

## Der Einfluß des Antimons im Rotguß.

Von J. Czochralski, Frankfurt a. M.

*Der Verfasser berichtet im Anschluß an die Arbeit im Aprilheft S. 171/76 über die Untersuchung des Einflusses von Antimonzusätzen bis zu 3 vH auf die Zerreißfestigkeit, Dehnung, Härte, Korrosion und Schlagfestigkeit von bleifreiem und bleihaltigem Rotguß. Durch einen Antimongehalt bis zu 0,3 vH bei 5 vH Bleigehalt werden die Bearbeitbarkeit und Gießbarkeit des Rotgusses günstig beeinflusst.*

Im Aprilheft dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> ist der Einfluß des Bleies auf die mechanischen Eigenschaften des Rotgusses untersucht worden. Im Folgenden soll der Einfluß des Antimons auf die Eigenschaften der bleihaltigen und der bleifreien Legierung näher erörtert werden.

Antimon im Rotguß wird als sehr schädlich angesehen und soll bei einigen Zehntel Prozenten besonders die Sprödigkeit stark erhöhen. Nach den Abnahmevorschriften einiger Behörden wird nur ein Antimongehalt von 0,1 vH in der Legierung zugelassen. Die Sollzusammensetzung der Legierung war 86 vH Kupfer, 9 vH Zinn und 5 vH Zink. Der Antimonzusatz erfolgte bei allen Versuchen auf Kosten der drei Bestandteile Kupfer, Zinn und Zink. Die Schmelzen zeigen indes häufig Abweichungen von der Sollzusammensetzung. Mit der Legierung wurden 3 Versuchsreihen ausgeführt und zwar:

Reihe 1 mit 0 bis 3 vH Antimon + 0 vH Blei,  
 " 2 " 0 " 3 " " + 2 " " "  
 " 3 " 0 " 3 " " + 5 " " "

Bei Reihe 1 sollte der Einfluß des Antimongehaltes allein, bei Reihe 2 und 3 auch der Einfluß eines zusätzlichen Bleigehaltes von 2 vH und 5 vH ermittelt werden. Beim Rotguß ohne Antimon hatte sich ein Zusatz bis 5 vH Blei als unschädlich erwiesen.

Die Stäbe wurden für die 3 Versuchsreihen wie folgt hergestellt:

- a) in feuchtem Sand (Stabdmr. 30 mm, Länge 160 mm),
- b) in vorgewärmten Kokillen (Stabdmr. 18 mm, Länge 180 mm),
- c) umgeschmolzen und in feuchtem Sand vergossen (Stabdmr. 18 mm, Länge 180 mm),
- d) in trockenem Sand vergossen (Stabdmr. 18 mm, Länge 180 mm).

Die in Formsand gegossenen Proben wurden in der Längsrichtung gevierteilt und aus diesen Teilen Proben aus der Kern- und Mantelzone entnommen. Die in Sand und in vorgewärmten Kokillen hergestellten Proben b, c und d wurden nach dem Abdrehen der Gußhaut unaufgeteilt geprüft.

Die Prüfung erstreckte sich auf die chemische, mechanische und metallographische

Untersuchung. Die mechanische Prüfung wurde auf Zerreißversuche, Härte-, Torsions- und Dauerschlagversuche ausgedehnt. Die Werte sind in der Zahlentafel S. 278/79 zusammengestellt und in den Schaubildern, in Abhängigkeit vom Antimongehalt wiedergegeben. In den Kurven wurden nur die Versuchsergebnisse fehlerfreier Proben berücksichtigt.

### Zerreißversuch.

Die Versuche der ersten Versuchsreihe, s. Zahlentafel, wurden ohne Blei mit 0 bis 3 vH Antimon durchgeführt. Bei Stäben aus feuchtem Sandguß (Versuche 1 bis 6), wurde gefunden, daß die Festigkeit bis zu einem Gehalt von 0,5 vH Antimon ansteigt. Von da an nimmt sie mit steigendem Antimongehalt ziemlich stark ab. Die Dehnung beträgt in allen Fällen weniger als 5 vH und fällt gleichmäßig mit steigendem Antimongehalt. Ein eindeutiger Unterschied zwischen Kern und Mantel war bei diesen Proben nicht nachweisbar. Bei den Versuchen 14 bis 19 wurden die Proben in heißen Kokillen vergossen. Auf der Oberfläche waren Löcher und Poren sichtbar. Nach dem Zerreißversuch wurde festgestellt, daß der Bruchquerschnitt bis zu 50 vH Fehlstellen aufwies, die auf ungenügendes Mischen der Legierung vor dem Vergießen zurückgeführt werden konnten. In der Zahlentafel sind die Werte, bei denen der Querschnitt über 30 vH Fehlstellen aufweist, in Klammern gesetzt worden. An einigermaßen gesunden Stellen wurde jedoch festgestellt, daß bei dieser Versuchsreihe ein Antimongehalt bis etwa 1 vH keinen schädlichen Einfluß auf die Festigkeit ausübt. Die Dehnungswerte waren kleiner als 4 vH und wegen Undichtigkeit des Gusses sehr unzuverlässig. Die Stäbe der Versuche 14 bis 19 wurden neu umgeschmolzen, in feuchtem Sand vergossen, und in ungeteiltem Zustande geprüft. Der Bruch, mit Ausnahme des Versuches mit 3 vH Antimon war durchweg gesund. Die Abnahme der Festigkeit und Dehnung beginnt bei diesen Proben ebenfalls erst bei etwa 1 vH Antimon.

Die zweite Versuchsreihe enthielt die Versuche 20 bis 30 mit Proben von 2 vH Bleigehalt. Bei Stäben, die in trockenem Sand hergestellt worden waren, begann die Festigkeitsabnahme erst oberhalb 1 vH, die Dehnungsabnahme oberhalb 0,5 vH Antimon. Bei den in feuchtem Sand hergestellten Stäben

<sup>1)</sup> S. 171.

lagen die Dehnungswerte bis 0,5 vH Antimon ziemlich hoch. Ein kleiner Festigkeitsanstieg infolge des Zusatzes von Antimon bis zu 0,3 vH konnte auch in diesem Falle festgestellt werden. Bei 1 vH Antimonzusatz betrug die Festigkeitsabnahme etwa 5 bis 10 vH, während die Dehnung bereits bei 0,5 vH Antimon erheblich abnahm. Bei diesem Versuch wurde ebenfalls der Einfluß der Festigkeit auf Kern und Mantel untersucht. Der Mantel hat eine um ungefähr 2 kg/mm<sup>2</sup> höhere Festigkeit als der Kern, während ein Unterschied in der Dehnung nicht scharf hervortritt. Kokillenguß und feuchter Sandguß wurden nicht geprüft.

Der dritten Versuchsreihe entsprechen die Versuche 31 bis 35 mit 5 vH Bleigehalt. Die Stäbe, die in trockenem Sand ver-

Sandguß mit 2 vH Blei konnte sogar eine weitere Härtezunahme bis 3 vH Antimon festgestellt werden. Der Verlauf der Härtekurve war bei den Versuchsreihen 1 bis 3 ungefähr derselbe, da die Mindestwerte auf der einen Seite durch die Höchstwerte auf der andern Seite ausgeglichen wurden.

#### Torsionsversuch.

Der Torsionsversuch ergab bei allen Versuchsreihen mit 0 vH bis 5 vH Blei im großen ganzen fast dasselbe Bild wie der Zerreißversuch. Zunächst zeigt sich ein leichter Anstieg der Kurve. Bei 0,5 vH Antimon begann die Kurve zu fallen. Wesentliche Unterschiede zwischen Kokillenguß, trockenem oder feuchtem Sandguß konnten nicht nachgewiesen werden.

Abb. 1.  
Zerreißversuch.  
Festigkeit  
und Dehnung.

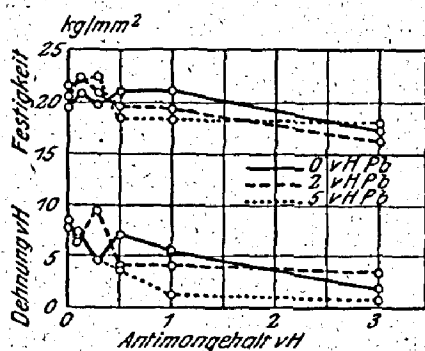


Abb. 3.  
Torsionsversuch.  
Verdrehungs-  
winkel in Grad.

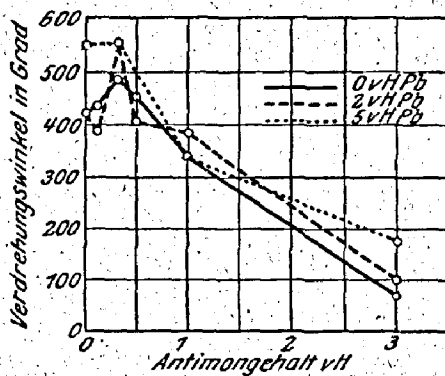


Abb. 2.  
Härteprüfung.  
(Belastung  
P = 500 kg,  
Kugel-Dmr.  
10 mm).

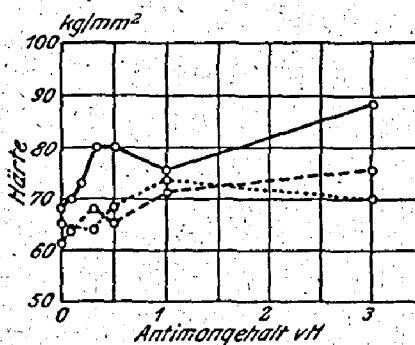
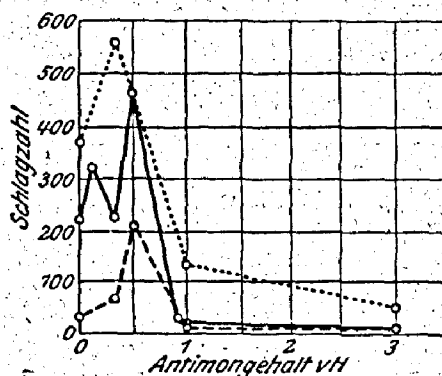


Abb. 4.  
Dauerschlag-  
versuch.  
(A = 12,5 cmkg,  
n = 60 Uml./min).  
Schlagzahl.



gossen wurden, waren nach Bruchquerschnitt und Aussehen einwandfrei. Die Festigkeit stieg bis ungefähr 0,3 vH Antimon und ging bei 1 vH Antimon um 3 kg/mm<sup>2</sup> gegenüber der antimonfreien Legierung zurück, während die Dehnung bereits bei 0,5 vH Antimon auf die Hälfte ihres Anfangswertes gesunken war. Die Ergebnisse stimmen demnach mit denen der ersten und zweiten Versuchsreihe gut überein. Stäbe, die in feuchtem Sand oder Kokillen hergestellt worden waren, wurden nicht geprüft.

#### Härteprüfung.

Bei der ersten bis dritten Versuchsreihe mit Proben von 0 bis 5 vH Bleigehalt stieg die Härte bis 1 vH Antimongehalt etwa um 10 vH an, ohne sich dann sehr stark zu verändern. Bei Kokillenguß mit 0 vH Blei und

#### Dauerschlagversuch.

Die Dauerschlagfestigkeit nahm ähnlich wie beim Torsionsversuch mit Ausnahme von Kokillenguß bei 0 vH Bleigehalt, der wegen fehlerhaften Bruches ausscheidet, bis zu 0,5 vH Antimongehalt zu. Die Schlagzahl war durchweg bei diesem Antimongehalt sogar höher als bei antimonfreiem Rotguß. Erst oberhalb 0,5 vH Antimongehalt trat eine erhöhte Sprödigkeit auf. Die Schlagzahlen lagen beim Kokillenguß weit über denjenigen des feuchten und trockenen Sandgusses. Stäbe, die in feuchtem Sand gegossen wurden, sind nicht geprüft worden.

#### Ergebnisse der mechanischen Prüfung.

Aus der mechanischen Prüfung geht ziemlich eindeutig hervor, daß die Festigkeit

Zahlentafel. Mechanische und metallographische Untersuchung von Rotguß

Versuchsreihe	Versuchs-Nr.	Art des Gusses	Chemische Zusammensetzung					Mechanische			
			* Analysenwerte					Zerreißfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>		Dehnung vH	
			Cu	Sn	Zn	Sb	Pb	Kern	Mantel	Kern	Mantel
1 mit 0 vH Pb	1	a) Feuchter Sandguß 30 mm Dmr. 160 mm Länge	86	9	5	0	0	15,5	18,5	2,5	4,0
	2					0,1	0	17,0	17,4	3,0	3,0
	3					0,4*	0,2*	18,5	16,8	3,0	2,0
	4		85,25*	8,50*	5,62*	0,5	0	19,0	21,0	2,0	3,0
	5					1,0	0	13,0	13,0	2,0	2,0
	6					3,0	0	17,5	13,0	1,0	1,0
	7	c) Kokillenguß nach b), in feuchten Sand umgegossen 18 mm Dmr. 180 mm Länge	86	9	5	0	0	24,0	—	7,5	—
	8					0,1	0	25,5	—	7,0	—
	9					0,2*	0	23,3	—	4,5	—
	10		Rest	11,6*	4,0*	0,43*	0	24,3	—	7,0	—
	11					0,8*	0	—	—	—	—
	12					1,0	0	25,3	—	5,5	—
	13		86	9	5	3,0	0	(13,2) 16,5	—	< 2	—
	14	b) Kokillenguß 18 mm Dmr. 180 mm Länge	desgl.	desgl.	desgl.	0	0	20,5	—	4,0	—
	15					0,1	0	24,5	—	4,5	—
	16					0,3	0	(16,6) 20,5	—	2—3	—
	17					0,5	0	(15,8)	—	1,5	—
	18					1,0	0	(16,8) 22,3	—	(1,5) 2,5	—
	19					3,0	0	(11,3) 13,3	—	(1,5)	—
2 mit 2 vH Pb	20	a) Feuchter Sandguß 30 mm Dmr. 160 mm Länge	desgl.	desgl.	desgl.	0	2,0	20,7	21,0	13	7,5
	21					0,1	2,0	21,5	23,0	7	6,5
	22					0,4*	2,05*	21,5	22,5	13	10,5
	23		86	9	5	0,5	2,0	17,0	19,3	2,5	4
	24					1,0	2,0	17,5	19,0	2,5	4
	25		82,20*	8,00*	4,58*	2,90*	2,08*	16,1	16,0	3,0	1,5
	26	d) Trockener Sandguß 18 mm Dmr. 180 mm Länge	Rest	8,7	5	0	2,0	16,2	—	4,0	—
	27					0,2*	2,1*	19,0	—	4,0	—
	28					0,4*	2,1*	18,7	—	3,0	—
	29					0,75*	2,0	18,7	—	2,0	—
	30					3,0	2,0	13,5	—	1,0	—
3 mit 5 vH Pb	31	d) Trockener Sandguß 18 mm Dmr. 180 mm Länge	86	9	5	0	5,0	21,7	—	7,6	—
	32					0,2*	5,5*	22,2	—	4,7	—
	33					0,42*	5,5*	18,4	—	3,5	—
	34					0,74*	5,5*	18,4	—	1,8	—
	35					3,0	5,0	17,6	—	1,8	—

( ) Eingeklammerte Zahlen bedeuten Fehlstellen im Bruch, sodaß Werte unzuverlässig.

erst bei etwa 1 vH, die Dehnung bei 0,5 vH Antimon abnimmt, während sie bis dahin ziemlich gleich bleibt. Die Mittelwerte der Kurven liegen um etwa 10 bis 15 vH ausein-

ander. Dem Bleigehalt kann kaum ein schädlicher Einfluß zugeschrieben werden, wenn auch die Dehnung etwas niedrig erscheint. Bei den geringen Dehnungen der Legierungen



(86 vH Cu, 9 vH Sn, 5 vH Zn mit 0 bis 4 vH Sb und 0 bis 5 vH Pb).

Untersuchung			Abmessungen der Proben		Metallographische Untersuchung Flächen (Hundertteile) der Gefügearten				
Härte (P = 500 kg) kg/mm <sup>2</sup>	Torsion in °	Schlag- zahl (12,5 cmkg)	Zerrei- Stab	Torsions- mm	Unhomogene Alpha-Misch- kristalle vH	Alpha + Gamma- Eutektikum vH	Pb-Aus- schei- dungen vH	Korn- größe Dmr. mm	Abbil- dung Nr.
58	470	nicht aus- geführt	8	Dmr. 7 Länge 40	95	5	0	0,8	—
61	505				92	8	0	1,0	—
63	390				93	7	0	1,5	—
71	235				90	10	0	2,5	—
70	125				85	15	0	1,5	—
97	95				80	20	0	2,5	—
65	500	230	15	Dmr. 15 Länge 100	96	4	0	1,5	5
73 (84)	450	(218)			95,5	4,5	0	1,5	—
78	540	325			95,5	4,5	0	2,5	—
74	465	230			95	5	0	3,0	—
80	280	470			—	—	0	—	—
73	340	42			94	6	0	2,5	—
77	—	35			93,5	6,5	0	5,0*	6
81	330	10	16	Dmr. 16 Länge 120	nicht ermittelt				
77	350	(3227)							
75	550	(2328)							
89	(120)	(830)							
84	360	(50)							
94	90	(60)							
60	315	nicht aus- geführt	8	Dmr. 7 Länge 40	96	3	rd. 1	2,0	—
62	390				96	3		1,5	—
70	395				94	5		2,0	—
65	355				94	5		3,0	—
70	270				92	7		1,5	—
80	150				89	10		3,5	—
62,5	550	35—45	15	Dmr. 16 Länge 160	97,2	1,8	rd. 1	2,5	—
67	620	75			97,0	2,0		2,0	—
59	470	145—			96,0	3,0		1,0	—
72,5	515	220			91,0	8,0		4,5	—
72,5	60	22			86,5	12,5		0,5	—
		1							
65	570	383	16	Dmr. 16 Länge 120	95	2,0	rd. 3	2,5	7
64	570	584			93,5	3,5		3,0	—
68,5	450	163			92	5,0		2,0	—
74	340	455			91	6,0		2,5	—
70	195	143			89	8,0		0,5	8
		54							

sind aber die Werte nicht ganz zuverlässig und können zu einer Bewertung des Materials kaum herangezogen werden. Die Torsionsversuche und Dauerschlagversuche führten dann auch zu entgegengesetzten Ergebnissen. Die Härte wird durch Zusatz von Antimon erhöht und steigt von 1 vH Antimon nur noch langsam an; sie ist bei der bleifreien





### Metallographische Prüfung.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, daß zwischen Sand- und Kokillenguß keine grundsätzlichen Unterschiede im Gefügebau bestehen. Die Dendriten sind beim Kokillenguß feiner, was auch bei den untersuchten Proben der Fall war. Auf eine Wiedergabe des dendritischen Gefüges wurde daher verzichtet. Der Antimongehalt übt auf das Gefüge keinen merklichen Einfluß aus. Die Schliffbilder zeigen das gewohnte Rotgußgefüge, Abb. 5 bis 8, nämlich unhomogene Alpha = Mischkristalle neben geringen Mengen Alpha + Gamma-Eutektikum, nur sind die Flächenanteile des Eutektikums gegenüber dem normalen Rotguß etwas erhöht. Demnach kommt der Einfluß des Antimongehaltes auf das Gefüge einem erhöhten Zinnzusatz gleich. Bei den bleireichen Proben treten Gefügebestandteile, die auf den Bleizusatz zurückgeführt werden können, nur in Spuren auf, Abb. 7 und 8. Das Gefüge stimmt demnach mit dem der bleireichen Bronzen im großen ganzen überein.

### Schlußfolgerungen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei einem Antimongehalt bis etwa 0,3 vH eine nachteilige Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften der Rotgußlegierungen nicht nachgewiesen werden kann. Ein Bleizusatz bis 5 vH bei einem Gehalt von 0 bis 0,3 vH Antimon ist ebenfalls unschädlich. Die Versuche führten außerdem zu folgenden technologischen Ergebnissen: Der Antimongehalt wirkt nicht nachteilig auf die Bearbeitbarkeit der Legierung ein. Gewinde lassen sich mit dem Gewindestahl und auch mit dem Schneideisen sauber einschneiden. Die Legierung wird durch einen geringen Antimongehalt nicht in ihrer Gießbarkeit beeinträchtigt, sie ist dünnflüssig und füllt die Formen gut aus. Vom technisch-wirtschaftlichen Standpunkt aus dürfte daher eine Erhöhung des zulässigen Antimongehaltes in den festgelegten Grenzen erwünscht erscheinen.

[604]

### Schutz von Metallen gegen hohe Temperaturen.

Unter dem Namen Kalorisieren wird in Amerika ein Verfahren zur Verhütung der Oberflächenoxydation von Eisen, Stahl, Kupfer, Messing und andern Metallen oder Legierungen angewandt, die hohen Temperaturen ausgesetzt sind. Beim Kalorisieren verwendet man gewöhnlich Aluminium zur Herstellung einer Schutzschicht. Der zu behandelnde Gegenstand wird in einer mit feinverteiltem Aluminiumpulver gefüllten Retorte in einer reduzierenden Atmosphäre geglüht. Dabei dringt das Aluminium bis auf eine bestimmte Tiefe in den Gegenstand ein und bildet eine homogene Aluminiumlegierung. Die Tiefe der Durchdringung beträgt 2 bis 3 Hundertstel mm bis zur vollständigen Durchsetzung des ganzen Körpers und ist von der Zeitdauer der Erhitzung abhängig. Der wirksame Schutz wird durch das bei Einwirkung der Hitze sich bildende Aluminiumoxyd (Tonerde) geschaffen. Bei Verletzung der Oxydschicht wird immer neues Aluminiumoxyd gebildet, so daß die Schutzschicht solange erhalten bleibt, wie Aluminium vorhanden ist. Das Verfahren wurde mit Erfolg angewendet, um das Verbrennen oder Abblättern der Metalle zu verhüten. Es bietet auch Schutz gegen Rosten oder Korrosion. Kalorisiertes Kupfer, Messing oder Nickel sollen ausgezeichnete nicht korrodierende Stoffe und gegenüber Seewasser und gewissen Säuren sehr beständig sein. In manchen Fällen wurde so geschütztes Kupfer mit Erfolg an Stelle von Aluminiumbronze verwendet. In einem Kraftwerk verwendete kupferne Kondensatorröhren waren acht Jahre im Gebrauch, ohne angegriffen zu werden. Ebenso vorteilhaft erwies sich das Verfahren bei den Kupferkontakten der Fahrshalter von Eisenbahnwagen. Nickel, auf diese Art mit einer leichten Schicht überzogen, widersteht dem Oxydieren bis zu 1200° C. Kalorisiertes Monelmetall kann bis zu 1000° C einer oxydierenden Flamme ohne Nachteil ausgesetzt werden. Im

allgemeinen verhalten sich gezogene, gewalzte, geschmiedete oder gepreßte Metallteile dem Verfahren gegenüber günstiger, als gegossene Metallteile, da erstere frei von Schlacken oder sonstigen fremden Metalleinschlüssen sowie von Oberflächenfehlern sind. Die Teile können Temperaturen von 900° C unbegrenzt lange ausgesetzt werden. Bei Temperaturen von 900 bis 980° C ist die Haltbarkeit von kalorisierten Metallen etwa 20 mal größer, bei 980 bis 1100° C noch zwei- bis fünfmal größer als die von unbehandelten Metallen. Die Höchsttemperatur, bis zu der kalorisiertes Metall verwendet werden darf, dürfte allgemein bei 950° C liegen. Handelt es sich nur um den Schutz gegen hohe Temperaturen, so genügt das Behandeln bis auf eine Tiefe von einigen Hundertsteln mm; tritt dagegen auch noch starke Abnutzung auf, so ist es mitunter angebracht, das ganze Metall mit Aluminium zu durchdringen. Die Kosten des Verfahrens sind sehr gering und hängen hauptsächlich von der Beschaffenheit und Größe der Oberfläche des zu schützenden Körpers ab. Bei der Verwendung von kalorisiertem Metall ist dafür Sorge zu tragen, daß die Oxydschicht erhalten bleibt, damit oxydierende Gase nicht in Berührung mit dem zu schützenden Metall kommen können. Aus diesem Grunde muß jede mechanische Bearbeitung, wie Bohren, Hobeln, Hämmern, Nieten, Schmieden u. dergl. vor dem Kalorisieren durchgeführt werden. Kalorisiertes Metall läßt sich nicht schweißen, da durch den Oxydüberzug eine Berührung zwischen den Metallen verhindert wird. Die Wärmeleitfähigkeit und die elektrische Leitfähigkeit der aluminiumlegierten Schicht ist geringer, als die des darunter befindlichen Metalles. Die Abmessungen und das Gewicht der Metalle nehmen durch das Kalorisieren etwas zu. Man hat das Verfahren bis jetzt mit Erfolg bei Ventilen und Kolben für Gasmaschinen, bei Röhren, Ofenteilen, Retorten, Schutzröhren für Pyrometer u. dergl. verwendet. (Iron Age Bd. 107, 27. Jan. 21, S. 251/53.) [689]