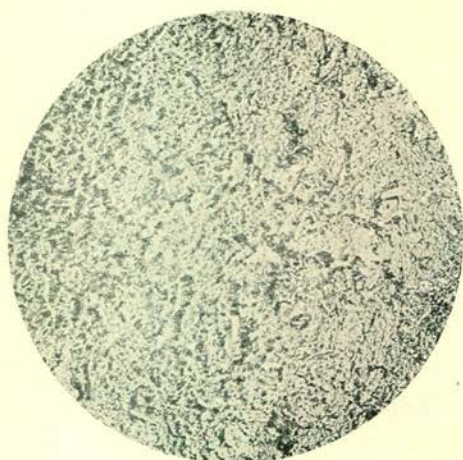


Fig. 24 ( $V = 80 \times$ )



In de bovenste helft werd gevonden : 84.92 % tin.

In de onderste helft werd gevonden : 84.85 % tin.

Het amalgaam werd 14 dagen op 36° C. gehouden en daarna geslepen en gepolijst, waarbij geen spoor van een vloeibare phase te constateeren was. Geëëtst werd met sterk zoutzuur gedurende 3 minuten. Fig. 21 vertoont de homogene structuur van dit amalgaam.

Op overeenkomstige wijze werden amalgamen gemaakt van andere samenstelling. Fig. 22 doet zien, dat een amalgaam, bestaande uit 82 % tin en 18 % kwik, grootendeels uit vaste phase bestaat, met sporen vloeistof tusschen de kristallen. Bij het amalgaam met 20 % kwik is de hoeveelheid vloeistof reeds eenigszins vermeerderd (fig. 23), terwijl bij een gehalte van 25 % kwik de heterogene structuur zeer duidelijk tot uiting komt (fig. 24).

Wij meenen op grond hiervan ons te mogen aansluiten bij de meening van FENCHEL (41) en van LOEBICH en NOWACK (92), dat de samenstelling van de verzadigde vaste oplossing van tin en kwik bij 35°.75 C. ligt bij p.l.m. 17 % kwik.

Voor de hardheid van het tin-amalgaam met 15 % kwik en 85 % tin vonden wij:  $H_M = 6$ .

Een amalgaam met 17 % en een met 18 % kwik vertoonden eveneens  $H_M = 6$ .

## B. Volumeverandering van tinamalgamen.

In de literatuur zijn eenige oudere densiteitsbepalingen van tinamalgamen beschreven, die niet zeer betrouwbaar zijn.

Door KUPFFER (85) en MATTHIESSEN (102) zijn onderzoekingen verricht in een concentratiegebied, dat door ons niet nader bestudeerd is.

CALVERT en JOHNSON (23) vonden voor de densiteit van een amalgaam met 70.6 % tin de waarde 8.510.

MACY (98) bepaalde de densiteit van tinamalgaam met 80.0 % tin en vond hiervoor 7.936; HOLZMAN (70) vond voor een dergelijk amalgaam 7.937.

FENCHEL (41) vindt voor het specifiek volume van een amalgaam met 75 % tin bij kamertemperatuur de waarde 0.123, van een met 80 % tin 0.126, en van een met 90 % tin 0.133. Al deze waarden liggen hoger dan de overeenkomstige waarde van het specifiek volume, berekend door additie uit het specifiek volume van vloeibaar kwik (0.0735) en dat van tin (0.7375). Hier-

uit concludeert FENCHEL, dat tin bij het amalgameeren expandeert.

De waarde, door MACY en HOLZMAN voor de densiteit van tinamalgaam met 80 % tin gevonden, levert ons voor het specifiek volume een waarde van 0.1260, in goede overeenstemming met FENCHEL's resultaat.

TAMMANN en DAHL (140) bereidden een tinamalgaam door samenwrijven van tinvijsel met overmaat kwik en uitpersen van het teveel aan kwik bij een druk van 35 kg/cm<sup>2</sup>. Het verkregen amalgaam bevatte 76 % tin en 24 % kwik en zij constateerden bij dilatometrisch onderzoek een uitzetting van 4.27 %. Zij berekenen het beginvolume per gram van dit amalgaam bij 17° C. op 0.1212 cm<sup>3</sup> uit de bekende specifieke volumina der uitgangsmaterialen. Zij meenen, dat theoretisch geen volumeverandering te verwachten is, daar bij de vorming van een vaste oplossing geen volume-effecten optreden. Dit geldt echter alleen, wanneer de vaste oplossing gevormd wordt uit twee vaste stoffen. Wil men in ons geval het specifiek volume van de vaste oplossing berekenen, dan moet men in rekening brengen het specifiek volume van de *vaste* stoffen tin en kwik. Het specifiek volume van vast kwik is lager dan dat van vloeibaar kwik bij dezelfde temperatuur, zoodat de vorming van de vaste oplossing van tin en kwik uit tin en vloeibaar kwik met een *contractie* gepaard moet gaan.

TAMMANN en DAHL vinden voor het eindvolume per gram van dit amalgaam bij 17° C. 0.1426 cm<sup>3</sup>. Zij schrijven deze hoge waarde, die sterk afwijkt van het berekende eindvolume, toe aan de aanwezigheid van tusschenruimten.

C. KÖLLER (84) onderzocht de volumeveranderingen van door samensmelten van tin en kwik verkregen amalgamen. Zij vond o.a. dat amalgamen, die na gesmolten te zijn snel op kamertemperatuur worden afgekoeld, een aanzienlijke volumeverkleining vertoonden bij 30° C.

GRAY (56) bereidde tinamalgamen op de wijze van TAMMANN en DAHL, maar gebruikte hoogere drukken bij het uitpersen van het overtollige kwik. Hij verkreeg amalgamen met 19.0, 20.3 en 21.4 % kwik en vond 24 uur na de bereiding een lineaire expansie van resp. 0.3, 0.4 en 0.3 %.

Amalgamen, door samenwrijven van tin en kwik bereid, vertoonen derhalve volgens de juist genoemde onderzoekers een volumevergrooting. Deze uitkomst is in strijd met de veronderstelling, dat de amalgamatie van tin uitsluitend bestaat in de vorming van een vaste oplossing van tin en kwik. Deze tegen-



spraak scheen ons belangrijk genoeg, om eens nader bestudeerd te worden.

Wij begonnen een onderzoek in te stellen naar de specifieke volumina van tinamalgamen met 13—22 % kwik. De bepalingen zijn — zooals trouwens steeds is geschied — verricht aan fijn gepoederd materiaal, zoodat eventueel aanwezige poriën geen rol spelen.

De blokjes werden na de bereiding voldoende lang bij pl.m. 36° C. bewaard, om de eindwaarde van het volume bereikt te hebben.

Waar niet anders vermeld is, werden de amalgamen bereid door samenwrijven van afgewogen hoeveelheden tinvijsel — dat met behulp van een magneet ontijzerd was — en kwik. Het zoo verkregen amalgaampoeder werd onder eenzijdige druk, varierende tusschen 500 en 200 kg/cm<sup>2</sup>, homogeen gemaakt. Alleen bij de op andere wijze verkregen amalgamen moest het tingehalte analytisch bepaald worden.

In de 2e kolom van Tabel VI zijn vermeld de volgnummers van de amalgamen, overeenkomend met de nummers van de curven in fig. 25. Deze curven geven dus de volumeverandering in verband met de tijd aan voor verschillende amalgamen, waarvan het eindvolume in Tabel VI, 3e kolom, is aangegeven. In kolom 4 zijn ondergebracht het beginvolume per gram van het desbetreffend amalgaam. In kolom 4a zijn deze waarden berekend onder gebruikmaking van de bekende specifieke volumina van tinvijsel en van vloeibaar kwik. Wij vonden voor vijsel van het door ons gebruikte Banka-tin, in 3 geheel afzonderlijke bepalingen:

$$\begin{aligned} \text{S.V.} \quad \begin{matrix} 35^{\circ} 75 \\ 4^{\circ} 00 \end{matrix} &= 0.13763 \\ &= 0.13753 \\ &= 0.13753 \end{aligned}$$

$$\text{Gemiddelde waarde} \quad = 0.1375^6$$

Voor het specifiek volume van vloeibaar kwik zie pag. 55.

In kolom 4b zijn de waarden van de beginvolumina der amalgamen berekend onder gebruikmaking van het specifiek volume van vijsel van geperst of gewalst tin, waarop wij hieronder uitvoerig zullen terugkomen.

In kolom 5 zijn ondergebracht de waarden voor het theoretische eindvolume per gram, in de veronderstelling, dat de amalgamen bestaan uit vaste oplossing van tin en kwik, of uit een

TABEL VI.

Kwikgeh. in %	Nummer	Bepaald S.V. $35^{\circ} 75$ $4^{\circ} 00$	a		b		Berekend S.V. $35^{\circ} 75$ $4^{\circ} 00$ in eind- toestand	Opmerkingen.
			Theor. beginvo- lume per gram					
1	2	3	4	5	5	6		
13.0		0.1295 <sup>o</sup>	0.1293	0.1284	0.1289		Gehomogeniseerd bij 1500 kg/cm <sup>2</sup> druk.	
15.0		0.1266			0.1275			
16.0		0.1273	0.1274	0.1265	0.1269		id.	
16.1		0.1272	0.1274	0.1265	0.1269		id.	
17.0		0.1255			0.1268			
18.0		0.1252 <sup>s</sup>			0.1256			
19.0		0.1248 <sup>o</sup>			0.1249			
20.0		0.1239	0.1249	0.1240	0.1242		id.	
20.0		0.1230	0.1249	0.1240	0.1242		id.	
20.0		0.1239 <sup>s</sup>	0.1249	0.1241	0.1242		Homogeen gemaakt door een druk van 500 kg/cm <sup>2</sup> . Daarna dadelijk gepoederd en S. V. be- paald.	
20.0	62	0.1247 <sup>s</sup>	0.1249	0.1241	0.1242		Homogeen gemaakt door druk van 500 kg- cm <sup>2</sup> . Na 13 dagen ge- poederd en S. V. be- paald.	
20.0	63	0.1241 <sup>7</sup>	0.1249	0.1241	0.1242		id.	
20.0	64	0.1241 <sup>1</sup>	0.1249	0.1241	0.1242		Gehomogeniseerd door druk van 1500 kg/cm <sup>2</sup> . Gemaakt uit tinvijsel, afkomstig van een tin- blokje, dat 5 min. ge- perst werd bij 500 kg/ cm <sup>2</sup> druk.	
20.0	71	0.1248 <sup>9</sup>		0.1242	0.1242		10 g. gewalst tinblad gewreven met 10 g kwik tot plastische mas- sa. Kwik uitgeperst bij druk van 1000 kg cm <sup>2</sup> .	
20.6	61	0.1243 <sup>s</sup>	0.1245	0.1238				
22.0		0.1224	0.1236	0.1227	0.1229			
22.0		0.1228	0.1236	0.1227	0.1229			
22.0	68	0.1237 <sup>7</sup>	0.1236	0.1230	0.1229		Homogeen gemaakt bij 500 kg/cm <sup>2</sup> . Gemaakt uit tinvijsel, afkomstig van een ge- perst tinblokje (S. V. 0.1370).	
22.0	72	0.1231		0.1231			Gemaakt als amalg. 61 (met 20.6 % Hg), maar het kwik uitgeperst bij een druk van 50 kg/cm <sup>2</sup> .	
28.7	60	0.1191 <sup>s</sup>	0.1194	0.1188	0.1185			
60.0		0.0989 <sup>s</sup>						



mechanisch mengsel van het verzadigde mengkristal en vloeibaar kwik.

De specifieke volumina van de vaste oplossingen zijn additief berekend uit de specifieke volumina bij 35°.75 C. van tinvijsel en „vast” kwik <sup>1)</sup>. Voor deze laatste waarde berekenden wij, onder gebruikmaking van de door LANDOLT—BÖRNSTEIN (88) vermelde waarden voor de densiteit en uitzettingscoëfficiënt van vast kwik:

$$\text{S.V. } \frac{36^{\circ} 00}{4^{\circ} 00} = 0.070^9$$

Uit de tabel blijkt, dat de reproduceerbaarheid van het specifiek volume van op analoge wijze bereide amalgamen niet zeer bevredigend is. Het was ons dan ook niet mogelijk op grond van deze bepalingen tot een bepaald verband tusschen specifiek volume en concentratie te besluiten. Onze bepalingen geven geen afdoende zekerheid, om een conclusie te rechtvaardigen betreffende de samenstelling van de vaste phase bij 35°.75 C. in de onderzochte tinamalgamen.

Een afwijking tusschen het berekende en bepaalde eindvolume van de grootte, zoals TAMMANN en DAHL deze vinden, is door ons niet geconstateerd. De afwijking bedraagt gemiddeld pl.m. 0.4 %. Al is de overeenstemming niet fraai te noemen, toch wijst het onderzoek er op, dat inderdaad in de onderzochte tinamalgamen geen chemische verbinding tusschen beide metalen optreedt.

Vergelijkt men de berekende beginvolumina per gram, ondergebracht in kolom 4a, met de gevonden specifieke volumina in eindtoestand, dan zijn de eerste steeds hoger dan de laatste. Men zou dus kunnen verwachten, dat deze tinamalgaam bij dilatometrisch onderzoek een contractie vertoonen. De uitkomsten van TAMMANN en DAHL (141) en van GRAY (56) spreken dit echter tegen, daar zij juist expansies constateerden.

De meening van TAMMANN, dat in tinamalgamen veel poriën zouden voorkomen, is zooals ook wel te verwachten was, onjuist:

	I	II
Spec. vol van een tinamalgaam, bepaald aan blokje	0.12962	0.1239
Spec. vol. van dit tinamalgaam, bepaald aan poeder	0.12950	0.1239

Wij stelden daarom een onderzoek in naar de volumeverande-

<sup>1)</sup> Cf. pag. 437.

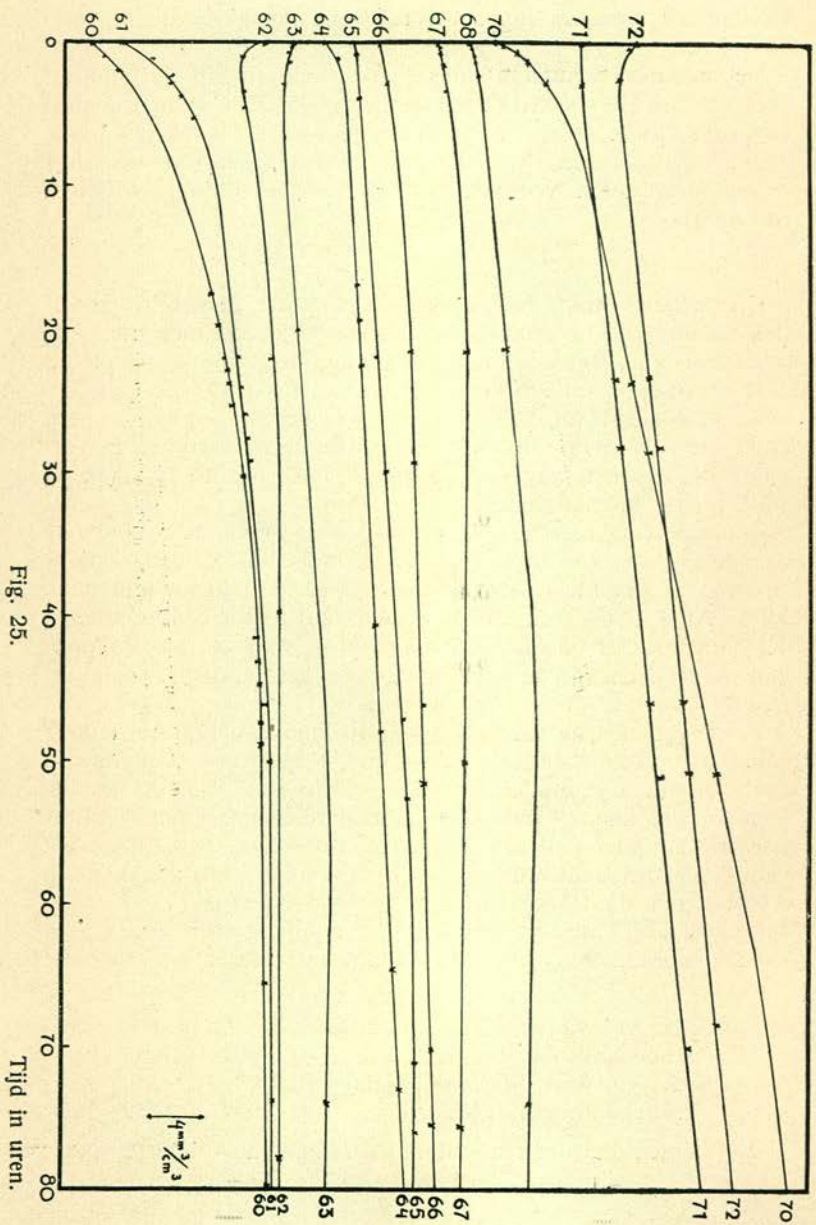


Fig. 25.

Tijd in uren.



ringen in tinamalgamen optredend, en begonnen met de proeven van TAMMANN en DAHL en van GRAY te herhalen:

Een staaf Banka-tin (diameter 8.12 mm) werd gewalst tot blik van 0.11 mm dikte en dit blik in kleine stukjes geknipt. Dit

TABEL VIIA (vgl. fig. 25).

Num- mer van het amal- gaam	Volumeverandering in mm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> na									
	2 h	4 h	6 h	10 h	20 h	30 h	40 h	50 h	80 h	10 dagen
60	+1.8	+3.2	+4.3	+6.0	+8.6	+10.4	+11.7	+11.8	+12.4	+13.2
61	+2.6	+4.2	+5.4	+6.4	+7.9	+8.8	+9.9	+10.4	+10.7	+12.2
62	-1.6	-1.5	-1.2	-0.5	+0.4	+0.9	+1.1	+1.2	+1.2	
63	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	+0.2	+1.1	+1.8	+2.4	+2.5	
64	+1.2	+1.6	+1.7	+2.0	+2.4	+3.1	+3.7	+4.2	+6.2	+9.4
65	+0.3	+0.5	+0.6	+0.9	+1.6	+2.4	+3.1	+3.8	+4.8	+6.8
66	+0.4	+0.6	+1.0	+1.5	+2.0	+2.3	+2.5	+3.2	+4.0	+4.8
67	+0.4	+0.6	+0.9	+1.6	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+2.0	+1.8
68	+0.5	+1.0	+1.2	+1.6	+2.6	+3.8	+4.4	+4.6	+4.8	+8.8
70	+2.8	+4.2	+5.4	+6.4	+8.8	+10.8	+13.2	+15.6	+20.4	
71	+0.0	+0.1	+0.3	+0.9	+2.0	+3.1	+4.2	+5.3	+8.5	
72	-1.0	-1.2	-1.1	-0.6	+0.4	+1.6	+2.4	+3.7	+10.4	

TABEL VII.

B		C	
Tijd na bereiding	Volume per gram	Tijd na bereiding	Volume per gram
1 h	0.12226	1 h	0.12401
2 „	0.12233	3 „	0.12447
4 „	0.12249	20 „	0.12492
6 „	0.12270	24 „	0.12492
24 „	0.12305	146 „	0.12533
149 „	0.12318		
Expansie na 149 uur 7.52 mm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>		Expansie na 146 uur 10.6 mm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	

gewalste bladtin werd met een gelijke gewichtshoeveelheid kwik in een mortier samengewreven tot een breiachtige massa ontstond, waarin de oorspronkelijke tindeeltjes niet meer te onderscheiden waren. De massa werd in de stalen ring van fig. 2A gegoten en op het amalgaam gedurende 3 min een druk van 50 kg/cm<sup>2</sup> uitgeoefend. Het uitgeperste kwik werd verwijderd, en het amalgaam uit de ring gestooten. Het bleek na deze bewerkingen te bevatten 71.3 % tin en 28.7 % kwik (zie Tabel VI onder no. 60). De resultaten van het dilatometrisch onderzoek van dit amalgaam zijn weergegeven als No. 60 van Tabel VII A en fig. 25.

Ter contrôle werd een amalgaam, eveneens op deze wijze bereid, na het uitpersen in een pyknometer geplaatst en het volume van dit blokje (pl.m. 1.6 cm<sup>3</sup>) op verschillende tijden bepaald.

De uitkomsten geeft tabel VII B.

In beide gevallen is dus een expansie te constateeren. In kwalitatieve zin zijn de uitkomsten van TAMMANN dus bevestigd.

GRAY (56) werkte op analoge wijze als TAMMANN en DAHL, maar gebruikte grotere druk. Wij bereidden een amalgaam als no. 60, maar persten het kwik uit gedurende 3 minuten bij een druk van 100 kg/cm<sup>2</sup>. Het kwikgehalte was, zooals analytisch kon worden vastgesteld, gedaald tot 20.6 % (zie Tabel VI onder no. 61). Het verband tusschen expansie en tijd geeft curve 61 van fig. 25. Na 118 uur is de expansie 1.22 %.



De lineaire expansie van 0.3 %, door GRAY <sup>1)</sup> gevonden bij een amalgaam met 21.4 % kwik, beantwoordt aan een expansie van pl.m. 9 mm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Wij vinden in ons geval na 24 h 15 min een expansie van 8.3 mm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

Ter contrôle werd het volume van een op analoge wijze bereid amalgaamblokje in de pyknometer op verschillende tijdstippen na de bereiding bepaald. De uitkomsten geeft Tabel VII C.

Het schijnt dus wel zeker te zijn, dat blokjes tinamalgaam bereid met overmaat kwik na het uitpersen van het overtollige kwik vrij sterk expandeeren. Uit het verschil tusschen berekend beginvolume en bepaald eindvolume per gram zou echter, zooals reeds gezegd, tot een contractie te besluiten zijn. Om deze tegenspraak tot oplossing te brengen, gingen wij allereerst na of het berekende beginvolume wel juist was. Het was toch mogelijk, dat de densiteit van het tin door het walsen veranderd was, daar SPRING (134) reeds had geconstateerd, dat door compressie de densiteit van tin van 7.286 stijgt tot 7.296.

Voor het specifiek volume van gevijld Banka-tin vonden wij de boven reeds vermelde waarde

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^{\circ} 75 \\ 4^{\circ} 00 \end{matrix} = 0.1375^6$$

Het gewalste bladtin daartegen had een

$$\text{S.V. } \begin{matrix} 35^{\circ} 75 \\ 4^{\circ} 00 \end{matrix} = 0.1367^5$$

Dit belangrijke verschil maakte de uitkomst onzer berekening van het beginvolume, onder gebruikmaking van de eerste waarde voor het specifieke volume van tin, geheel fictief. Berekent men het beginvolume met behulp van de tweede waarde, dan krijgt men een belangrijk lagere uitkomst, die voor de amalgamen, uit gewalst bladtin bereid, in kolom 4b van Tabel VI is ingevuld.

Bij de amalgamen 60 en 61 zouden nu expansies van resp. 0.3 en 0.6 % begrijpelijk zijn. De geconstateerde expansies zijn echter veel grooter, zoodat deze verklaring niet toereikend is.

Ter nadere bestudeering werd 10 g gewalst bladtin saamgeveven met 15 g kwik en de verkregen amalgaambrei *zonder eenige verdere bewerking* in een pyknometer gegoten en het specifiek volume bepaald.

<sup>1)</sup> Cf. pag. 436.

Samenstelling: 60 % Hg en 40.0 % Sn:

S.V.	$35^{\circ} 75$ $4^{\circ} 00$	1 h	na bereiding	= 0.09897 <sup>2</sup>
		2	„ „ „	= 0.09899 <sup>6</sup>
		20	„ „ „	= 0.09898 <sup>8</sup>
		26	„ „ „	= 0.09897 <sup>0</sup>

De in dit amalgaam optredende volumeveranderingen zijn dus uiterst gering.

Dilatometrisch vonden wij bij een dergelijk amalgaam:

Na	1 h	een expansie van	0.00 %
„	1 h 30 min.	„ „ „	0.00 <sup>6</sup> %
„	2 h 10	„ „ „	0.00 <sup>8</sup> %
„	18 h	„ „ „	0.02 %
„	25 h	„ „ „	0.03 %

Ook hier slechts een zeer geringe verandering (expansie).

Het uitpersen van het overtollige kwik onder druk is dus niet eenvoudig op te vatten als het verwijderen van een deel der vloeibare phase, maar schijnt een essentieele beteekenis te hebben, waarover hieronder nader.

Een merkbare invloed van de grootte van de druk op de optredende volumeveranderingen is door ons niet geconstateerd.

Wij onderzochten eveneens de volumeveranderingen van tin-amalgamen, bereid door samenwrijven van tinvijsel met weinig kwik en homogeniseeren onder druk.

Uit 2.601 g kwik en 17.400 g tinvijsel werd, onder gebruikmaking van een druk van 1500 kg/cm<sup>2</sup> gedurende 5 minuten, een amalgaam bereid met 13.0 % kwik. Het verloop van de volumeveranderingen in het amalgaamblokje geeft curve 66 (fig. 25). Na 142 uur bedraagt de volumevergrooting 4.7 mm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. (Zie tabel VII A).

Uit 2.000 g kwik en 8.000 g tinvijsel een amalgaam, dat 1 minuut aan een éézijdige druk van 500 kg/cm<sup>2</sup> onderworpen werd. Curve 62 (fig. 25) en Tabel VI en VII A. In de eerste uren na de bereiding treedt een zwakke contractie op, die geleidelijk overgaat in een zwakke expansie.

Curve 63 geeft een analoog verloop voor een op gelijke wijze bereid amalgaam.

Een amalgaam eveneens bereid uit kwik en tinvijsel in de gewichtsverhouding <sup>2</sup>/<sub>s</sub>, maar geperst onder een druk van 1500 kg/cm<sup>2</sup> gedurende 3 minuten, waarbij een weinig vloeibaar kwik naar buiten trad, vertoont echter een veel sterkere expansie. Curve 64 (fig. 25), Tabel VI en VII A.



Een zelfde beeld biedt een op gelijke wijze bereid amalgaam no. 65.

Een amalgaam bevattend 22.0 % kwik, bereid onder een druk van 200 kg/cm<sup>2</sup> gedurende 1 minuut, waarbij *geen* vloeibare fase naar buiten trad, vertoont slechts een zwakke expansie. (No. 67. fig. 25 en Tabel VII A).

Een dergelijk amalgaam, gehomogeniseerd onder 500 kg/cm<sup>2</sup> druk gedurende 5 minuten, waarbij wel vloeibare fase naar buiten trad, vertoont een veel sterkere expansie: No. 68 (fig. 25), Tabel VI en VII A.

Uit de vergelijking van de kolommen 3 en 4a van Tabel VI volgt, dat men bij de verschillende hier besproken amalgamen een zwakke contractie zou moeten verwachten, terwijl men meestal een expansie constateert. Ook hier meenden wij deze controversen te kunnen oplossen door aan te nemen, dat onder invloed van de uitgeoefende drukken de densiteit van het tin verandert.

Voor vijsel van Banka-tin vonden wij:

$$\text{S.V. } \frac{35^{\circ} 75}{4^{\circ} 00} = 0.1375^6$$

Dit vijsel werd in een stalen vorm gebracht, waarin een stalen stempel paste en hierop een druk van 2500 kg/cm<sup>2</sup> uitgeoefend. Na opheffing van de druk bleek het vijsel zich tot een tinblokje vereenigd te hebben; microscopisch waren geen begrenzingen der deeltjes meer te onderscheiden. Uit deze proef, die overeenkomt met de door SPRING (134) uitgevoerde experimenten, volgt dat onder de aangewende druk het tin in een plastische toestand geraakt en samenvloeit.

De op deze manier verkregen tinblokjes werden tot fijne deeltjes afgeschaafd en het specifiek volume van dit vijsel bepaald. Eventuele veranderingen, in het specifiek volume optredend door de uitgeoefende druk kunnen dus niet aan het dichtdrukken van poriën e.d. te wijten zijn, daar het specifiek volume vóór en na het drukken aan fijn verdeeld materiaal is bepaald.

Tinvijsel gedurende 2 minuten onderworpen aan een druk van 2500 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{S.V. } \frac{35^{\circ} 75}{4^{\circ} 00} \text{ van het verkregen blokje } 0.1366.$$

Uit dit blokje vijsel:

$$\text{S.V. } \frac{35^{\circ} 75}{4^{\circ} 00} = 0.1365$$

Gedurende 2 minuten onder druk van 2000 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Blokje S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1370 \\ \text{Vijlsel } 4^{\circ} 00' = 0.1370 \end{array} \right.$$

Gedurende 2 minuten onder druk van 1500 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{Vijlsel S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1365 \\ 4^{\circ} 00'$$

Gedurende 2 minuten onder druk van 1000 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{Vijlsel S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1366 \\ 4^{\circ} 00'$$

Er treedt dus duidelijk een verlagings van het specifiek volume op, die zelfs tot pl.m. 0.9 % kan bedragen. Een bepaalde invloed van de druk op het nieuwe specifiek volume valt niet te constateeren.

Gedurende 5 minuten onderworpen aan druk van 500 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{Vijlsel S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1368^4 \\ 4^{\circ} 00'$$

Gedurende 5 minuten onderworpen aan druk van 500 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{Vijlsel S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1368^4 \\ 4^{\circ} 00'$$

Gedurende 35 minuten onderworpen aan druk van 500 kg/cm<sup>2</sup>:

$$\text{Vijlsel S.V. } 35^{\circ} 75' = 0.1370 \\ 4^{\circ} 00'$$

In kolom 4 b van Tabel VI zijn de beginvolumina per gram van de aan druk onderworpen amalgamen berekend onder gebruikmaking van het specifiek volume van geperst tin, dat wij aannamen als 0.1366. Deze beginvolumina zijn lager dan de bepaalde specifieke volumina in eindtoestand, zoodat dan ook hier de optredende volumeveranderingen niet op tegenstrijdigheden stuiten.

Dilatometrische waarneming leerde, dat de door persing verkregen tinblokjes geen vergrooing van het volume vertoonden bij langdurig verblijf op 35°.75 C.

Het vijlsel van de geperste tinblokjes werd eveneens tot amalgaam verwerkt:

Vijlsel van een specifiek volume 0.1366 werd met een gelijke gewichtshoeveelheid kwik geamalgameerd en het overtollige kwik onder 50 kg/cm<sup>2</sup> druk uitgeperst. Curve 70 (fig. 25) geeft de volumeverandering weer. Na 117 uur is de expansie tot 24.2 mm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>. Vergelijk no. 60 in Tabel VII A en pag. 73.

No. 71 geldt voor een amalgaam met 20.0 % kwik (zie Tabel VI en VII A), bereid uit vijlsel met specifiek volume 0.1368, onder gebruikmaking van een druk van 500 kg/cm<sup>2</sup> gedurende 5 minuten. Ook hier een vrij sterke expansie, na 117 uur 10.1 mm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.



No. 72 (zie Tabel VI en VIIA) is van een amalgaam met 22.0 % kwik, bereid uit vijfel met specifiek volume 0.1370. Expansie na 117 uur gestegen tot  $8.8 \text{ mm}^3/\text{cm}^3$  na aanvankelijke zwakke contractie.

Volledigheidshalve herhaalden wij een gedeelte der onderzoeken van C. KÖLLER <sup>1)</sup>. Daartoe smolten wij 14.060 g tin met 5.940 g kwik samen in een reageerbuis in een oliebad onder stikstofstroom. De homogene smelt goten wij uit in koude paraffineolie. Een dergelijk amalgaam met 29.7 % kwik ( $\text{HgSn}_4$ ) moet na deze voorbehandeling volgens KÖLLER bij  $35^\circ \text{ C}$ . een voortdurende contractie vertoonen. De door ons waargenomen volumeverandering geeft Tabel VIII, waaruit blijkt, dat het volume vrijwel constant blijft.

TABEL VIII.

Tijd	Volumeverandering in $\text{mm}^3/\text{cm}^3$
2 h 30 min	— 0.03
3 „ 35 „	— 0.03
21 „	— 0.13
45 „	— 0.14
70 „	— 0.13
144 „	— 0.18

### C. Poging tot interpretatie van de resultaten.

Zowel het wegpersen van het overtollige kwik als het homogeniseeren der amalgamen geschiedde onder gebruikmaking van een niet-uniforme druk.

BAKHUIS ROOZEBOOM (4) bespreekt reeds in zijn bekend leerboek de invloed van een dergelijke druk op het smeltpunt en leidt een eenvoudige betrekking af tusschen de smeltpuntsverandering door uniforme druk en de smeltpuntsdaling door een druk, die alleen op de vaste phase werkt.

<sup>1)</sup> Cf. pag. 436.

JOHNSTON (72) heeft dit nader uitgewerkt en komt tot de formule:

$$\phi = 95.1 Q_1 D_1 \log \frac{T_1}{\theta}$$

waarin voorstelt

$\phi$  de druk in at, werkend op de vaste phase

$T_1$  het gewone smeltpunt bij 1 at druk

$\theta$  het smeltpunt van de vaste phase, onder de eenzijdige druk  $\phi$

$Q_1$  smeltwarmte per gram

$D_1$  densiteit der vaste phase bij  $T_1$ .

JOHNSTON berekende met behulp van deze formule, dat tin onder een niet-uniforme druk van 2200 at bij 27° C. moet „smelten.” Het is daarom begrijpelijk, dat het tinvijsel onder de uitgeoefende druk samensmolt tot een massief blokje.

JOHNSTON en ADAMS (75) zijn verder op grond van zeer exacte densiteitsbepalingen tot de conclusie gekomen, dat niet-uniforme deformatie de dichtheid van metalen beïnvloedt op dezelfde wijze als een smelting dat zou doen.

Geeft ons deze opvatting een verklaring van de bij tin waargenomen verandering van het specifiek volume door niet-uniforme persing?

Uit de klassieke onderzoeken van COHEN c.s. (28) is gebleken, dat tin in verschillende modificaties kan voorkomen. Behalve het grauwe tin en het bij gemiddelde temperatuur stabiele gewone witte tin, bestaan er nog aanwijzingen voor het bestaan van een rhombische modificatie van het witte tin, stabiel in het temperatuursgebied boven pl.m. 160° C.

Reeds TRECHMANN (150) beschreef deze vorm, die een veel kleinere densiteit zou bezitten dan de gewone tetragonale modificatie. Een nieuw onderzoek van SPENCER (133) toonde wel aan, dat TRECHMANN waarschijnlijk kristallen van rhombisch tinsulfide met tinkristallen verwisseld heeft, maar DEGENS (31) vond langs dilatometrische weg bij 161° C. een overgangspunt, waarbij bleek, dat de boven 161° C. stabiele (rhombische) modificatie een groot specifiek volume bezit dan het bij gewone temperatuur stabiele tetragonale tin. Ook WERNER (158) komt tot een soortgelijke uitkomst, zoodat het bestaan van een rhombische modificatie met groot specifiek volume zeker schijnt te zijn. Het niet direct kunnen constateeren van een kristallografische verandering bij pl.m. 160° C. behoeft hier niet tegen te pleiten, zooals MÜGGE (106) meent.



Men zou nu kunnen verwachten, dat het tinvijsel, via de vloeibare phase, een verandering van allotrope vorm ondergaat. Verkleining van het specifiek volume, zooals wij dit vonden, zou veroorzaakt kunnen worden door een overgang rh.  $\rightarrow$  tetrag. of grauw  $\rightarrow$  wit (tetrag). Nu liggen geen dezer overgangen voor de hand, daar ten eerste het gewone tinvijsel blijkens de onderzoekingen van COHEN (26) grootendeels bestaat uit wit tetragonaal tin en het bovendien meer aannemelijk zou zijn, dat bij het vast worden van de weggeperste vloeibare phase de niet-stabiele, rhombische vorm met grooter specifiek volume zou ontstaan. Daar wij echter experimenteel vaststelden, dat door druk het specifiek volume verlaagd wordt tot een constant blijvende waarde, geeft deze beschouwingwijze ons geen verklaring van de feiten.

Prof. KRUYT maakte ons er opmerkzaam op, dat in de afleidingen van BAKHUIS ROOZEBOOM en JOHNSTON verondersteld wordt, dat de fasen, ondanks de niet-uniforme druk, met elkaar in evenwicht zijn, doch dat zulks in werkelijkheid niet het geval behoeft te zijn. Dat er in de afleiding van de invloed van eenzijdige druk op het smeltpunt onjuistheden moeten schuilen, constateert men bij het toepassen van het theorema op binaire systemen. JOHNSTON (72) toonde aan, dat de rangschikking der metalen volgens opklimmende smeltdruk (uit de formule) identiek is met die volgens de door KURNAKOW en ZEMCZUZY (86) bepaalde opklimmende vloedruk. Men zou nu verwachten, dat binaire legeringen, opgebouwd uit een mechanisch mengsel van de beide componenten, een vloedruk moeten hebben, die onafhankelijk is van de concentraties. Immers al deze legeringen bevatten een eutektikum, dat door zijn laag, scherp smeltpunt gekarakteriseerd is en dat dus bij geringe druk zal beginnen te vloeien. KURNAKOW c.s. (87) vindt echter in dit geval een lineair verband tusschen vloedruk en concentratie.

Terwijl het theorema van de eenzijdige druk ons reeds in de steek laat voor een verklaring van de bij zuiver tin waargenomen verschijnselen, is het zeker niet zonder meer toe te passen op binaire systemen, alhoewel het voor de hand ligt aan te nemen, dat onze tinamalgamen met pl.m. 20 % kwik bij de door ons aangewende drukken plastisch zijn geworden.

Beschouwen wij nu de inwerking van kwik op tin, dan valt allereerst op te merken, dat het kwik, als oplosmiddel werkend, de omzetting tot de stabiele phase moet bevorderen. Het nog aanwezige rhombische tin zal in de tetragonale vorm worden

omgezet onder volumeverkleining. De vorming van het mengkristal moet, zoals op pag. 68 werd uiteengezet, onder volumeverkleining verlopen, zoodat wij goede grond hebben aan te nemen, dat de inwerking van kwik op tin onder zwakke contractie verloopt. Bij gebruik van veel kwik zal deze reactie spoedig afgelopen zijn, zoodat het begrijpelijk is, dat tin met veel kwik aangemaakt geen bijzondere volumeverandering vertoont<sup>1)</sup>.

De amalgamen 62, 63, 71 en 72 (fig. 25 en tabel VII A) doen zien, dat deze contractie soms nog eenige uren na de bereiding blijft voortgaan, speciaal indien bij gebruik van geringe persdruk en weinig kwik de amalgamatie niet krachtig is verlopen.

Het optreden na eenige tijd, of reeds dadelijk na de bereiding, van een expansie, speciaal wanneer door krachtige druk de vloeibare phase door het blokje is geperst, is echter niet eenvoudig te verklaren.

Gebruik maken van eenzijdige druk schijnt essentieel te zijn voor het optreden van de expansie<sup>2)</sup>, die nog versterkt kan worden door uit te gaan van tin, waarvan door persing het specifiek volume verlaagd is.<sup>3)</sup> Toepassing van het theorema van de niet-uniforme druk is hier aan sterke bedenking onderhevig, omdat reeds door de betrekkelijk lage druk van 50 kg/cm<sup>2</sup> (bij TAMMANN zelfs van 35 kg/cm<sup>2</sup>) een expansie schijnt te worden opgewekt.

Een behoorlijke interpretatie van de bij het amalgameeren van tin waargenomen verschijnselen is ons dus niet gelukt. Nader onderzoek in deze materie lijkt ons daarom gewenscht.

---

1) Cf. pag. 444.

2) Cf. pag. 444 en 445.

3) Cf. pag. 446.