

De smeltpunten van goud- zilver- koper-legeeringen.

Het aantal recepten voor goud-plaat en voor goud-soldeer, dat in onze tandheelkundige literatuur voorkomt, werkt op dengene, die van de meest gebruikte soorten zich op de hoogte wenscht te stellen, eenigermate verwarrend en ontmoedigend tevens.

Reeds dadelijk evenwel zij op den voorgrond gesteld, dat, door omrekening van muntgoud enz. tot de zuivere bestanddeelen en door herleiden van de verschillende verhoudingssystemen tot het decimale stelsel, dit aantal aanzienlijk verkleind kan worden. Verreweg de meesten blijken dan reeds in Richardson: „*Mechanical Dentistry.*” of in Essig: „*Dental Metallurgy*” voor te komen. Een twintigtal zijn in tabel I van dit opstel opgenomen met vermelding van één plaats van herkomst, waarmee dus niet gezegd is, dat men ze ergens anders niet tevens zou kunnen vinden, en ook over de „prioriteit” niets beslist wordt. Deze twintig bestaan uitsluitend uit goud, zilver en koper, zooals bijna al ons werkgoud, als hoedanig zij dan ook bedoeld zijn. Ondanks deze reductie in aantal kan men echter van eenig systeem in de receptuur niet spreken. Nog al te zeer draagt onze metallurgie den stempel van haren oorsprong: den goudsmidswinkel.

In het volgende willen wij trachten, uitgaande van louter theoretische kennis, een helderder overzicht te geven over de in de tandheelkunde gebruikte goudlegeeringen. In eersten aanleg zullen we ons daartoe hoofdzakelijk bepalen tot eene beschouwing over de smeltpunten der verschillende soorten van werkgoud en van soldeer. Ter wille van den

logischen opzet meenen wij met de meest elementaire zaken te moeten beginnen.

Wij hopen, dat zij, voor wie dit overbodig zou zijn, ons het niet ten kwade zullen duiden.

Onder het smeltpunt van een metaal of legering willen we verstaan: de temperatuur, waarop het materiaal *volkomen* gesmolten is. Volgens bepaalde methodes, die we hier niet nader zullen bespreken, is het mogelijk deze temperatuur met een vrij groote graad van nauwkeurigheid vast te stellen. Voor zuiver goud bepaalde men haar op 1063° C., voor zuiver zilver op 961° C. en voor mengsels van goud en zilver op een temperatuur in onderstaand staatje aangegeven:

Au.	Ag.	Smeltpunt.
90 deelen	10 deelen	± 1057 C°.
80 „	20 „	1050
70 „	30 „	1042
60 „	40 „	1033
50 „	50 „	1023
40 „	60 „	1012
30 „	70 „	1000
20 „	80 „	987
10 „	90 „	974

Hetzelfde nu, wat in dit staatje is opgeteekend, kan men ook in eene teekening weergeven. Daartoe verdeele men een horizontale lijn in 10 gelijke deelen. Als het eene einde der lijn zuiver goud aangeeft, en het andere zuiver zilver, dan zal bijv. van links naar rechts, het deelpunt *a* 90 % goud + 10 % zilver, deelpunt *b* 80 % goud + 20 % zilver kunnen voorstellen enz. Elk punt van deze horizontale lijn duidt aldus eene goud-zilver legering van bepaalde samenstelling aan; zoo'n punt noemt men concentratiepunt.

Het smeltpunt van de zuivere metalen en van de tusschengelegen legeringen kunnen we eveneens door een lijn van bepaalde lengte aangeven, door b.v. aan te nemen, dat elke

100 C° zal worden voorgesteld door 1 c.M. Deze, dus de smeltpunten voorstellende stukken lijn plaatsen we loodrecht op de horizontale lijn, en wel elk van hen met het de samenstelling der bijbehorende legering aangevende punt als voetpunt.

Door vereeniging der bovineinden van deze opstaande stukken ontstaat een nieuwe lijn, die ons thans van links naar rechts het verloop der smeltpunten aangeeft van eene serie goud-zilver legeringen, waarvan elke volgende telkens 10 % goud minder en dus 10 % zilver méér bevat dan hare voorganger.

Het regelmatig verloop dezer zgn. *smellijn* brengt ons tot de veronderstelling, dat het smeltpunt eener legering van b.v. 75 % Au wel overeen zal komen met de temperatuur, welke wordt voorgesteld door de bij deze legering behorende loodlijn, van het hare samenstelling aangevende punt tot de smeltlijn. De ervaring leert ons, dat, als we eerst van een voldoende aantal legeringen het smeltpunt hebben bepaald, wij inderdaad uit de figuur de temperaturen af kunnen lezen, waarop goud-zilver legeringen van willekeurige samenstelling (concentratie) smelten. Daarom noemt men deze figuur (diagram), waarin dus elke concentratie met bijbehorende (smelt-) temperatuur te vinden is, het *concentratie-temperatuur-diagram*, of afgekort het *c. t. diagram* van goud-zilver. (fig. 1; voorloopig niet letten op de stippellijnen).

Volkomen op dezelfde wijze als hier geschied is, kan men natuurlijk het c. t. diagram vaststellen voor koper-goud en voor zilver-koper. (fig. 2 en 3).

Uit den vorm der smeltlijn in fig. 2 is te zien, dat verlaging van keraat niet steeds verlaging van smeltpunt ten gevolge behoeft te hebben. Het laagste smeltpunt bezit eene legering van goud en koper, welke 82 % goud bevat.

De gevolgde voorstellingswijze, die inderdaad ons een veel gemakkelijker overzicht geeft dan ooit een staat van cijfers zou kunnen doen, is evenwel alleen voldoende,

zoolang we te maken hebben met zgn. *binaire* legeringen, d.i. met combinaties van twee metalen. Zooals gezegd, bevat het in de tandheelkunde gebruikte werkgoud, behalve goud nog zilver en koper beiden. Wij hebben dus hier te doen met uit *drie componenten* samengestelde, met de zgn. *ternaire* legeringen.

Bij een binaire legering nu was het voldoende om het percentage van één der componenten op te geven teneinde de samenstelling der legering te kennen, omdat uit het percentage dier eene componente de bijbehorende hoeveelheid der tweede componente volgt. Deze grootheden zijn van elkaar afhankelijk. Verder hadden we in het binaire diagram voor elk percentage der componenten het smeltpunt aan te geven. De figuur diende dus om eigenlijk telkens slechts twee grootheden voor te stellen en de twee dimensies van het platte vlak boden ons hiertoe voldoende gelegenheid. Hoe thans voor eene ternaire legering eene voorstellingswijze te vinden, welke goed te overzien is?

Laten we aannemen, dat we te doen hebben met 100 gram eener legering, welke uit de drie componenten A, B en C is samengesteld. De verhouding tusschen A en B kunnen we dan, evenals voor een binair diagram weer aangeven op een horizontale lijn, (fig. 4) welke van eene schaalverdeeling voorzien is. De hoeveelheid C is evenwel hierop niet af te lezen. Om deze aan te geven bezigen we een in A opgerichte verticale lijn AC, met dezelfde schaalverdeeling als AB, en vereenigen bovendien B met C. Trekken we nu de elkaar in x snijdende lijnen ab en cd evenwijdig aan AB en aan AC, dan is volgens de planimetrie:

$$\begin{aligned} cx &= aA \\ \text{en } ax &= Ac. \end{aligned}$$

Door de ligging van punt x is dus zoowel aA, dit is de hoeveelheid der component C, als Ac, dit is de hoeveelheid der component B, bepaald. Waar de hoeveelheden van twee componenten bekend zijn, is natuurlijk de hoeveelheid der derde componente, welke de rest vormt, eveneens bekend.

In de figuur wordt zij op de schaal AC aangegeven door het stuk ae .

Omdat in driehoek ABC de beide rechthoekszijden gelijk zijn, is:

$$Ac = ax = ed = eC$$

Op schaal AC is:

	de hoeveelheid legering	=	AC
	„	„	B = eC
	„	„	C = aA
dus:	„	„	A = ae

Eveneens is op schaal AB

	de hoeveelheid B	=	Ac
	„	„	C = fB
	„	„	A = cf

en op schaal BC is, omdat in een driehoek lijnen evenwijdig aan de basis de opstaande zijden in evenredige stukken verdeelen, de hoeveelheid B = Cd

	„	„	C = bB
	„	„	A = db

Op deze manier zou het dus mogelijk zijn door een punt binnen een driehoek de samenstelling eener ternaire legering aan te geven. Feitelijk zou elke willekeurige driehoek voor dit doel bruikbaar zijn. Intusschen heeft reeds de driehoek ABC een hinderlijke onregelmatigheid, omdat slechts twee van de schalen onderling volkomen gelijk zijn. Om dit te verbeteren gebruikt men een *gelijkzijdige* driehoek. Bij haar zijn de drie schalen alle gelijk en gelijkwaardig. (fig. 5).

In fig. 5 wordt dus eveneens de hoeveelheid van elk der componenten bepaald door punt x. Tevens kunnen we nog eene vereenvoudiging invoeren door gebruik te maken van het feit, dat in een gelijkzijdige driehoek de som der afstanden van een willekeurig punt tot de drie zijden gelijk is aan de hoogte der driehoek, dus dat in fig. 5

$$h_1 + h_2 + h_3 = H.$$

Stellen we H gelijk aan de totale hoeveelheid der legering, dan zal bij beschouwing der figuur duidelijk zijn, dat van legering x

$$\begin{array}{l} \text{de hoeveelheid } C = h_1 \\ \text{,, ,, } B = h_2 \\ \text{,, ,, } A = h_3 \text{ is.} \end{array}$$

Omdat verder ab evenwijdig loopt aan AB , liggen natuurlijk alle punten van ab op een afstand h_1 van A ; dus alle legeringen, welke door een punt van ab worden aangegeven bevatten van component C eene hoeveelheid h_1 .

Eveneens bevatten alle legeringen op cd eene hoeveelheid h_2 van B en alle legeringen op gh eene hoeveelheid h_3 van A . Hieruit volgt tevens, dat de legeringen, die slechts A en B bevatten liggen op de zijde AB , die alleen A en C bevatten op de zijde AC en die alleen B en C bevatten op de zijde BC .

Thans moeten we nog gelegenheid vinden de smeltpunten aan te geven. Voor twee onderling onafhankelijke grootheden bezigden we reeds twee dimensies van het platte vlak.

Het ligt dus voor de hand, dat we voor deze derde grootheid het platte vlak zullen moeten verlaten en een voorstelling in de ruimte noodig zullen hebben. Hiertoe komt men het gemakkelijkst door zich de volgende ontstaanswijze te denken. De drie binaire diagrammen b.v. van de legeringen, die ons bezighouden $Au-Ag$, $Au-Cu$ en $Ag-Cu$ groepeerd men als in fig. 6. Laat dan het diagram $Au-Ag$ wentelen om de drie hoekszijde CB als as , totdat het vlak BC $Au-Ag$ loodrecht staat op het vlak ABC . Laat eveneens de diagrammen $Au-Cu$ en $Ag-Cu$ wentelen om AC en AB , totdat de vlakken, waarin zij geteekend zijn, loodrecht staan op het vlak van den driehoek ABC . Deze drie opstaande vlakken zullen dan de opstaande zijden vormen van een prisma met een gelijkzijdigen driehoek als grondvlak (fig. 7)

In deze aldus gevormde ruimte-figuur zijn de smeltpunten dus aangegeven van alle binaire legeringen, die men

uit Au, Ag en Cu zou kunnen vormen, omdat de smeltlijnen der drie mogelijke binaire combinaties erin voorkomen. Om nu het smeltpunt van een ternaire legering x te vinden redeneeren we aldus: wij kennen het smeltpunt van a en eveneens dat van b . (fig. 7); x ligt op de verbindingslijn tusschen a en b en verschilt van beiden slechts weinig in samenstelling (a , b en x bevatten alle drie 90% koper). Hoogst waarschijnlijk zal het smeltpunt van x , x^1 , dan ook liggen op de lijn, die de smeltpunten van a en b , dit zijn a^1 en b^1 , verbindt. Tusschen c en d in fig. 7 is evenwel het verschil véél grooter, van een tusschen hen liggende legering 9 kunnen we dan ook alleen het smeltpunt vaststellen door het experiment. Doen we dit eveneens van z , r , p , q , y en s dan bezitten we voldoende gegevens voor de verbindingslijn tusschen c^1 en d^1 . Na aldus nauwkeurig den vorm van een aantal verbindingslijnen te hebben vastgesteld, denken we ons een (gebogen) vlak door de drie binaire smeltlijnen en deze verbindingslijnen. Dit vlak is dan het (*ternaire*) *smeltvlak*.

Alle punten in dit vlak zijn dus smeltpunten van legeringen, terwijl punten, welke alle op gelijken afstand van het grondvlak liggen, dus in een vlak evenwijdig aan het grondvlak, dezelfde temperatuur aangeven. Alle legeringen, waarvan de smeltpunten in een zelfde vlak liggen, evenwijdig aan het grondvlak, hebben dus hetzelfde smeltpunt. Een dergelijke serie smeltpunten, die zoowel in een plat vlak liggen als in het smeltvlak, moeten dus liggen in de *snijlijn* dezer twee vlakken. De snijlijnen tusschen de boven beschreven horizontale temperatuurvlakken en het smeltvlak noemt men de *isothermen*.¹⁾

Met hen is het ternaire diagram eigenlijk volledig. Liet men het hierbij, dan zou evenwel steeds voor een ternair diagram een perspectivische figuur noodzakelijk zijn. Af-

¹⁾ De gegevens voor dit figuur zijn ontleend aan: „Das Ternäre System Gold-Silber-Kupfer” van Ernst Jänecke, (Metallurgie 1911).

gezien nog van andere bezwaren is zij reeds minder gewenscht, omdat nauwkeurige metingen er in niet direct of lastig te verrichten zijn. Om dit alles te ontgaan, projecteert men de isothermen op het grondvlak. Aldus ontstaat fig. 8. Hierin stelt dus elk punt eener isotherm eene legering voor, die smelt op de bij die isotherm vermelde temperatuur. Omgekeerd is het ook mogelijk om uit de figuur van elke willekeurige Au-Ag-Cu legering het smeltpunt met vrij groote nauwkeurigheid af te lezen.

Als men zich met deze graphische voorstellingswijze eenigszins vertrouwd heeft gemaakt, kan zij ons tot de volgende beschouwingen leiden, nadat we in fig. 8 de concentraties hebben geteekend van de in onderstaande tabel voorkomende goudsoorten.

GOUDPLAAT. (Tabel I)

N ^o .	Kar.	Au 0/00	Ag 0/00	Cu 0/00	Opmerkingen.	Opgave van
1	23	958	21	21		Hodgen ¹⁾ p. 280
2	22	916	8,4	75,6		Harris ²⁾
3	22	916	16,8	67,2		"
4	22	916	42	42		Hodgen p. 280
5	22	916	56	28	„extra zacht”	Schöne ³⁾
6	21,6	900	50	50	„kroongoud”	Hodgen p. 284
7	21	875	42	83		Essig ⁴⁾ p. 157 form. 7
8	20	833	16,7	150,3		Harris
9	20	833	33,4	133,6		"
10	20	833	83,5	83,5		Essig p. 157 form. 5
11	20	833	167	—		Schöne
12	19	792	84	124		Essig p. 157 form. 3
13	18	750	50	200		Harris
14	18	750	84	166		Essig p. 156 form. 1
15	18	750	100	150		Schöne
16	18	750	125	125		Hodgen
17	18	750	166	84		Essig p. 156 form. 2
18	18	750	250	—	„geel goud”	Schöne
19	16	666	134	200		"
20	14	583	278	139		"

¹⁾ Practical Dental Metallurgy 4e ed. 1912.

²⁾ Essayeur, Amsterdam.

³⁾ Dental Surgery, 11e uitgave.

⁴⁾ Dental Metallurgy, 6e uitgave.

Zooals bekend, wordt in de practijk het goudgehalte meestentijds opgegeven in karaten. Een goudsoort van x karaat bevat dan op de 24 deelen legering x deelen zuiver goud. Door opgave van het karaat alleen, wordt dus over den aard en de onderlinge verhouding der toevoegsels niets gezegd; de opgave is onvolledig. Door deze onvolledigheid kan een goudsoort van een zeker karaat in het ternaire diagram dan ook niet door een punt worden aangeduid, maar wordt hij aangegeven door een lijn, evenwijdig aan de Cu-Ag as; hier de basis van den driehoek. (Deze karaat-lijnen zijn in de figuur aangeduid). *Allegoudsoorten* van één zeker karaat, natuurlijk voorzoover zij uit Au, Ag en Cu kunnen worden gemaakt, zijn dus zonder uitzondering te vinden op de bijbehorende horizontale. De verhouding tusschen het koper en het zilver in een goudsoort, waarvan de samenstelling volledig bekend is, is dezelfde als die, waarin het concentratiepunt de horizontale verdeelt. Wordt ons van een goudsoort alléén het smeltpunt opgegeven, dan weten we van hare samenstelling niets, omdat het elke legering zou kunnen zijn, welker concentratiepunt op de met dit smeltpunt corresponderende isotherm ligt.

Geeft men ons echter het karaat en het smeltpunt aan, dan kunnen we vanaf 18 karaat tot zuiver goud de samenstelling in ons diagram aflezen. Is er b.v. gegeven 20 karaats goud, smeltende op 925° C, dan voldoet slechts ééne legering aan deze beide voorwaarden en wel No 10 van Tabel 1 en uit het diagram. Is het karaatgehalte echter lager dan 18, dan zijn er van hetzelfde karaat twee legeringen van hetzelfde smeltpunt te vinden. De concentratiepunten hiervan zijn de snijpunten van isotherm en karaatlijn.

Verder blijkt, in overeenkomst met wat we reeds bij de binaire diagrammen vonden, dat een daling in karaatgehalte volstrekt niet een daling van het smeltpunt tengevolge behoeft te hebben en allerminst een evenredige da-

ling. No 2 in onze figuur b.v. is 22 karaats en smelt bij $\pm 940^{\circ}$ C; No. 18 is 18 karaats en smelt bij $\pm 1040^{\circ}$ C. Op de verhouding tusschen concentratie-wijziging en smeltpunt-daling komen we echter nog terug bij de bespreking der soldeersoorten. Eindelijk is zeker wel het meest in het oog springende feit, dat er van 18 karaat en hooger wel haast alle combinaties in gebruik zijn, welke men zich kan denken, varieerende van goud met uitsluitend zilver tot soorten, waarin tegen 1 deel zilver 9 deelen koper aanwezig zijn.

Motiveering voor deze buitengewoon sterke differentiatie is in de litteratuur weinig te vinden. Bekend is, dat verhooging van het kopergehalte een legering van een bepaald karaat harder en veerkrachtiger maakt, terwijl verhooging van het relatieve zilveragehalte het smeltpunt doet stijgen, maar tevens een zachter materiaal als gevolg heeft. Zoekt men dus in ons diagram een bepaalde karaatlijn (18 of hooger), dan zal in het algemeen verschuiving van de concentratie naar links de hardheid, verschuiving naar rechts het smeltpunt en de ductiliteit verhoogen.

Nemen we nu aan, dat lager dan 18 karaats goud nooit in den mond gebruikt mag worden, dan wil het ons toch voorkomen, dat een zes- à zevental soorten plaatgoud méér dan voldoende zouden zijn om in elke tandheelkundige behoefte te voorzien. In verband met de keuze van een geschikt soldeer, waarover we thans gaan spreken, zou een algemeene *eenvoudige*, maar juiste codificatie zeer zeker gewenscht zijn.

Zoekt de practicus in zijne handboeken naar de samenstelling van een door hem te gebruiken soldeer, en wil hij niet op goed geluk af er een uitkiezen, maar zich inderdaad rekenschap geven van wat hij doet, dan wordt de keuze hem niet gemakkelijk gemaakt. Ten deele komt dit, doordat de vorm, waarin de samenstelling wordt opgegeven, nogal eens varieert. De een noemt inderdaad de hoeveelheden der componenten, de ander geeft aan, hoeveel gram

„muntgoud”, hoeveel zilver en hoeveel messing b.v. zijn soldeer bevat. Om het bezwaar te ondervangen, werd voor Tabel 2 van een aantal soorten soldeer de verhouding der componenten tot ‰ herleid. Vijf ervan, die slechts Au, Ag en Cu bevatten, zijn in het diagram met een ▲ en Romeinsche cijfers aangegeven.

GOUDSOLDEER. (Tabel II)

N ^o .	Opgegeven als te zijn:		Opgegeven als bestemd voor:		is inderdaad	Goud	Zilver	Koper	Zink	Cadmium	Groep	Opgave van
	kar.	‰	kar.	‰								
1	14	583			578	578	239	183				} a Essig p.159 form. 1 " " " 2 " " " 5 Harris p. 704
2	14	583			580	580	205	215				
3	16	666			667	667	197	136				
4	16	666	18 à 20		667	667	111	222				
5	19	792			720	720	133	147				} b Essig a b form. 12 " " " 11 " " " 8 Goslee 3e uitg. p. 18 Prinz ¹⁾ p. 77 " "
6	18	750			750	750	—	194	56			
7	20	833			833	833	—	130	37			
8	22	916			916	916	—	56	28			
9			18	750	720	720	—	180	—	100		} c Essig form. 3 Prinz Essig „ 4 " „ 6 Prinz Essig „ 7 Prinz Essig „ 9 Prinz
10			20	805	805	805	—	90	—	105		
							1000					
11	14	583			604	642	251	107	63			} c Essig form. 3 Prinz Essig „ 4 " „ 6 Prinz Essig „ 7 Prinz Essig „ 9 Prinz
12			14	583	487	494	296	210	14			
13	15	625			633	646	149	205	20			
14	16	666			697	719	187	94	31			
15			16	666	562	570	212	218	14			
16	18	750			750	757	112	130	9			
17			18	750	659	669	177	154	14			
18	20	833			834	851	85	65	21			
19			20	833	659	668	155	177	13			

¹⁾ Dental Formulary.

Bij het bewerken dezer tabel bleek, dat de terminologie niet voor alle auteurs gelijkwaardig is. Soms wordt met een x karaat soldeer bedoeld een soldeer, dat inderdaad x/24

deelen goud bevat, b.v. nos. 1, 2, 3, 6, 7, 8, 16 en 18. Anderen willen klaarblijkelijk met dit karaatnummer aangeven, dat het soldeer moet dienen voor x karaatsplaat. Het soldeer kan dan minder goud bevatten dan de plaat, waarvoor het bestemd is (n°. 5), maar soms ook meer (nos 11 en 14). Slechts enkelen zijn er, die duidelijk hunne bedoeling te kennen geven (nos 4, 9, 10, 12, 15, 17 en 19.)

Dat deze tallooze verwarde en verwarrende opgaven inderdaad onheil kunnen stichten, illustreert het feit, dat de als soldeer bedoelde legeringen III en IV blijkens hunne ligging ten opzichte van de isothermen een hóóger smeltpunt hebben dan de als plaat bedoelde legering n°. 19.

Verder loopen de eischen nogal uiteen, welke men aan het soldeer stelt, voorzoover dit het smeltpunt betreft. Goslee (pag. 18) vraagt legeringen „so compounded as to fuse slightly lower than plate of the same fineness or karat.” Hodgen zegt ervan: „..... are designed to be a trifle more fusible than the parts to be soldered.” Wilson¹⁾ (pag. 364) zegt: „..... melt and flow at a considerable lower temperature than the plate. Solders are formed of the same degree of fineness as plate by substituting zinc for a portion or all of the silver. This was formerly true of solders but to day, as the result of competition in trade the solders are marked „for” the indicated plate. It is known that the solder is two karats lower than the number upon the solder.”

Fenchel²⁾ eischt, dat soldeer en plaat minstens 150° C. in smeltpunt zullen verschillen. In een mij verstrekte opgave van een onzer Hollandsche fabrikanten³⁾ eindelijk, vind ik geen grooter verschil dan 25° C.

Uit het aangehaalde blijkt, dat men zich reeds wat het smeltpunt betreft, het doel verschillend stelt. Bovendien

1) Manuel of Dental Prothetics.

2) Metallkunde für Zahnärzte, 1911.

3) Drijfhout, Amsterdam.

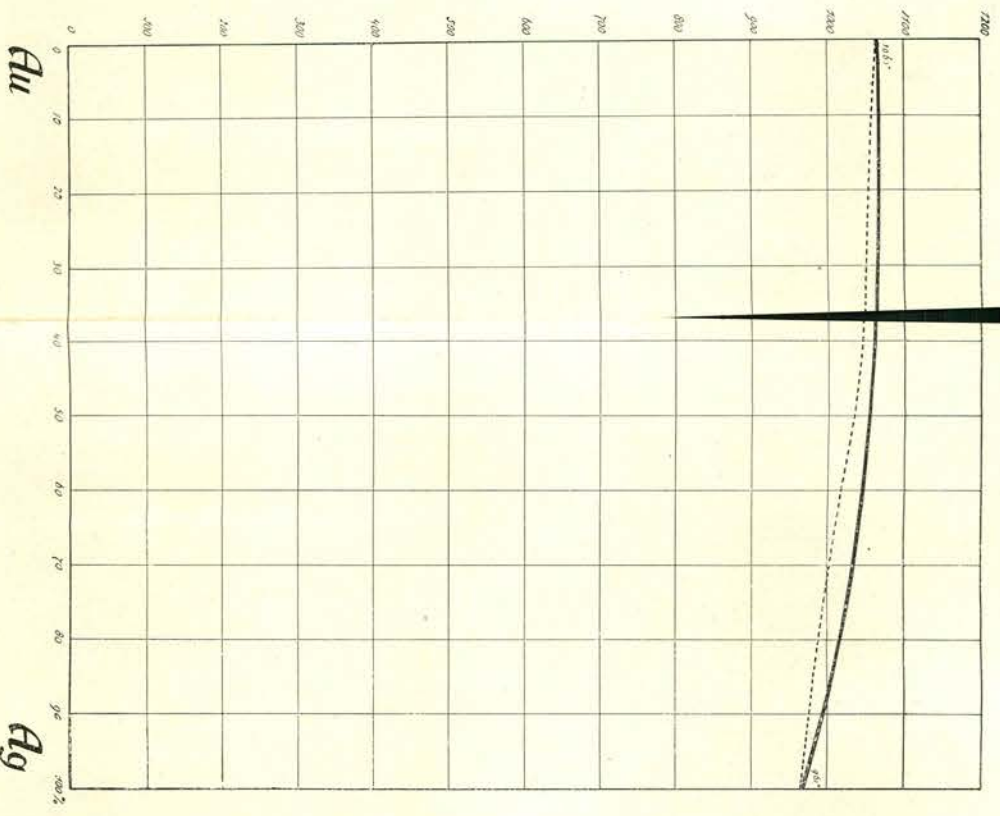


Fig. 1.

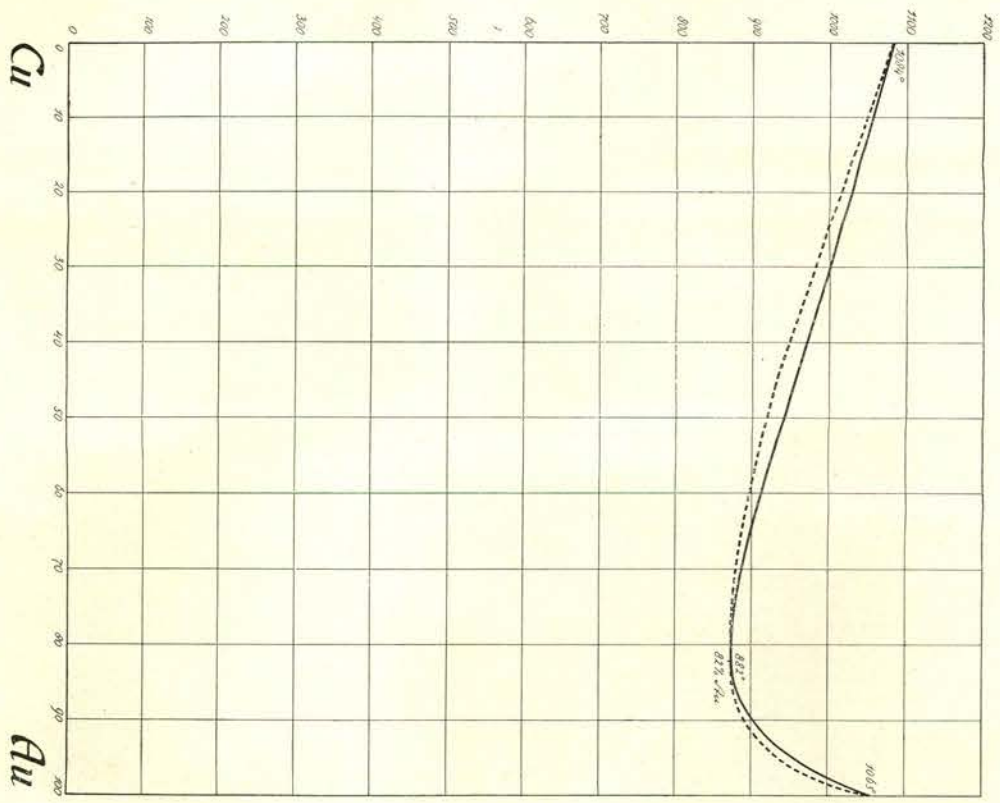


Fig. 2.

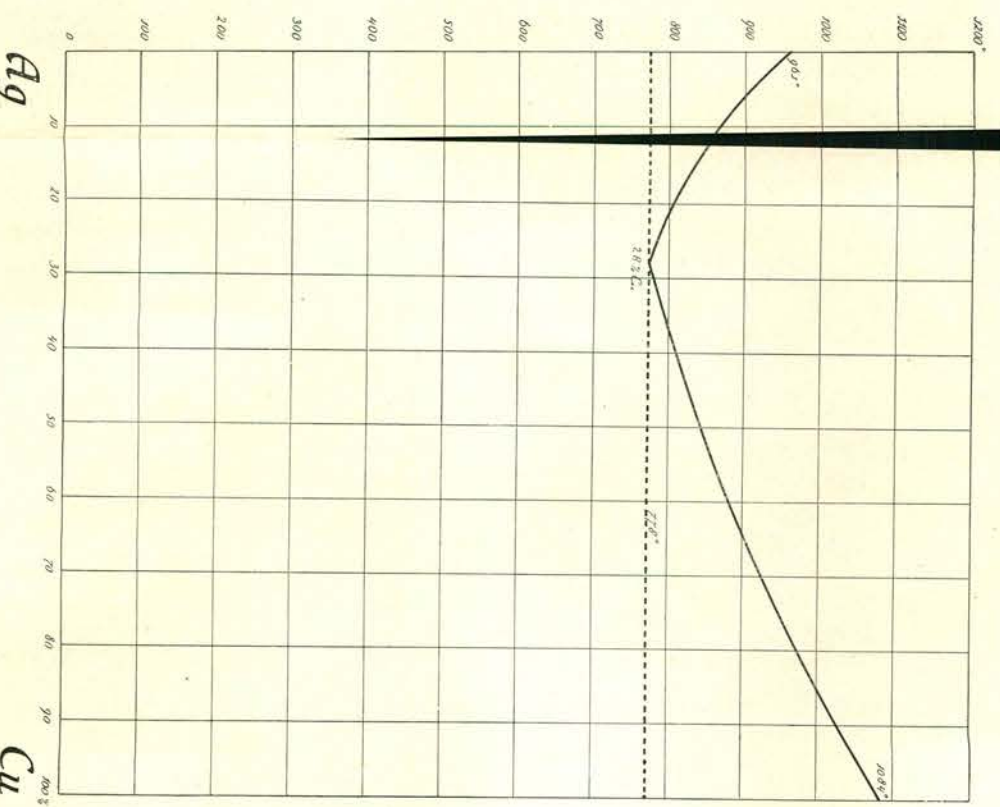


Fig. 3.

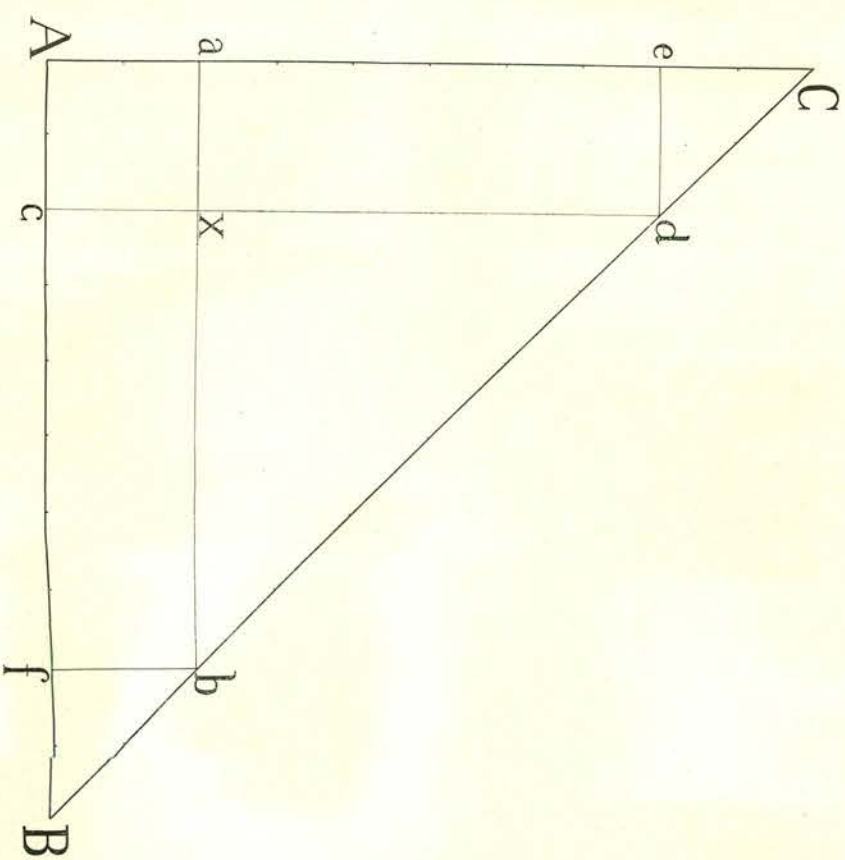


Fig. 4.

loopen de middelen, waarmee men het doel tracht te bereiken, sterk uiteen. We kunnen deze in drie groepen verdeelen. Ieder daarvan is in tabel II vertegenwoordigd. Men kan n.l.

- a. een lager smeltend lid nemen uit dezelfde serie als de plaat (nos. 1, 2, 3, 4 en 5);
- b. een of meer der componenten vervangen door een andere (nos. 6, 7, 8, 9 en 10);
- c. een vierde (soms vijfde) component aan de drie reeds gebruikte toevoegen.

Voorloopig houden wij ons alleen bezig met groep *a*, omdat de soldeeren volgens *b*. en *c*. buiten het systeem Au-Ag-Cu vallen. Later hopen we ook op de anderen uitvoeriger terug te komen; het effect, dat zink ten opzichte der smeltpunt-verlaging sorteert, te bespreken, en dan tevens het corrosie-vraagstuk en de mechanische eigenschappen te behandelen.

Waar men, zooals vanzelf spreekt, het er over eens is, dat het soldeer een lager smeltpunt moet hebben dan de plaat, waarvoor het bestemd is, blijft de vraag: hoeveél lager? Nu hebben wij het smeltpunt van eene legering genoemd die temperatuur, waarbij de legering *volkomen* gesmolten is. Den nadruk leggen wij op het *volkomen* gesmolten zijn en dit met het oog op het bekende feit, dat eene legering niet, zooals een zuivere stof op een constante temperatuur smelt, maar dit doet gedurende een bepaald temperatuur-interval. Als de legering bij t C° begint te smelten, zal zij bij $(t + x)$ C° pas volkomen gesmolten zijn, terwijl omgekeerd van de gesmolten massa de stolling begint bij $(t + x)$ C° en deze bij t ° voltooid zal zijn. Men kan dus als het ware bij een legering een *stolpunt* en een *smeltpunt* onderscheiden, welke alleen in bijzondere gevallen samen vallen.

Analoog hieraan spreken we bij een binaire legerings-serie behalve over de smeltlijn ook over de *stollijn*. Voor de ternaire legeringen kan men zich beneden het reeds

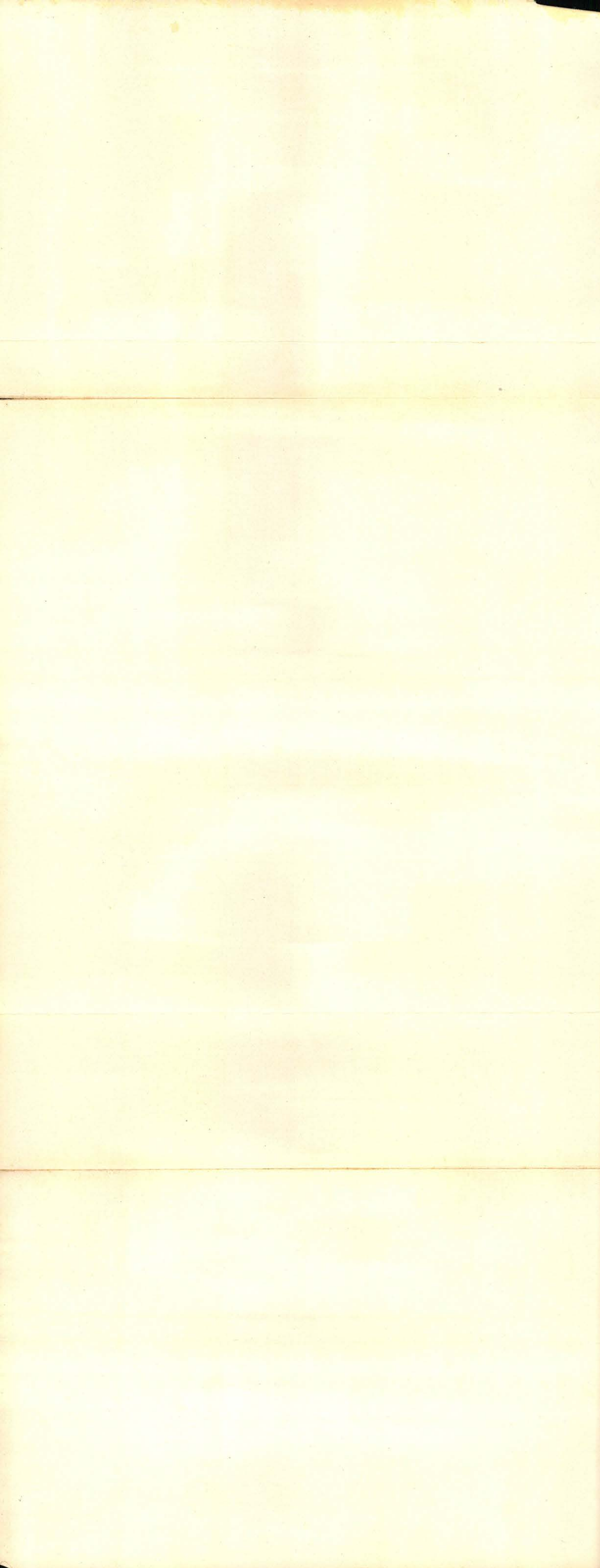
besproken smeltvlak dus nog een vlak denken, loopende door de in de binaire diagrammen gestippelde lijnen, dat de temperaturen aangeeft, waarop de legeringen bij toevoer van warmte *beginnen* te smelten of dus bij verlies van warmte volkomen gestold zullen zijn.

Nu is bekend, dat in het algemeen de vloeibaarheid van een smeltende legering gedurende het smeltingsinterval slechts geleidelijk toeneemt; bij het overschrijden van het (volkomen) smeltpunt neemt de vloeibaarheid plotseling zeer sterk toe en deze wordt van nu af door temperatuursverhoging in geringe mate beïnvloed.¹⁾ Het is dus duidelijk, dat een soldeer, als het goed zal vloeien, *volkomen* gesmolten moet zijn. Aan den anderen kant echter mag het te soldeeren plaatgoud, als het niet zal „verbranden”, het *begin* van smelten niet bereiken. Het („volkomen”) smeltpunt van het soldeer moet dus altijd nog iets lager liggen dan het („begin”) smeltpunt van de plaat, m.a.w. het verschil in smeltpunt tusschen soldeer en plaat moet minstens zoo groot zijn als het temperatuursinterval, gedurende hetwelk het plaatgoud van vast in vloeibaar overgaat.

Zooals gezegd, kunnen we de smeltpunten van alle ternaire legeringen aangeven door middel van de reeds beschreven isothermen, die we in het vervolg de L (liquidale) isothermen zullen noemen. Op volkomen gelijke wijze construeeren we de snijlijnen tusschen horizontale temperatuurvlakken en het stolvlak. Aldus ontstonden de in de figuur 8 gestippelde S (olidale) isothermen. Hiermee is het ons nu mogelijk geworden ook het (begin) smeltpunt (= stolpunt) van alle legeringen af te lezen.

Door combinatie van beiden kunnen we dus voor elk soort goudplaat een passend soldeer aanwijzen. Bijvoorbeeld: goudplaat N°. 10 ligt op ongeveer $\frac{2}{3}$ van den afstand tusschen de S-isotherm van 875 en dien van 900° C; bij \pm 890° C zal hij dus beginnen te smelten. Eene legering, die

¹⁾ Martens-Heijn: Materialienkunde. Berlin 1912.



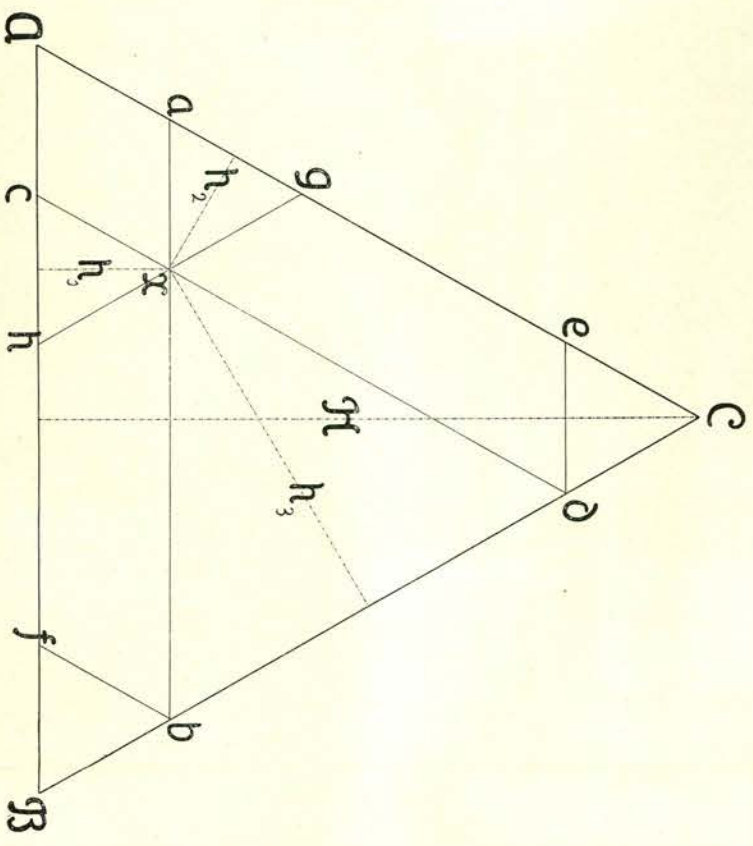


Fig. 5.

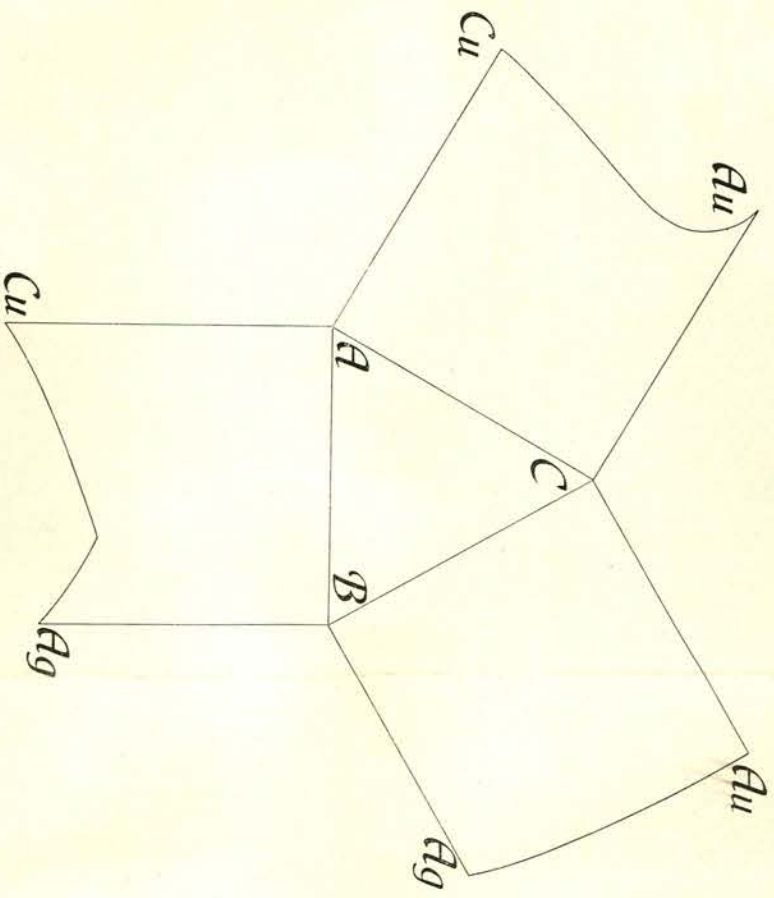


Fig. 6.

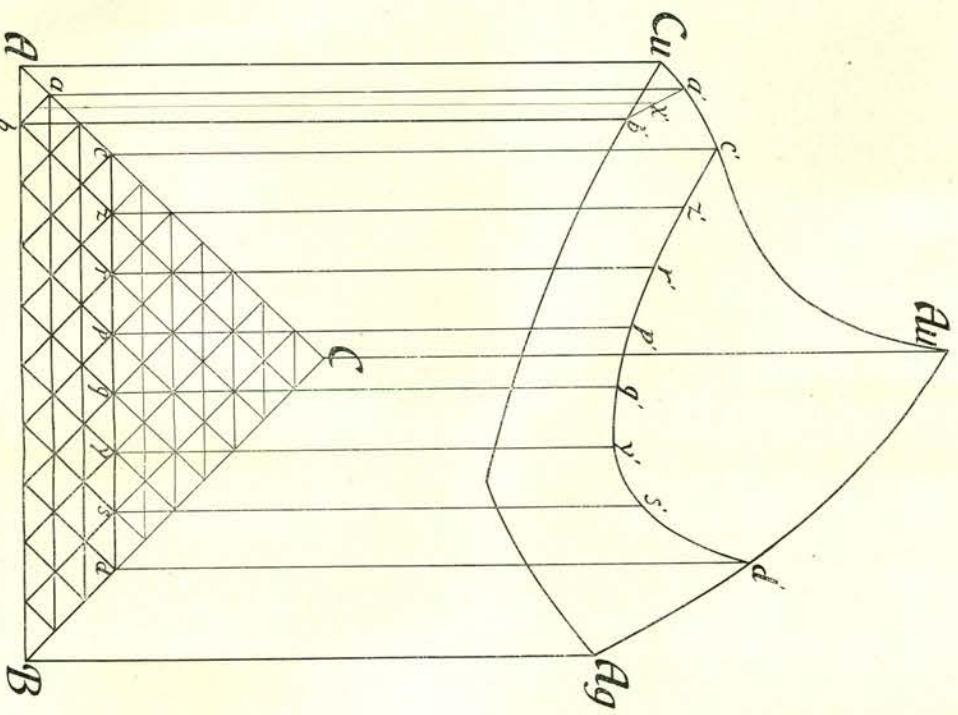


Fig. 7.

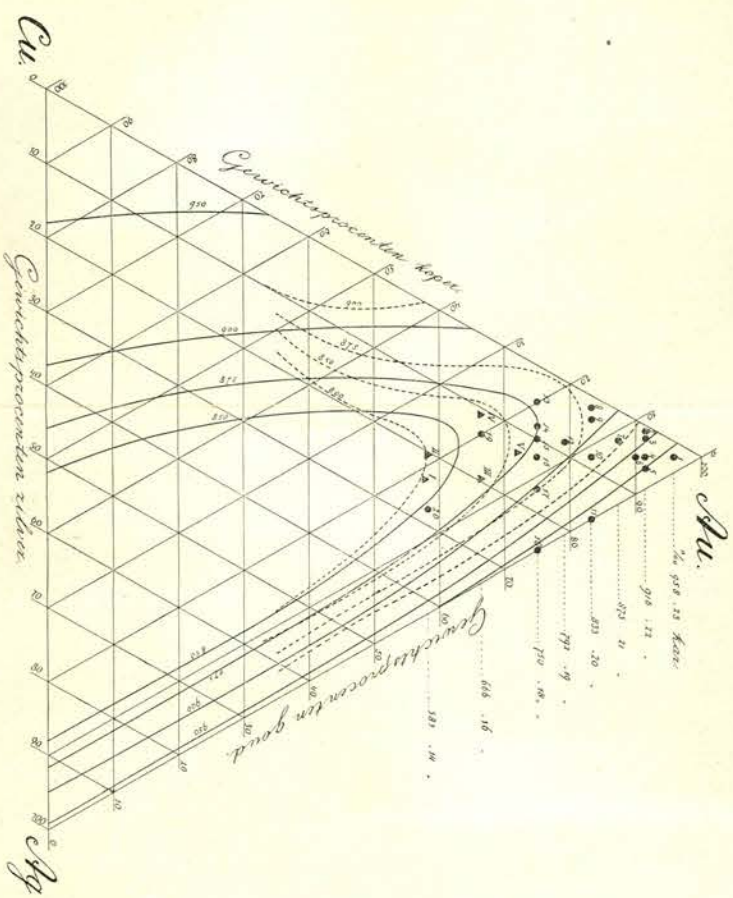


Fig. 8.

hiervoor als soldeer zal dienen, moet dus liggen op een *L*-isotherm, iets beneden 890° C. Neemt men nu ook nog een „veiligheids“-marge aan, waarvan de grootte natuurlijk afhankelijk is van de vaardigheid van den technicus en van den aard van het werk, dan zal b.v. wat haar smeltpunt betreft elke legering, die op of bij den *L*-isotherm van 875° C ligt, kunnen dienen. De vraag, welke men neemt van de talloze legeringen, die hierop voorkomen, wordt beheerscht door de overweging, dat men het gehalte gaarne zoo hoog mogelijk wenscht te houden en de kleur zoo dicht mogelijk wenscht te zien naderen tot die der plaat. In ons geval zou daardoor plaat n^o. 14 aangewezen zijn.

Bij aandachtige beschouwing van het diagram blijkt verder, dat we als algemeene regel kunnen vaststellen: Om voor een ternaire legering van bepaalde concentratie een soldeer te zoeken, bestaande uit dezelfde componenten, zal men om met een minimum van concentratie-verandering een maximum van smeltpuntverandering te verkrijgen, het concentratie-punt moeten verschuiven langs den kortsten weg, die naar den volgenden isotherm voert.

B. R. BAKKER.

Literatuur-opgave.

- Richardson: „Mechanical Dentistry“.
Essig & Koenig: „Dental Metallurgy,” sixth edition, 1909. Reberman, Shaftesbury Ave 129, London.
Jänecké: „Das Ternäre System Gold-Silber-Kupfer.” Metallurgie 1911. Verlag Wilhelm Knapp. Halle (Saale).
Hodgen: „Practical Dental Metallurgy”; fourth edition 1912. George Keener & Co, Red Lion Square 16a London.

- Harris: The Principles and Practice of Dental Surgery. Philadelphia. 11 ed.
- Prinz: „Dental Formulary”. Second Edition. London 1911. Henry Kimpton.
- Goslee: „Principles and Practice of Crown and Bridge-work”; Fourth edition 1913. Ash & Sons London.
- Wilson: „A Manuel of Dental Prosthetics”; 1911. Henry Kimpton, London.
- Fenchel: „Metallkunde für Zahnärzte”; 1911. Verlag von Boysen & Maasch Hamburg.
- Martens-Heyn: „Materialienkunde für den Maschinenbau”; zweiter Teil, Hälfte A. 1912. Verlag von Julius Springer, Berlin.
-