

Der Angriff eisengesättigter Zinkschmelzen auf siliziumhaltiges Eisen

Von Dietrich Horstmann in Düsseldorf

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung; Abhandlung 616

Bericht Nr. 13 des Gemeinschaftsausschusses Verzinken des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute und der Forschungsgesellschaft Blechverarbeitung

Bestimmung des Eisenverlustes und des Wachstums der Eisen-Zink-Legierungsschichten. Temperatur- und Zeitabhängigkeit des Angriffs von Zinkschmelzen auf siliziumhaltiges Eisen.

Der Einfluß des Siliziumgehaltes im Eisen auf den Angriff von Zinkschmelzen ist schon mehrfach untersucht worden^{1) bis 4)}. Dabei hat sich gezeigt, daß der Angriff des Zinks mit zunehmendem Siliziumgehalt im Eisen zunächst anwächst bis zu einem Höchstwert von etwa 1 bis 1,5 % Si, um bei höheren Siliziumgehalten wieder abzunehmen. Bei 4 % Si ist der Angriff sogar geringer als bei Weicheisen. Auch die Zeit- und Temperaturabhängigkeit des Angriffs

Tafel 1. Zusammensetzung der untersuchten Werkstoffe

Schmelze	C %	Si %	Mn %	P %	S %	N ₂ %	O ₂ %
1	0,020	0,08	0,06	0,016	0,008	0,002	0,046
2	0,016	0,14	0,07	0,018	0,009	0,003	0,036
3	0,018	0,20	0,05	0,015	0,008	0,002	0,027
4	0,020	0,31	0,06	0,017	0,009	0,002	0,028
5	0,017	0,54	0,06	0,015	0,008	0,003	0,020
6	0,015	0,75	0,06	0,015	0,008	0,002	0,030
7	0,018	0,94	0,08	0,022	0,008	0,002	0,023
8	0,014	1,45	0,06	0,017	0,009	0,002	0,025
9	0,019	1,85	0,06	0,018	0,009	0,002	0,017
10	0,016	4,86	0,05	0,022	0,007	0,001	0,022

wird mit dem Siliziumgehalt des Eisens stark verändert. Da die hierüber vorliegenden Ergebnisse noch keine vollständige Übersicht geben, erschien es im Anschluß an eigene Untersuchungen über die Zeit- und Temperaturabhängigkeit des Zinkangriffs auf fast siliziumfreies Weicheisen⁵⁾ wünschenswert, den Einfluß des Siliziumgehaltes im Eisen noch einmal über den ganzen Temperaturbereich von 430 bis 550° eingehend zu untersuchen.

Die Untersuchung wurde in der gleichen Art durchgeführt, wie sie in der bereits erwähnten Arbeit⁵⁾ beschrieben

Tafel 2. Festwerte des Eisenverlustes¹⁾ in Abhängigkeit von der Temperatur und vom Siliziumgehalt

Silizium- gehalt %	Temperatur ° C													
	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	
0,002	66,0	77,2	86,9	—	117,2	144,1	363,1	7,3	5,4	625,7	235,2	257,3	—	
0,08	68,5	76,7	89,1	—	116,9	219,1	2,7	8,9	7,5	883,2	240,9	271,4	295,5	
0,14	73,0	82,6	—	106,8	127,7	344,8	6,0	10,8	8,5	—	247,2	268,7	305,0	
0,20	78,1	87,6	99,0	—	171,1	462,3	7,7	12,5	9,2	—	266,3	276,5	312,7	
0,31	80,2	94,0	—	123,8	163,7	588,3	12,3	16,3	13,6	5,9	269,7	282,1	319,5	
0,54	95,1	107,4	131,0	500,1	4,3	13,0	17,6	19,6	17,2	8,5	306,4	315,8	360,1	
0,75	112,8	186,7	7,2	—	18,6	21,9	24,4	24,9	23,5	19,4	337,9	358,2	416,4	
0,94	4,6	10,9	—	—	23,9	26,7	28,3	28,4	27,0	23,0	414,5	426,1	465,8	
1,45	6,7	13,7	18,7	—	26,0	28,2	29,4	29,8	28,0	23,8	398,8	430,0	465,3	
1,85	96,3	108,7	123,9	200,6	631,2	5,3	10,4	11,5	10,0	904,1	283,5	292,7	320,0	
4,86	67,6	74,0	82,1	—	100,3	106,7	125,0	132,1	151,9	220,4	166,8	182,5	203,7	

¹⁾ Eisenverlust-Festwerte $a = (g \cdot cm^{-2}) \cdot min^{-1} \cdot 10^{-8}$ (parabelförmiges Zeitgesetz)

Eisenverlust-Festwerte $b = (g \cdot cm^{-2}) \cdot min^{-1} \cdot 10^{-4}$ (geradliniges Zeitgesetz) (stark umrandeter Teil)

wurde. Die Zusammensetzung der als 12-kg-Versuchsgüsse im Hochfrequenzofen erschmolzenen Werkstoffe ist in

¹⁾ Scheil, E., u. H. Wurst: Z. Metallkde. 29 (1937) S. 224/29; vgl. Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 1082.

²⁾ Bablik, H., u. A. Merz: Metallwirtsch. 20 (1941) S. 1097/1100; vgl. Stahl u. Eisen 62 (1942) S. 374/76.

³⁾ Bablik, H., F. Götzl u. R. Kukaczka: Korrosion u. Metallsch. 21 (1945) S. 1/9.

⁴⁾ Bablik, H., F. Götzl u. R. Kukaczka: Z. Metallkde. 40 (1949) S. 176/79.

⁵⁾ Horstmann, D.: Stahl u. Eisen 73 (1953) S. 659/65 (Mitt. Max-Planck-Inst. Eisenforsch. 573).

Tafel 1 wiedergegeben. Die Versuchsgüsse wurden zu 13-mm-Vierkantstangen ausgeschmiedet. Die daraus her-

- gemäßigter Angriff
- verstärkter Angriff
- + verstärkter Angriff nach gradlinigem Zeitgesetz

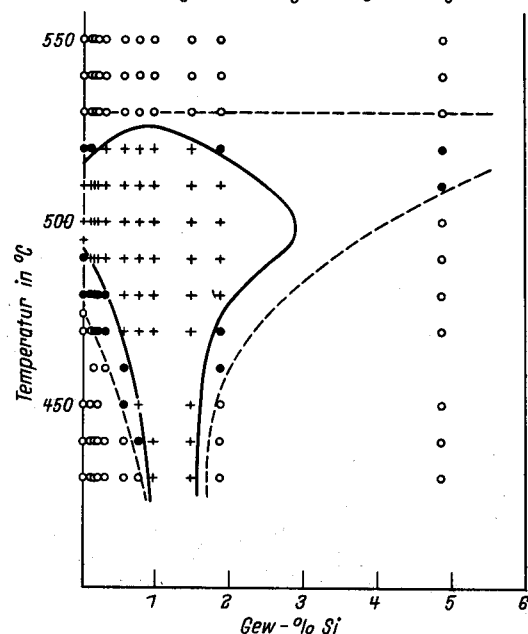


Bild 1. Temperaturgebiete der verschiedenen Angriffsarten des Zinkangriffs in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt

gestellten Proben mit der Abmessung 10×10×50 mm wurden nach dem Feinschleifen bei 800° im Vakuum ausgeglüht, um die durch die Kaltbearbeitung entstandene Oberflächenverformung aufzuheben. Zur Bestimmung des zeitlichen Ablaufes des Angriffs wurden bei jeder Temperatur vier bis sechs Versuche mit Tauchzeiten von einer halben bis fünf Stunden durchgeführt. Aus dem Gewichtsunterschied der Proben vor dem Eintauchen und nach dem Abbeizen der

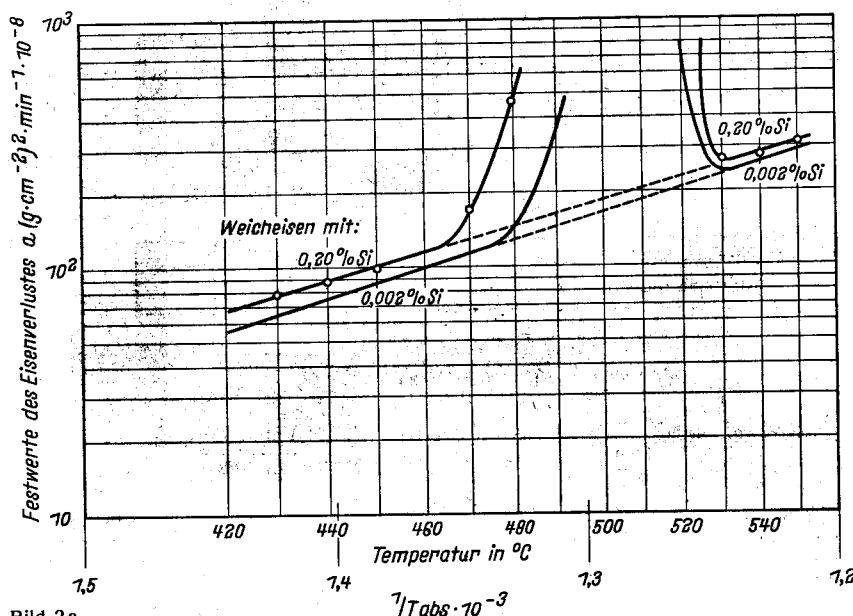


Bild 2a

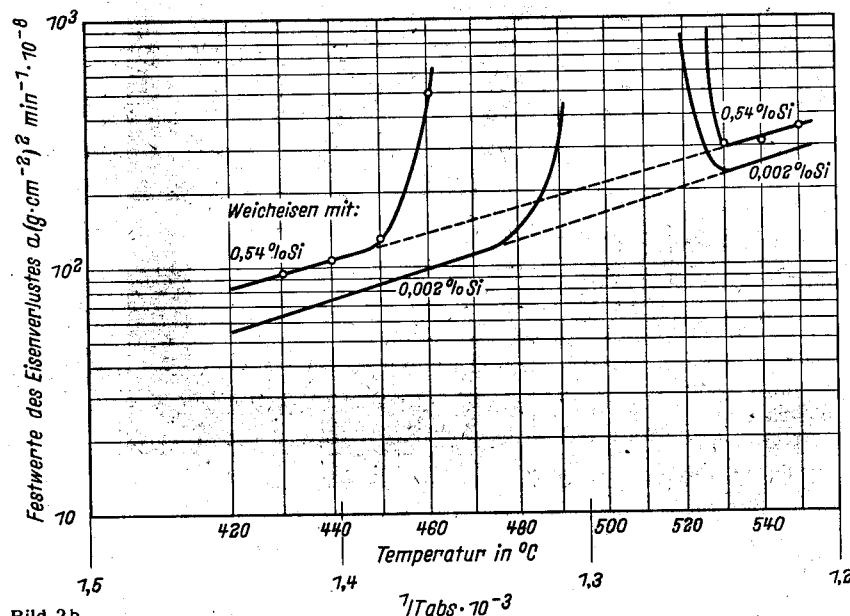


Bild 2b

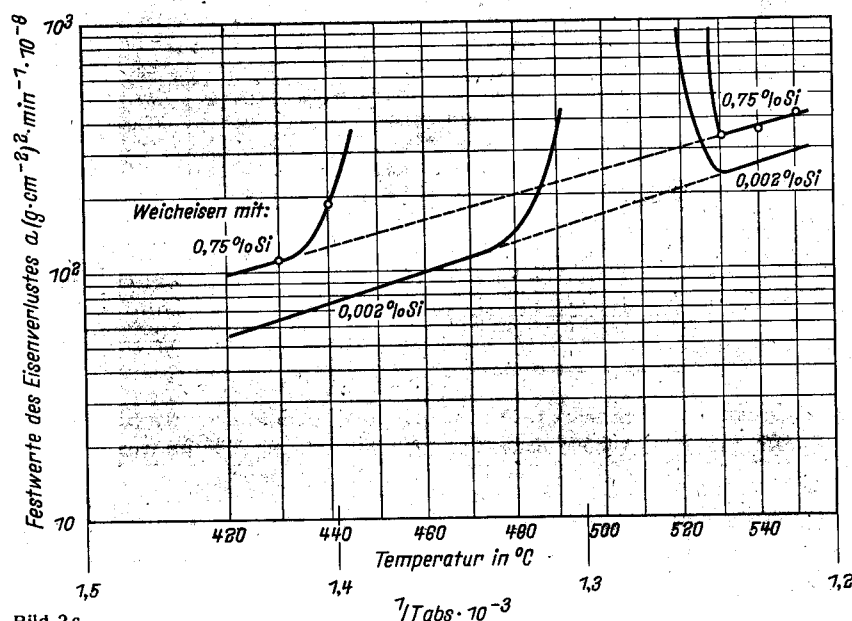


Bild 2c

Bilder 2a bis c. Festwerte des Eisenverlustes bei parabelförmigem Zeitgesetz für verschiedene Siliziumgehalte im Eisen

beim Versuch gebildeten Zink- und Hartzinkschichten wurde der Eisenverlust als Gesamtmenge des mit dem Zink umgesetzten Eisens bestimmt. Von einer Reihe gleichzeitig getauchter Parallelproben, die nach dem Versuch nicht abgebeizt wurden, wurden Schliffe hergestellt, an denen das Gefüge der gebildeten Eisen-Zink-Legierungsschichten untersucht wurde. Das Wachstum der einzelnen Eisen-Zink-Legierungsschichten wurde bei einigen Versuchsreihen durch Ausmessen ihrer Dicke in der Schliffprobe nach verschiedenen Tauchzeiten bestimmt.

Der Eisenverlust

Wie in den früheren Arbeiten^{5) 6)} wurde auch in diesem Falle als Maß für die Stärke des Angriffs der Eisenverlust gewählt, der unmittelbar die Menge des Eisens angibt, die sich bei der jeweiligen Versuchstemperatur und -dauer mit dem Zink umsetzt. Beim Angriff des Zinks auf siliziumhaltiges Eisen beobachtet man ebenso wie beim Weicheisen, daß der Angriff nach zwei verschiedenen Zeitgesetzen vor sich geht. Während er bei höheren und tieferen Temperaturen parabelförmig mit der Zeit abklingt, stellt man in dem dazwischenliegenden Temperaturgebiet einen verstärkten Zinkangriff fest, der geradlinig mit der Zeit fortschreitet. Im Bereich des Übergangs von der einen Angriffsart zur anderen findet man einen verstärkten Zinkangriff, dessen Stärke mit der Zeit abnimmt. In diesen Temperaturgebieten erfolgt der Angriff im Gegensatz zu dem auf siliziumfreies Eisen, wo er parabelförmig zeitlich abklingt, nur angenähert nach einem parabelförmigen Zeitgesetz. Mitunter beobachtet man hier bei der gleichen Probe beide Angriffsarten gleichzeitig. In Bild 1 ist die Verschiebung der Temperaturgrenzen für die verschiedenen Angriffsarten in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt des Eisens aufgetragen. Danach verbreitert sich das Temperaturgebiet des geradlinig mit der Zeit fortschreitenden Angriffs bei Siliziumzusätzen zunächst sehr stark nach tieferen Temperaturen hin, und wird bei höheren Siliziumgehalten wieder eingengt und schließlich abgeschnürt, so daß man bei dem Stahl mit 4,86 % Si nur noch einen verstärkten Angriff nach parabelförmigem Zeitgesetz beobachtet. Die obere Temperaturgrenze des verstärkten Angriffs, die beim Weicheisen bei 530° liegt, verschiebt sich mit steigendem Siliziumgehalt nicht. Nach einer früheren Untersuchung⁷⁾ ergibt

⁵⁾ Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenw. 25 (1954) S. 207/13 (Mitt. Max-Planck-Inst. Eisenforsch. 594 u. Gemeinsh.-Aussh. Verzinken 8).

⁷⁾ Horstmann, D.: Arch. Eisenhüttenw. 25 (1954) S. 215/19 (Mitt. Max-Planck-Inst. Eisenforsch. 595 u. Gemeinsh.-Aussh. Verzinken 9).

sich diese Temperaturgrenze daraus, daß die ζ -Phase, deren verzögerte Keimbildung den verstärkten Zinkangriff bewirkt, oberhalb dieser Temperatur nicht mehr beständig ist.

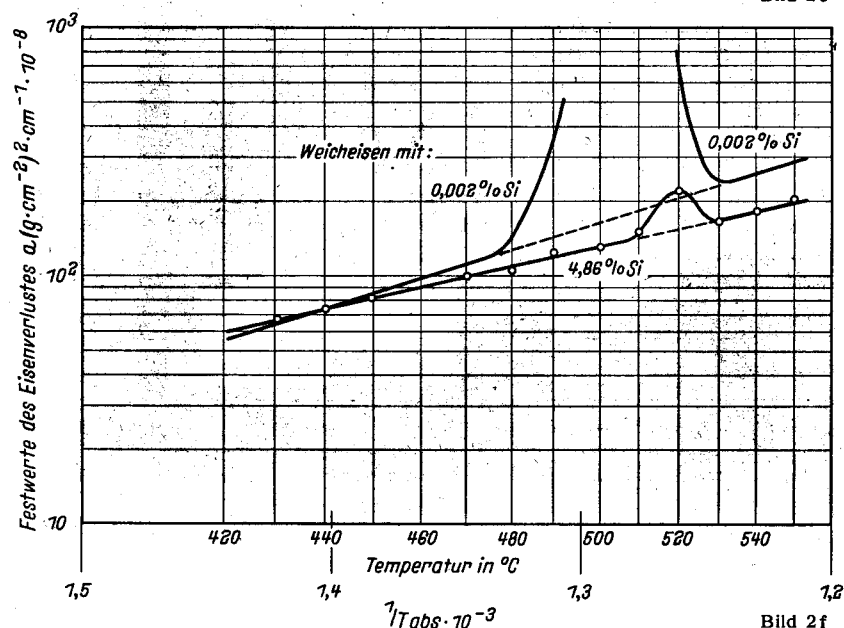
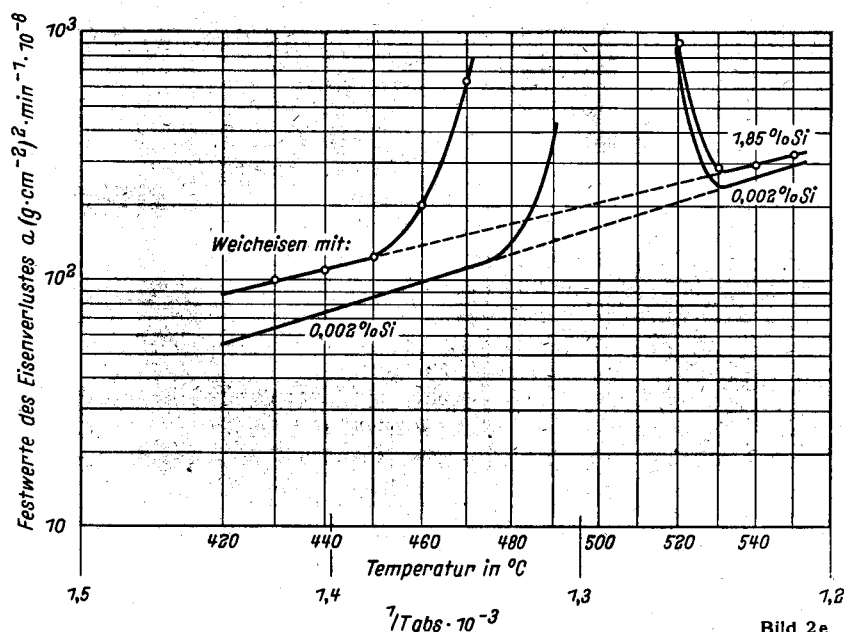
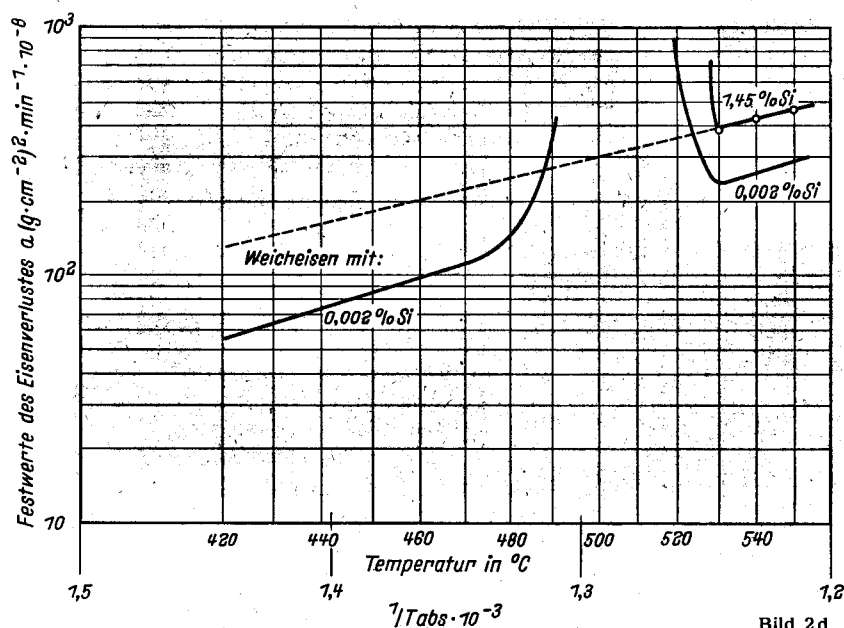
Für die von der Versuchszeit unabhängige Kennzeichnung der Stärke des Angriffs wurden, wie in den vorangegangenen Arbeiten^{5) 6)}, die beiden Festwerte a und b gewählt, die sich aus dem Eisenverlust, der Versuchszeit und dem Angriffsgesetz nach den Gleichungen

$$m^2 = a \cdot t \quad (\text{für den Angriff nach parabel-
förmigem Zeitgesetz})$$

und

$$m = b \cdot t \quad (\text{für den Angriff nach gerad-
linigem Zeitgesetz})$$

ergeben, und worin m den nach der Versuchszeit gemessenen Eisenverlust, t die Versuchszeit und a und b die beiden Festwerte darstellen. Diese von der Zeit unabhängigen, aber mit der Temperatur und dem Siliziumgehalt des Eisens veränderlichen Eisenverlust-Festwerte sind in *Tafel 2* in Abhängigkeit von der Temperatur und vom Siliziumgehalt des Eisens zusammengestellt. Dabei ist auf die verschiedenen Abmessungen der Festwerte hinzuweisen, die sich aus der Art der oben angeführten Gleichungen ergeben. In Übereinstimmung mit *Bild 1* zeigt diese Übersicht, daß sich das Temperaturgebiet des verstärkten Angriffs mit zunehmendem Siliziumgehalt zunächst verbreitert und dann wieder verengt, so daß bei dem Eisen mit 4,86 % Si nur noch ein schwach ausgeprägter, verstärkter Zinkangriff nach parabelförmigem Zeitgesetz bei 520° zu beobachten ist. Aus den Zahlenwerten, die im wesentlichen mit denen aus dem Schrifttum übereinstimmen, ist zu entnehmen, daß im Temperaturgebiet des verstärkten Angriffs der Angriff bei siliziumhaltigem Eisen wesentlich größer ist als bei Eisen, das nur Spuren Silizium enthält. Die für den verstärkten, mit der Zeit abklingenden Angriff in den Übergangsgebieten angegebenen Werte gelten dabei, vor allem im unteren Übergang, nur angenähert, da hier erhebliche Abweichungen vom parabelförmigen Gesetz zu beobachten sind. Die Werte sind aus den bei fünf verschiedenen Versuchszeiten gefundenen Eisenverlusten unter der Voraussetzung der Gültigkeit des parabelförmigen Gesetzes gemittelt. Die Zahlen zeigen ferner, daß der Zinkangriff in den Temperaturgebieten des üblichen Angriffs nach parabelförmigem Zeitgesetz ebenfalls bei steigendem Siliziumgehalt zunächst bis zu einem Höchstwert von 0,94 bis 1,45 % Si zunimmt und dann wieder abnimmt, wobei es so weit kommt, daß der Zinkangriff auf das Eisen mit 4,86 % Si bei höheren Temperaturen in Übereinstimmung mit den



Bilder 2 d bis f. Festwerte des Eisenverlustes bei parabelförmigem Zeitgesetz für verschiedene Siliziumgehalte im Eisen

Ergebnissen früherer Untersuchungen^{1) bis 4)} kleiner ist als der auf siliziumfreies Eisen. Auch für den Angriff nach dem geradlinigen Zeitgesetz zeigt sich ein Höchstwert von 0,94 bis 1,45 % Si.

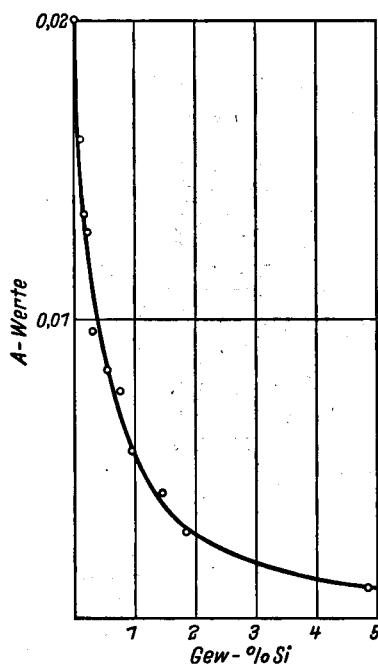


Bild 3. A-Werte in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt

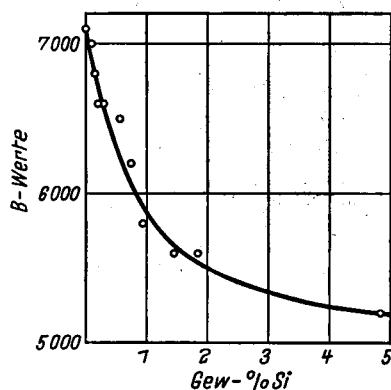


Bild 4. B-Werte in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt

Zur Kennzeichnung der Temperaturabhängigkeit des Angriffs sind die Eisenverlust-Festwerte a des Angriffs nach parabelförmigem Zeitgesetz in den Bildern 2a bis 2f für verschiedene Siliziumgehalte in einem logarithmischen Maßstab in Abhängigkeit vom Kehrwert der absoluten Temperatur aufgetragen. Zum Vergleich ist jeweils die bei der früheren Untersuchung⁵⁾ festgestellte Temperaturabhängigkeit des Angriffs auf siliziumfreies Eisen in diesen Bildern eingezeichnet. Aus diesen Bildern ist zu entnehmen, daß die Meßwerte in den beiden

Temperaturgebieten unterhalb und oberhalb des verstärkten Angriffs ebenso wie beim Weich-eisen auf einer durchgehenden Geraden liegen, d. h. der Angriff in diesen beiden Temperaturgebieten erfolgt nach dem gleichen Temperaturgesetz, für das die Gleichung

$$a = A \cdot e^{-\frac{B}{T}}$$

gilt. Dabei bedeutet a den von der Temperatur abhängigen Festwert des Eisenverlustes für den Angriff nach parabelförmigem Zeitgesetz, T die absolute Temperatur und A und B zwei in diesem Fall vom Siliziumgehalt des Eisens abhängige Festwerte. Aus dem Verlauf der logarithmischen Geraden lassen sich für verschiedene Siliziumgehalte im Eisen aus jeweils zwei Wertepaaren die beiden Festwerte A und B berechnen, wobei der Ursprung der Geraden durch den Festwert A und das Steigungsmaß durch den Festwert B be-

stimmt ist. Das Ergebnis dieser Berechnung zeigt, daß beide Größen mit zunehmendem Siliziumgehalt stetig kleiner werden (Bild 3 und 4). Da das Silizium in allen hier untersuchten Werkstoffen im α -Eisen-Mischkristall, also in der gleichen Form, gebunden ist, wird ein solcher stetiger Verlauf dieser beiden nur vom Siliziumgehalt abhängenden Größen

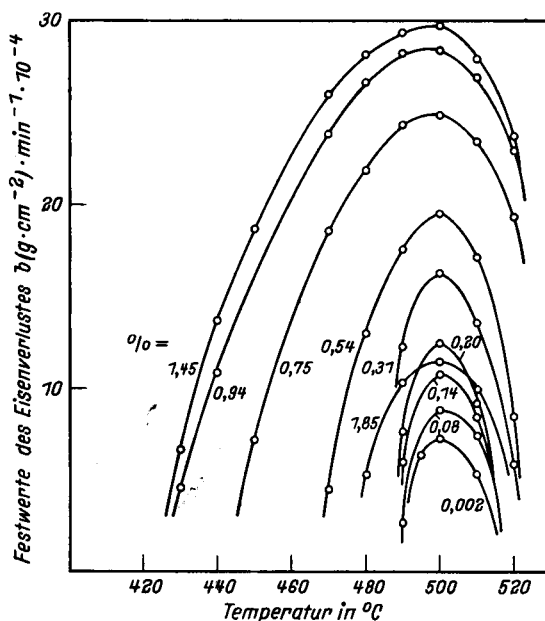


Bild 5. Temperaturabhängigkeit der Festwerte des Eisenverlustes bei geradlinigem Zeitgesetz

verständlich. Die bei Siliziumgehalten von etwa 1 bis 1,5 % gefundenen Höchstwerte des Zinkangriffs ergeben sich daraus, daß die A -Werte bei steigendem Siliziumgehalt zunächst schneller abfallen als die B -Werte, die ihrerseits bei den höheren Siliziumgehalten stärker abfallen.

In Bild 5 sind die Festwerte des Eisenverlustes b für den verstärkten Zinkangriff nach dem geradlinigen Zeitgesetz in Abhängigkeit von der Temperatur aufgetragen. Das außerordentlich starke Anwachsen des Angriffs bei Gehalten bis zu 1,5 % Si, und der Rückgang des Angriffs bei höheren Siliziumgehalten ist aus dieser Darstellung besonders deutlich zu ersehen. Die Temperatur des Höchstwertes des Angriffs, der bei siliziumfreiem Eisen bei 500° liegt, wird durch Siliziumzusätze zum Eisen nicht verändert. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Untersuchungen von H. Bablik und seinen Mitarbeitern^{2) bis 4)}, die feststellen, daß die Temperatur des größten Angriffs mit steigenden Siliziumgehalten zu tieferen Werten verschoben wird. Die starke Verbreiterung des Temperaturgebietes des verstärkten Angriffs mit steigenden Siliziumgehalten bis zu 1,5 % und die bei noch größerem Siliziumgehalt (1,85 %) wieder eintretende Verengung geht ebenfalls aus dieser Darstellung hervor.

Tafel 3. Festwerte des Eisengehaltes der Γ -Schicht $a' (g \cdot cm^{-2}) \cdot min^{-1} \cdot 10^{-10}$ im Bereich des parabelförmigen Zeitgesetzes

Silizium- gehalt %	Temperatur ° C													
	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	
0,20	5,4	6,5	7,2	6,8	1,5	In diesem Temperaturgebiet fehlt die Γ -Schicht						18,0	21,6	23,1
0,94												33,9	35,1	42,3
4,86	4,6	5,6	5,9	—	—	7,4	8,8	9,0	9,4	6,6	11,9	13,0	13,4	

Tafel 4. Festwerte des Eisengehaltes der δ_1 -Schicht $a' (g \cdot cm^{-2}) \cdot min^{-1} \cdot 10^{-8}$ im Bereich des parabelförmigen Zeitgesetzes

Silizium- gehalt %	Temperatur ° C										530
	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	
0,20	29,4	36,7	49,2	—	71,8	76,0	Bei diesen Temperaturen schwimmen Teile der δ_1 -Schicht ab				
0,94											
4,86	24,5	32,0	40,7	—	—	69,6	78,8	97,5	110,0	112,1	

Gefügebau und Wachstum der Eisen-Zink-Legierungsschichten

Wie beim Angriff des Zinks auf fast siliziumfreies Eisen, beobachtet man auch bei siliziumhaltigem Eisen, daß sich in den Temperaturgebieten des parabelförmig mit der Zeit abklingenden Angriffs auf der Eisenoberfläche festhaftende Eisen-Zink-Legierungsschichten bilden, während diese im Temperaturgebiet des geradlinig mit der Zeit fortschreitenden Angriffs auseinanderreißen. Als Beispiel sind in den Bildern 6a bis 6i die Gefüge von Legierungsschichten, die auf Eisen mit verschiedenen Siliziumgehalten bei verschiedenen Temperaturen gewachsen sind, wiedergegeben. Danach lassen die im Temperaturgebiet des parabelförmig mit der Zeit abklingenden Zinkangriffs unterhalb des Be-

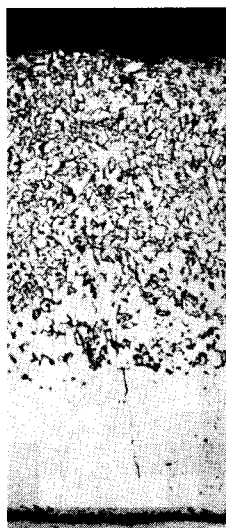
reiches des verstärkten Angriffs gebildeten Legierungsschichten keinen Einfluß des Siliziumgehaltes auf ihren Aufbau erkennen. Sowohl bei niedrigen als auch bei hohen Siliziumgehalten zeigt sich das bekannte Dreischichtengefüge, die Γ -, δ_1 - und ζ -Schicht (Bild 6a und 6b). Oberhalb 530° fällt die ζ -Phase weg und es tritt nur noch ein Zweischichtengefüge aus der Γ - und δ_1 -Phase auf (Bild 6c bis 6e), ohne daß auch hier ein Einfluß des Siliziumgehaltes auf die Bildung der Legierungsschichten erkennbar wäre. Für den Temperaturbereich des verstärkten, geradlinig mit der Zeit



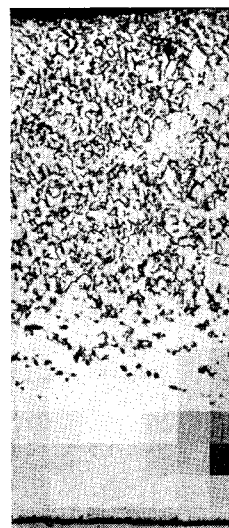
a) 0,20 % Si 440°



b) 4,86 % Si 440°



c) 0,20 % Si 540°
(rd. 150 : 1)



d) 0,94 % Si 540°



e) 4,86 % Si 540°



f) 0,20 % Si 500°



g) 0,94 % Si 440°
(rd. 150 : 1)



h) 0,94 % Si 500°
(rd. 40 : 1)



i) 4,86 % Si 520°
(rd. 150 : 1)

Bilder 6a bis i. Gefüge von Eisen-Zink-Legierungsschichten

fortschreitenden Angriffs sind in den Bildern 6f bis 6h einige Beispiele wiedergegeben. Diese lassen erkennen, daß der verstärkte Angriff ebenso wie bei Weicheisen dadurch bedingt ist, daß sich wegen der Behinderung der peritektischen Reaktion $\delta_1 + \text{Schmelze} = \zeta$ ebenso wie bei Weicheisen keine festhaftenden Legierungsschichten bilden, sondern daß die unmittelbar aus der Schmelze gebildeten ζ -Kristalle in das Zinkbad abschwimmen. Auch hier ist, abgesehen davon, daß sich der Temperaturbereich dieser Angriffsart mit dem Siliziumgehalt verändert, kein kennzeichnender Einfluß des Siliziums zu bemerken. Für einen Siliziumgehalt von 4,86 % läßt das in Bild 6i wiedergegebene Dreischichtengefüge (Γ -, δ_1 - und ζ -Schicht) erkennen, daß sich bei dem bei 520° auftretenden, leicht verstärkten Angriff nach parabelförmigem Zeitgesetz festhaftende Legierungsschichten gebildet haben, ähnlich wie sie sich bei Weicheisen im unteren Übergangsgebiet von der parabelförmigen zur geradlinigen Angriffsart bilden.

Im Bereich des parabelförmig mit der Zeit abklingenden Angriffs lassen sich unter Berücksichtigung des parabelförmigen Wachstumsgesetzes und der bekannten Dichten (7,36 für die Γ -Phase,

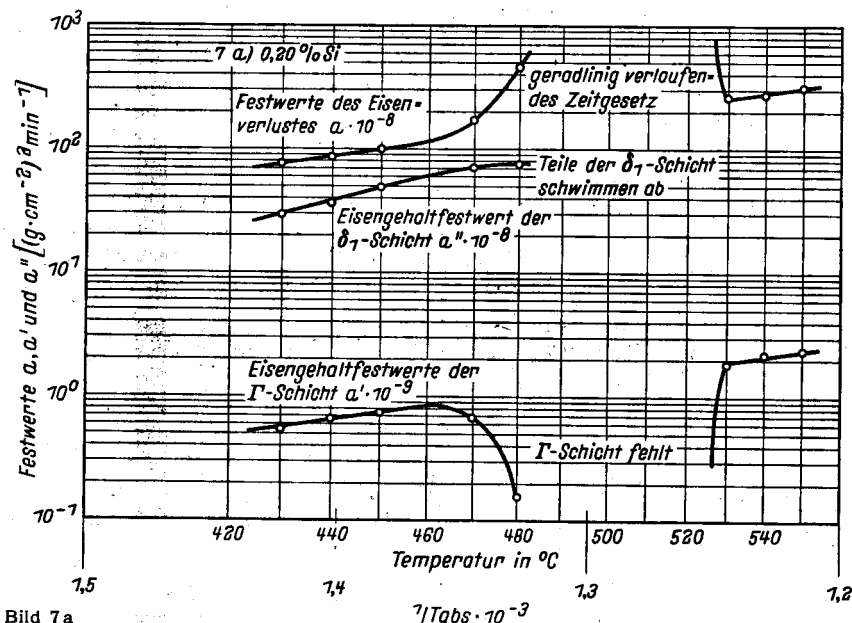


Bild 7a

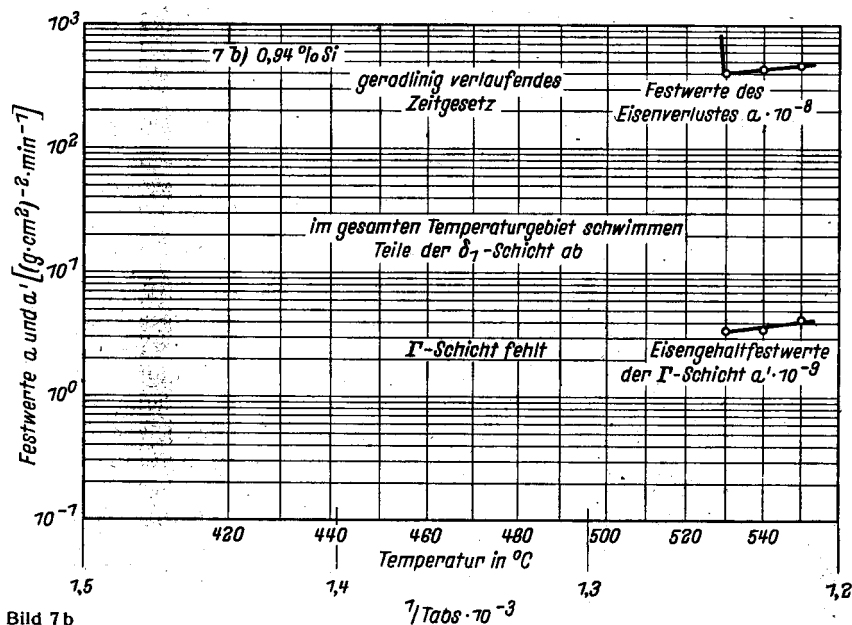


Bild 7b

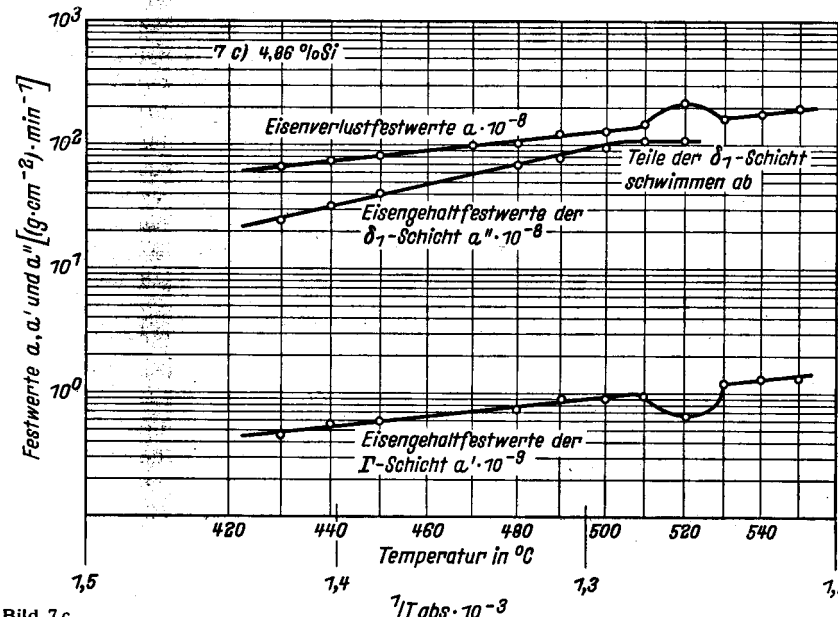
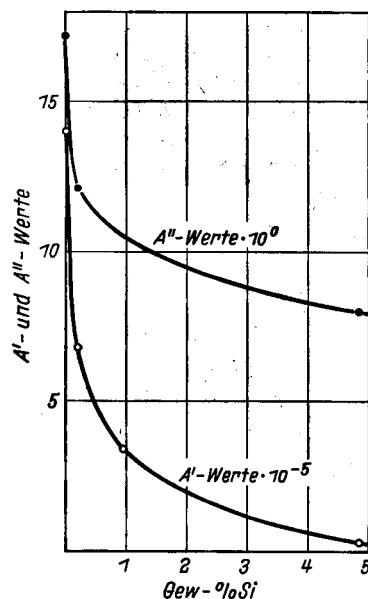
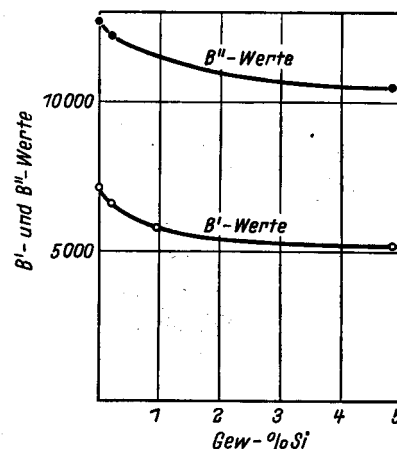


Bild 7c

Bilder 7a bis 7c. Festwerte des Eisenverlustes und der Eisengehalte der Γ - und δ_1 -Schicht bei parabelförmigem Zeitgesetz in Abhängigkeit von der Temperatur

4,26 für die δ_1 -Phase), der mittleren Eisengehalte (24,4 für die Γ -Phase, 9,5 für die δ_1 -Phase) sowie aus der Dicke dieser Schichten von der Temperatur abhängige Festwerte des Eisengehaltes berechnen, die sich mit den Eisenverlust-Festwerten des parabelförmig mit der

Bild 8. A' - und A'' -Werte in Abhängigkeit vom SiliziumgehaltBild 9. B' - und B'' -Werte in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt

Zeit verlaufenden Angriffs in Beziehung bringen lassen (Tafel 3 und 4). In Bild 7a bis 7c sind diese Festwerte in einem logarithmischen Maßstab in Abhängigkeit vom Kehrwert der absoluten Temperatur aufgetragen. Die Festwerte des Eisenverlustes sind zum Vergleich in diese Bilder miteingetragen. Aus den logarithmischen Geraden lassen sich zwei dem Eisenverlust sinnngemäße Gleichungen aufstellen:

$$a' = A' \cdot e^{-\frac{B'}{T}}$$

für die Γ -Schicht und

$$a'' = A'' \cdot e^{-\frac{B''}{T}}$$

für die δ_1 -Schicht. Aus diesen Gleichungen lassen sich ebenfalls Festwerte A' und B' sowie A'' und B'' berechnen, die in den Bildern 8 und 9 in Abhängigkeit vom Siliziumgehalt aufgetragen sind. Genau so wie die entsprechenden Festwerte für den Eisenverlust fallen diese Größen ebenfalls mit steigendem Siliziumgehalt stetig ab. Sie gestatten, die Schichtdicken der einzelnen Schichten für verschiedene Temperaturen, bei denen diese Gesetzmäßigkeit gilt, zu berechnen. Die Bilder 7a bis 7c zeigen ferner, daß die logarithmischen Geraden der Festwerte des Eisenverlustes und der Eisengehalte der Γ -Schicht zueinander parallel verlaufen, während die logarithmische Gerade der Festwerte des Eisengehaltes der δ_1 -Schicht ein anderes Steigungsmaß besitzt. Dies bedeutet, daß die Diffusion in der Γ -Schicht auch bei Anwesenheit von Silizium im Eisen die Geschwindigkeit des Gesamtangriffs bestimmt. Aus dem unterschiedlichen Verlauf der logarithmischen Geraden und der Abhängigkeit der Festwerte A' , A'' , B' und B'' vom Siliziumgehalt des Eisens ist zu entnehmen, daß ein Siliziumgehalt des Eisens die Diffusion in den Eisen-Zink-Legierungsschichten beeinflusst. Die verschiedene Ausdehnung des Temperatur-

gebietes des verstärkten Zinkangriffs bei verschiedenen Siliziumgehalten zeigt, daß außerdem auch die Bildung der ζ -Phase durch das Silizium beeinflusst wird.

Zusammenfassung

Aus eingehenden Versuchen über den Angriff von eisengesättigten Zinkschmelzen auf Eisen mit bis zu 4,86 % Si geht hervor, daß ein Siliziumgehalt den Angriff des Zinks bis zu einem Höchstwert von 1 bis 1,5 % Si allgemein verstärkt. Darüber hinaus wird der Temperaturbereich des geradlinig mit der Zeit fortschreitenden verstärkten Angriffs zu niedrigeren Temperaturen von 495° bis zum Schmelzpunkt erweitert. Bei noch höheren Siliziumgehalten wird der Angriff wieder geringer und die Temperaturgrenze des verstärkten Angriffs wieder zu höheren Temperaturen verschoben. Bei einem Werkstoff mit 4,86 % Si tritt überhaupt kein geradlinig mit der Zeit fortschreitender Angriff mehr auf. Für den praktischen Verzinkungsbetrieb bestätigen diese Untersuchungen die Erfahrung, daß der Siliziumgehalt in Werkstoffen für Verzinkungskessel grundsätzlich so niedrig wie möglich gehalten werden sollte.