

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute

Geleitet von Dr.-Ing. Dr. mont. E. h. O. Petersen

unter Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. W. Steinberg für den wirtschaftlichen Teil

HEFT 20

15. MAI 1941

61. JAHRGANG

Zur Frage der Haltbarkeit von Stahlwerkskokillen.

Von Otto Hengstenberg und Karl Knehans in Essen und Norbert Berndt in Kiel.

[Bericht Nr. 383 des Stahlwerksausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute¹.]

(Versuche mit 650-mm-Kokillen mit und ohne Flaschenhals. Untersuchung von im Kokillenunterteil angegossenen Proben. Großzahluntersuchung der günstigsten Zusammensetzung und der Stahlwerkeinflüsse. Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen Kokillenerzeuger und dem Stahlwerk.)

In einer früheren Veröffentlichung²) wurde das über die Haltbarkeit von Blockformen vorhandene Schrifttum einer Durchsicht unterzogen. Es ergab sich, daß gießerei- und stahlwerksbedingte Umstände, denen man einen Einfluß auf die Haltbarkeit zuschreibt, verschieden und zum Teil sogar widersprechend beurteilt werden. Nachfolgend soll über Ergebnisse eigener Versuche berichtet werden.

Einflüsse der Gießerei.

Für diese wurde einheitlich eine 650-mm-Kokille, die in großer Anzahl gebraucht wurde, gewählt. Die Kokille wurde zunächst in glatter Form hergestellt. Ein Stahlwerk

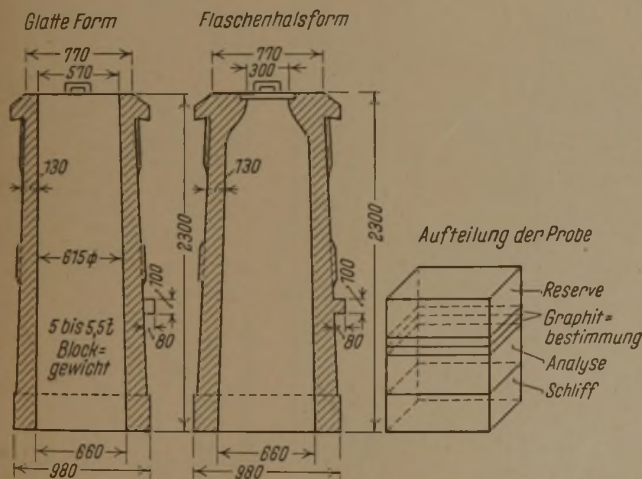


Bild 1. 650-mm-Blockformen mit angegossener Probe.

ging jedoch nach einiger Zeit zur Flaschenhalsform über. Während der Uebergangszeit konnte festgestellt werden, daß sich die Formänderung auf die Haltbarkeit nicht auswirkte.

In der Gießerei wurde zur Ueberwachung der Kokillenerstellung außer einer gesondert gegossenen Ofenprobe von

¹) Vorgetragen in der gemeinschaftlichen Sitzung des Unterausschusses für den Siemens-Martin- und Thomasbetrieb am 11. Februar 1941 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

²) Knehans, K., und N. Berndt: Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 973/78; Techn. Mitt. Krupp, B: Techn. Ber., 8 (1940) S. 71/76.

40 × 40 × 150 mm³ späterhin an den Kokillen noch eine weitere Probe von 100 × 80 × 40 mm³ in der in Bild 1 gezeigten Weise angegossen. Die Aufteilung dieser Probe zeigt Bild 1, rechts. Abgesehen von einigen Versuchsreihen bestand die Gattierung gleichbleibend aus 75 % Hämatit, 20 % Kokillenbruch und 5 % Stahl unter Verwendung von Hämatit stets gleicher Herkunft und Analyse und Stahlschrott von Stabstahl und Radreifen.

Zunächst wurde an Hand der ersten zum Teil stark streuenden Analysen und der zugehörigen Lebensdauer durch eine Großzahluntersuchung die am günstigsten erscheinende Zusammensetzung ermittelt und als vorläufige Richtanalyse festgelegt. Als etwa 550 Kokillen, die nach dieser hergestellt wurden, im Stahlwerk aufgebraucht waren, wurde nach Ausscheiden der durch Unfälle, wie Abreißen der Ohren oder Zerbrechen in der Fallgrube, un-

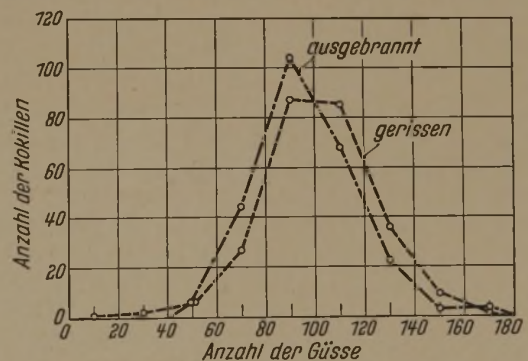


Bild 2. Häufigkeit der erreichten Gußzahlen.

brauchbar gewordenen an 506 Kokillen die Richtanalyse in gleicher Weise nachgeprüft, in der sie früher ermittelt worden war.

In Bild 2 ist zunächst die Anzahl der ausgehaltenen Güsse sowohl für die wegen zu starken Ausbrennens ausgeschiedenen als auch der durch Risse unbrauchbar gewordenen Kokillen in Form von Häufigkeitskurven dargestellt. Man erkennt, daß die ausgebrannten Kokillen im ganzen etwas weniger haltbar waren als die gerissenen. Die ausgebrannten Kokillen wiesen im allgemeinen einen höheren Gesamt-Kohlenstoffgehalt auf als die gerissenen. Die vermehrte Neigung zum Ausbrennen mit steigendem

Gesamt-Kohlenstoffgehalt geht aus *Bild 3*³⁾, oben, hervor. *Bild 3*, unten, zeigt, daß die mittlere Gußzahl mit steigendem Gesamt-Kohlenstoffgehalt sinkt.

In ähnlicher Weise zeigt *Bild 4*, daß das Verhältnis der ausgebrannten zu den gerissenen Kokillen mit steigendem Siliziumgehalt zunimmt, während die Lebensdauer sinkt. Mit steigendem Mangangehalt dagegen wird, wie *Bild 5* zeigt, der Prozentsatz an ausgebrannten Kokillen geringer. Die mittlere Gußzahl hat bei 0,5 bis 0,6 % Mn einen Bestwert.

Die Verteilung des Kohlenstoffes auf gebundenen Kohlenstoff und Graphit wurde an den gesondert gegossenen Ofenproben festgestellt. Die Ergebnisse haben für die Kokillen selbst nur eine Bedeutung insofern, als sie angeben, ob

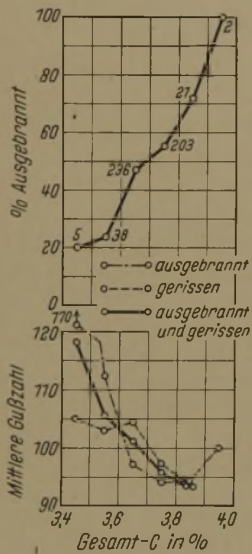


Bild 3. Einfluß des Gesamt-Kohlenstoffgehaltes auf die Art des Verschleißes und die erreichten Gußzahlen.

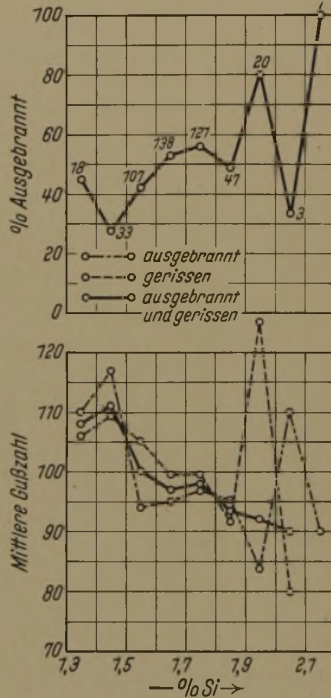


Bild 4. Einfluß des Siliziumgehaltes auf die Art des Verschleißes und die erreichten Gußzahlen.

ihre Gefüge mehr zur Graphit- oder Perlitbildung neigten. Aus *Bild 6* ist ein deutlicher Einfluß des gebundenen Kohlenstoffgehaltes der Ofenprobe auf den Prozentsatz an ausgebrannten Kokillen nicht zu erkennen. Dagegen war bei den gerissenen Kokillen mit einem höheren Gehalt an gebundenem Kohlenstoff eine merkliche Verbesserung der Lebensdauer verknüpft. Nach *Bild 7* haben die gerissenen Kokillen einen etwas höheren Graphitgehalt als die ausgebrannten. Die Lebensdauer fällt stark mit steigendem Graphitgehalt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich dahin deuten, daß bei einem Teil der ausgewerteten Kokillen der Graphitgehalt zu groß war. Niedriger Gehalt an Gesamtkohlenstoff (*Bild 3*) und Silizium (*Bild 4*) sowie viel gebundener Kohlenstoff (*Bild 6*) verbessern die Haltbarkeit. Alle drei Elemente vermindern den Graphitgehalt. Wenig Graphit führt aber nach *Bild 7*, unten, zu langer Lebensdauer.

Da die Phosphor- und Schwefelgehalte, von wenigen Ausnahmen abgesehen, alle unter 0,1 % lagen, ist im Hinblick auf die Schwankungen anderer, sich stärker auswirkender Elemente kein merklicher Einfluß von ihnen zu

³⁾ Die den Punkten beige-schriebenen Zahlen geben die Anzahl der Werte an, aus denen das Mittel errechnet wurde.

erwarten. Eine Auswertung von 94 Kokillen, bei denen der Gesamt-Kohlenstoff- und der Siliziumgehalt nur innerhalb enger Grenzen schwankten, ergab, wie *Bild 8*³⁾ zeigt, daß sich unter etwa 0,1 % P ein steigender Phosphorgehalt sogar günstig auf die Haltbarkeit auswirken kann.

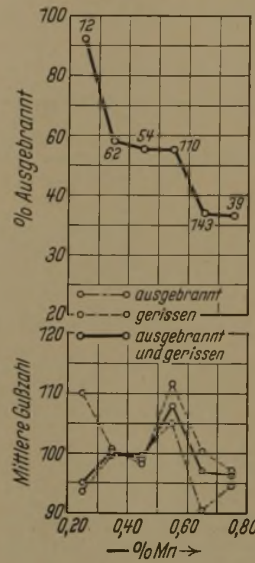


Bild 5. Einfluß des Mangangehaltes auf die Art des Verschleißes und die erreichten Gußzahlen.

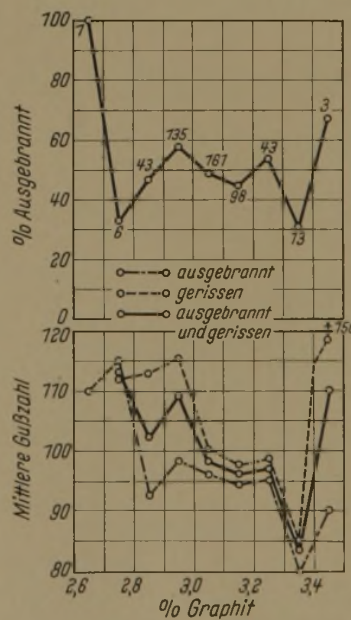


Bild 7. Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Sonderprobe an Graphit und der Art des Verschleißes sowie der erreichten Gußzahlen.

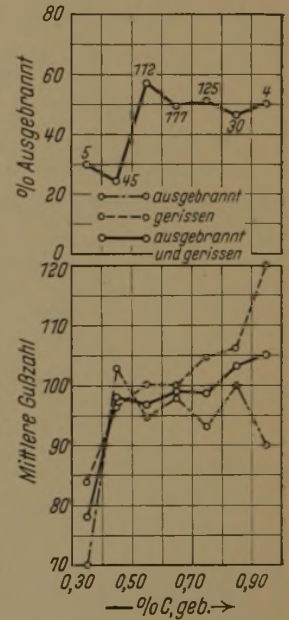


Bild 6. Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Sonderprobe an gebundenem Kohlenstoff und der Art des Verschleißes sowie der erreichten Gußzahlen.

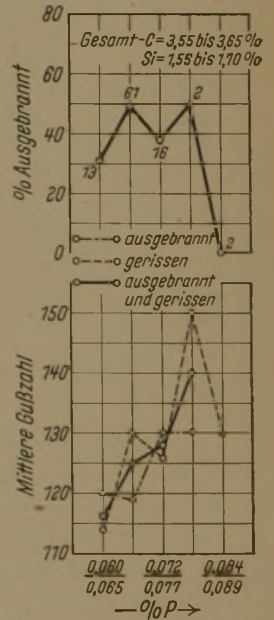


Bild 8. Einfluß des Phosphorgehaltes auf die Art des Verschleißes und die erreichten Gußzahlen.

Wenn sich jede dieser gefundenen Abhängigkeiten bei späteren, von Zeit zu Zeit in ähnlicher Form durchgeführten Nachprüfungen auch immer wieder in mehr oder weniger deutlicher Form bestätigte, so kann ihnen doch keineswegs

eine allgemeine Gültigkeit zugesprochen werden. Der gefundene Einfluß eines Elementes braucht zunächst nur für die Bedingungen zu gelten, unter denen er festgestellt wurde, d. h. z. B., wenn die übrigen Elemente in den vorliegenden Grenzen schwanken oder, wie später gezeigt werden wird, dasselbe Roheisen verwendet wird. Die sich widersprechenden Ansichten im Schrifttum über den Einfluß der verschiedenen Analysenbestandteile auf die Lebensdauer der Kokillen dürften sicherlich zum Teil

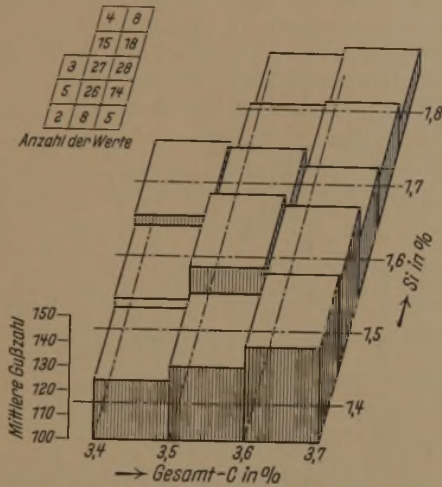


Bild 9. Abhängigkeit der erreichten Gußzahlen vom Gesamt-Kohlenstoff- und Siliziumgehalt.

darauf zurückzuführen sein, daß die Anzahl der untersuchten Kokillen nicht groß genug war, um die Zufälligkeiten auszugleichen, die durch die verschiedenartige Beanspruchung der einzelnen Kokillen im Betrieb die Lebensdauer stark beeinflussen. Die Hauptursache für diese

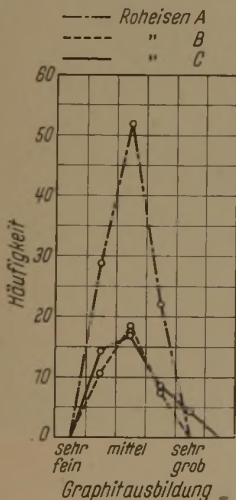


Bild 10. Graphitausbildung bei Verwendung verschiedener Roheisen.

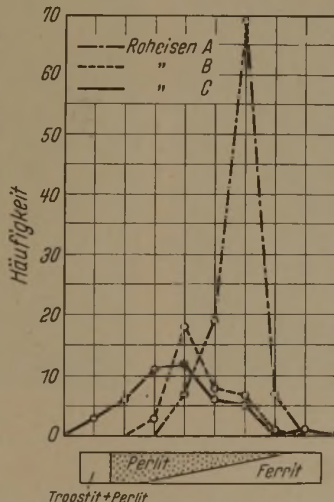


Bild 11. Gefüge bei Verwendung verschiedener Roheisen.

Widersprüche dürfte jedoch darin zu suchen sein, daß die Analyse und auch die Herstellungsbedingungen, wie z. B. die Gießtemperatur der Kokillen in der Gießerei, meist nicht als Ganzes betrachtet wurden. Dies ist jedoch notwendig, da die Wirkung eines Bestandteils auf das Gefüge von der Höhe der anderen abhängt.

So zeigt z. B. Bild 9 in Form eines Raumschaubildes die Abhängigkeit der Lebensdauer von 163 Kokillen vom Gesamt-Kohlenstoff- und Siliziumgehalt. Auch hier ergeben

sich wieder als günstigste Werte 3,50 bis 3,60 % Gesamtkohlenstoff und 1,50 % Si. Man erkennt aber andererseits, daß bei 3,40 bis 3,50 % Gesamtkohlenstoff höhere Siliziumgehalte, dagegen bei 3,60 bis 3,70 % Gesamtkohlenstoff niedrigere Gehalte günstiger sind. Immerhin ist es eine auffällige Übereinstimmung, daß man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eine der gefundenen Richtanalyse sehr ähnliche, nämlich 3,60 % Gesamtkohlenstoff, 1,50 bis 1,75 % Si, empfiehlt⁴⁾.

Die günstigste Zusammensetzung kann sich jedoch auch je nach der Art des verwendeten Roheisens verschieben, wie die nachstehende Untersuchung zeigt. Unter Anstrengung möglichst gleicher Arbeitsbedingungen und Fertiganalysen wurden eine Anzahl von Kokillen aus Roheisen mit 5% Stahlzusatz gegossen, wobei drei Roheisen-sorten A, B und C verschiedener Herkunft verwendet wurden. Die Mittel der unberichtigten Abstich- und Gießtemperaturen sowie der an einer angegossenen Probe bestimmten Zusammensetzung zeigt Zahlen-tafel 1.

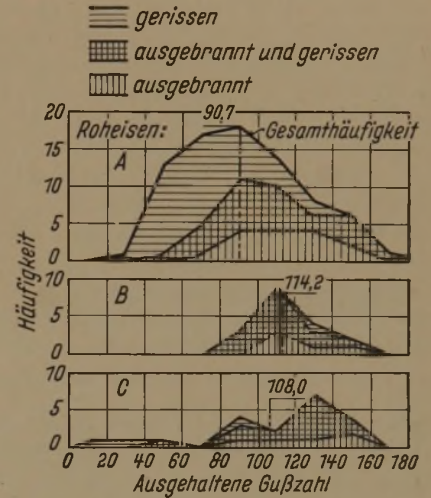


Bild 12. Art des Verschleißes und erreichte Gußzahl bei Verwendung verschiedener Roheisen.

Zahlentafel 1. Mittel der Abstich- und Gießtemperaturen von den drei untersuchten Roheisen-sorten.

Roheisen	Kokillenzahl	Abstichtemperaturen °C	Gießtemperatur	Gesamt-C %	Si %	Mn %	P %	S %
A	102	1393	1204	3,82	1,79	0,72	0,077	0,108
B	38	1397	1199	3,75	1,80	0,69	0,080	0,107
C	44	1398	1200	3,74	1,71	0,69	0,062	0,108

Bilder 10 und 11 zeigen das Ergebnis der metallographischen Untersuchung der angegossenen Proben. Die Graphitbildung (Bild 10) war bei den drei Roheisen-sorten etwa gleich. Dagegen schwankte der Gehalt an gebundenem Kohlenstoffgehalt sehr merklich von Troostit und Perlit über reinen Perlit bis zu reinem Ferrit, und zwar sind die aus den Roheisen B und C erheblich perlitischer als die aus dem Roheisen A hergestellten Kokillen (Bild 11).

In Bild 12 ist die mit den drei Roheisen-sorten erzielte Lebensdauer nach Ausscheidung aller nicht üblich beanspruchten oder durch Unfall vorzeitig zu Bruch gegangenen Kokillen einander gegenübergestellt. Außer den ausgebrannten und gerissenen Kokillen wurden auch solche unterschieden, die erst nach starkem Ausbrennen gerissen waren. Man erkennt, daß in Übereinstimmung mit Bild 7, unten, von den weichen Kokillen aus Roheisen A ein größerer Prozentsatz durch Reißen unbrauchbar wurde und nur eine geringe Lebensdauer erreichte. Wahrscheinlich waren die Festigkeitseigenschaften wegen des hohen Graphitgehaltes nicht ausreichend.

⁴⁾ Proc. Open-Hearth Steel Conference, Amer. Inst. min. metallurg. Engrs. 1934, S. 62.

Wie notwendig es ist, die einzelnen Legierungsbestandteile richtig auf die Beanspruchung der Kokillen abzustimmen, zeigt folgender Versuch.

Im Stahlwerk wurden 12 unmittelbar aus dem Hochofen aus Holzkohlenroheisen gegossene Kokillen eines anderen Lieferwerks erprobt, dessen Blockformen in anderen Stahlwerken außerordentliche Haltbarkeiten erzielen sollten. Diese Kokillen hielten jedoch nur 91 % der Gußzahl der üblichen Kokillen und wurden fast sämtlich durch Reißen unbrauchbar. Vermutlich lagen der Kohlenstoffgehalt mit

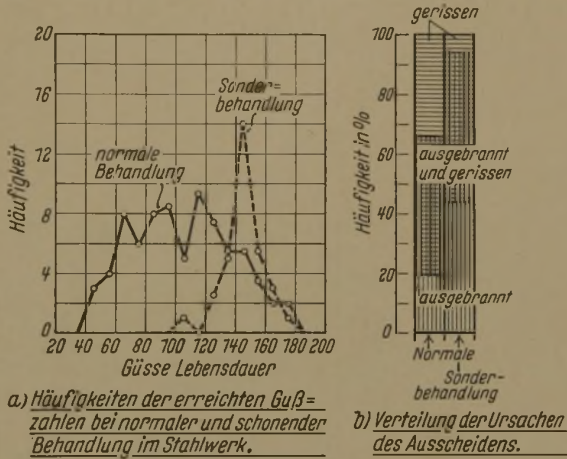


Bild 13. Einfluß der Behandlung.

etwa 3,1 % und der Siliziumgehalt mit etwa 1,8 % zu niedrig. Andererseits erzielten 20 in der eigenen Gießerei aus dem Kupolofen gegossene Kokillen, bei denen das sonst gebrauchte Roheisen durch Holzkohlenroheisen gleicher Herkunft ersetzt wurde, 117 % der Gußzahl der gleichzeitig gebrauchten anderen Kokillen. Die Zusammensetzung dieser aus Holzkohlenroheisen erschmolzenen Kokillen betrug im Mittel: 3,8 % C, 1,27 % Si, 0,70 % Mn, 0,10 % P und 0,09 % S. Bei fruchtlich günstiger Lage könnte mithin die Verwendung von Holzkohlenroheisen unter Umständen zu erwägen sein.

Bezüglich der Herstellung in der Gießerei ergibt sich mithin, daß es zweckmäßig ist, stets von den gleichen Rohstoffen auszugehen. Nach ihnen richtet sich auch die anzustrebende Zusammensetzung, die überdies von den an die Kokillen gestellten Anforderungen und wahrscheinlich auch von den Abmessungen der Kokillen abhängt.

Behandlung im Stahlwerk.

Mindestens so bedeutungsvoll wie die gießereibedingten Einflüsse ist für die Haltbarkeit der Kokillen jedoch die Behandlung im Stahlwerksbetriebe. Nach A. Ristow⁵⁾ stieg der Kokillenverbrauch je t Stahl von 8 auf 12 kg, wenn bei Verwendung von Abstreifern die Blockformen im Thomaswerk statt 8mal an einem Tag 12- bis 14mal gebraucht wurden. Eigene Versuche bestätigen diese Feststellungen. Zwei Gespanne, insgesamt acht Kokillen, wurden jedesmal nach dem Abguß abgestreift und etwa 10 min in Wasser abgekühlt. Nach dem Trocknen wurden sie sofort wieder,

⁵⁾ Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 401/04 u. 427/33 (Stahlw.-Aussch. 367).

insgesamt 12- bis 14mal täglich, gebraucht. Diese Versuche wurden im Laufe eines Jahres 8mal mit zwei Gespannen wiederholt. Die Lebensdauer dieser häufig eingesetzten acht Gespannpaare erzielte im Mittel 90,0; 100,0; 87,8; 79,8; 107,7; 91,6; 101,0 und 91,5, im großen Durchschnitt 93,7 %

a = mittlere Anzahl der zusätzlich ausgehaltenen fallenden Güsse
 c = mittlere Anzahl der zusätzlich ausgehaltenen steigenden Güsse

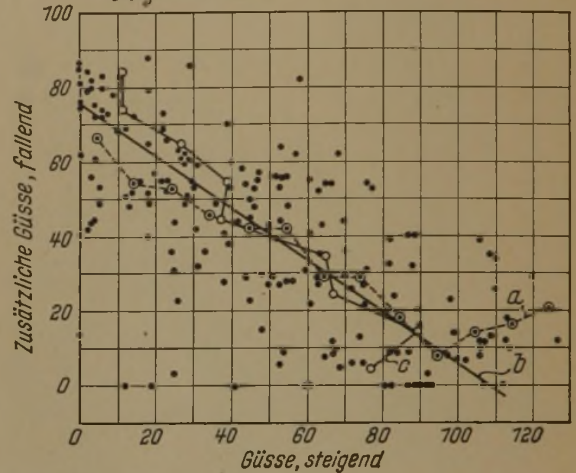


Bild 14. Lebensdauer der Kokillen bei steigendem und fallendem Guß.

der mittleren Lebensdauern der gleichen, in derselben Zeit aber weniger häufig gebrauchten Kokillen. Als Gegenprobe wurden von 110 Kokillen wahllos 32 herausgegriffen und besonders schonend behandelt. Sie wurden nur einmal täglich verwendet. Die restlichen 78 Kokillen wurden wie



Bild 15 a. Nach 100 fallenden Güssen.

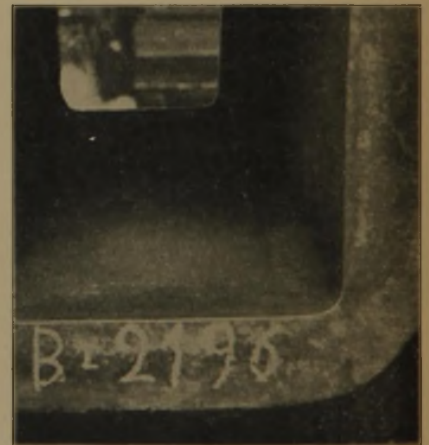


Bild 15 b. Nach 154 steigenden Güssen.

Bild 15 a und b. Einfluß der Gießart auf die Beanspruchung der Blockformen.

üblich im Betrieb gebraucht. Bild 13 a zeigt die Häufigkeiten der Lebensdauer der beiden Gruppen. Die mittlere Lebensdauer der 78 normal behandelten betrug 103,3 Güsse, diejenige der 32 besonders vorsichtig verwendeten dagegen 144,8 Güsse. Stellt man für beide Gruppen die Ursachen des Ausscheidens einander gegenüber, wie dies in Bild 13 b geschehen ist, so erkennt man, daß durch die Sonderbehandlung der Prozentsatz an Kokillen, die ohne wesentliche Ausbrennerscheinungen gerissen sind, erheblich zurückgegangen ist.

Eine Gelegenheit, die unterschiedliche Beanspruchung der Blockformen durch steigenden und fallenden Guß zu untersuchen, bot sich, als das Thomaswerk vom steigenden

zum fallenden Guß übergang. In der Uebergangszeit wurden die gleichen Kokillen meist für beide Gießarten benutzt. Von 184 Blockformen war die Zahl der steigenden und der fallenden Güsse bis zum Unbrauchbarwerden bekannt. In *Bild 14* sind als Abszisse die Anzahl der steigenden und als Ordinate die Anzahl der zusätzlich ausgehaltenen fallenden Güsse aufgetragen. Dann wurde die Anzahl der steigenden Güsse in Klassen unterteilt und für jede die mittlere Anzahl der zusätzlich ausgehaltenen fallenden Güsse errechnet (Linienzug a). In gleicher Weise wurde für die fallenden Güsse die mittlere Anzahl der zusätzlich ausgehaltenen steigenden Güsse als Linienzug c bestimmt. Die Linienzüge a und c stimmen recht befriedigend überein, und man kann zwanglos eine Gerade b hindurchlegen. Diese schneidet die Abszisse bei 109 und die Ordinate bei 76 Güssen. Der Uebergang vom steigenden zum fallenden Guß setzt also die Lebensdauer im Verhältnis von 109 zu 76, also um etwa 30,3 % herab.

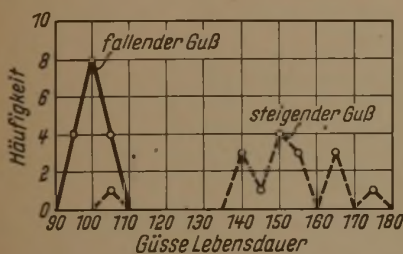


Bild 16. Häufigkeiten der erreichten Gußzahlen bei fallendem und steigendem Guß.

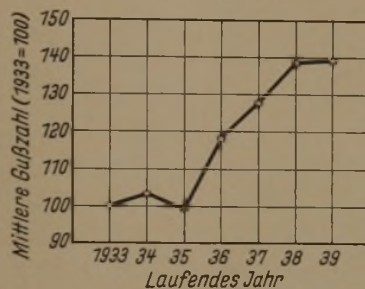


Bild 17. Zunahme der Kokillenhaltbarkeit.

Genau das gleiche Ergebnis hatte ein gesondert vorgenommener Betriebsversuch. Von 16 Kokillen wurden acht ausschließlich für fallenden und die restlichen acht stets für steigenden Guß verwendet. Zur schnelleren Durchführung der Versuche wurden die Blockformen in jeder Schicht einmal abgegossen. Sie mußten deshalb, entgegen dem üblichen Brauch, im Kühlbecken längere Zeit gekühlt werden. Bei den für fallenden Guß benutzten Blockformen traten ziemlich früh vom Fuß ausgehende Risse auf (*Bild 15a*), die sich im Laufe der Zeit durch Ausbrennen stark vertieften. Dagegen blieben die Flächen der im Gespann gegossenen Kokillen längere Zeit gut (*Bild 15b*). Erst später bildeten sich dann, 15 bis 20 cm vom Fuß entfernt, tellerförmige Ausbrennungen. *Bild 16* zeigt die bei diesem

Vergleichsversuch erreichte Lebensdauer. Die fallend gegossenen Blockformen hielten im Mittel 99,7, die steigend gegossenen 150,9 Güsse aus. Bei fallendem Guß nahm die Lebensdauer mithin gegenüber steigendem um 34 % ab.

Um wirklich einwandfreie und lückenlose Unterlagen sowohl über das Verhalten der Kokillen, besonders derjenigen der Versuchsreihen, im Gebrauch als auch über ihre Behandlung und Verwendung im Betrieb zu erhalten, wurde in den Stahlwerken ein besonderer Kokillenrevisor eingesetzt, der die Behandlung und Haltbarkeit genau aufzeichnete. Diese reine Beobachtungstätigkeit wirkte sich überdies zweifellos vorteilhaft im Sinne einer schonenden und gleichmäßigen Benutzung der Blockformen aus. Weiterhin wurde gefunden, daß sich die Lebensdauer vieler Kokillen durch Schleifen oder Ausbessern verlängern läßt. Wenn die Ausbrennungen auf der Kokillenwand ein gewisses Maß noch nicht überschritten haben, ist es vorteilhaft, diese Stellen auszuschleifen. Die Verlängerung der Lebensdauer durch dieses Vorgehen dürfte mindestens 15 % betragen.

Die in Zusammenarbeit zwischen Kokillenhersteller und -verbraucher gesammelten Erkenntnisse und die Befolgung der sich aus ihnen ergebenden Hinweise bewirkten insgesamt im Laufe der Zeit eine beträchtliche Steigerung der Kokillenhaltbarkeit. *Bild 17* zeigt, bezogen auf die im Jahre 1933 erreichte mittlere Gußzahl = 100, die Zunahme der Lebensdauer.

Zusammenfassung.

Für die Haltbarkeit der Blockformen sind gießerei- und stahlwerksbedingte Einflüsse von Bedeutung. In der Gießerei muß ein möglichst gleichbleibendes Arbeitsverfahren und die genaue Einhaltung einer Richtanalyse angestrebt und überwacht werden. Diese Richtanalyse ist von den Rohstoffen, der Arbeitsweise, der Größe der Kokillen und ihrem späteren Verwendungszweck abhängig.

Von ebenso großer Bedeutung ist jedoch eine schonende Behandlung im Stahlwerk. Eine besondere Ueberwachung und nötigenfalls ein rechtzeitiges Ausbessern der Kokillen sind vorteilhaft. Eine zu schnelle Gußfolge setzt die Lebensdauer erheblich herab. Bei fallendem Guß halten die Kokillen etwa 30 % weniger als bei steigendem.

Auf der gleichen Sitzung berichteten K. Hoffmann⁶⁾, Neunkirchen, und E. Saemann⁶⁾, Hattingen. An diese Vorträge schloß sich folgende Erörterung an.

F. W. Morawa, Bobrek-Karf: Angeregt durch die letzten Veröffentlichungen²⁾⁵⁾ über den noch nicht ganz geklärten Einfluß von Phosphor und Schwefel in der Analyse der Kokille, hatten wir einige Kokillen mit absichtlich höheren Phosphor- und Schwefelgehalten gegossen, um damit Vergleiche anzustellen. Es waren insgesamt acht Kokillen, davon vier mit etwas höherem Phosphorgehalt und vier mit höherem Schwefelgehalt. Der Phosphorgehalt lag steigend von etwa 0,13 bis 0,16 % P. Beim Schwefelgehalt sind wir auf 0,14, 0,15 und sogar auf 0,26 % gegangen. In *Zahlentafel 2* möchte ich die Zahlen vorführen. Die vier ersten Kokillen sind die sogenannten P-Kokillen, die nach der Haltbarkeit geordnet sind. Man könnte, soweit man nach der geringen Kokillenzahl ein Urteil fällen darf, schließen, daß der Phosphorgehalt in diesen etwas höheren Grenzen kaum von Einfluß ist. Die Kokille mit höchstem Phosphorgehalt von 0,16 % hat immer noch 124 Güsse gehalten.

Die Versuche sind so durchgeführt worden, daß in einem Satz von 20 Kokillen in Gespannen zu je vier Kokillen in jedem Viergespann eine Kokille mit höherem Phosphorgehalt und

Zahlentafel 2. Einfluß des Phosphor- und Schwefelgehaltes auf die Haltbarkeit von 3-t-Quadrat-Blockkokillen.

		Si %	Mn %	P %	S %	Gesamt-C %	Gußzahl
175	P-Kokillen	2,16	0,56	0,140	0,108	3,48	153
132		2,66	0,52	0,148	0,079	3,42	134
130		2,20	0,83	0,161	0,081	3,53	121
174		1,68	0,56	0,131	0,105	3,29	102
142	S-Kokillen	2,54	0,50	0,114	0,140	3,30	51
137		1,96	0,37	0,107	0,152	3,60	50
181		1,60	0,50	0,128	0,260	3,22	1
177					0,240		1

eine solche mit höherem Schwefelgehalt neben zwei Kokillen üblicher Zusammensetzung aufgestellt war, damit alle Kokillen den gleichen Bedingungen unterworfen waren. Die durchschnittliche Haltbarkeit des Satzes, also der Kokille mit üblicher Zusammensetzung, war 140 Güsse. Der Phosphorgehalt spielt also nur eine unbedeutende Rolle. Dagegen zeigt sich bei höherem Schwefelgehalt ein stärkerer Einfluß auf die Haltbarkeit. Schon bei 0,14 und 0,15 % S fiel die Haltbarkeit mit etwa 50 Güssen auf ungefähr ein Drittel. Die beiden Kokillen mit 0,24 und

⁶⁾ Stahl u. Eisen demnächst.

0,26 % S sind sogar, trotz gleicher Behandlung vor der Inbetriebnahme, schon nach dem ersten Guß gerissen.

E. Kerl, Großmövern: Die von Herrn Hengstenberg gemachten Ausführungen kann ich bestätigen, besonders soweit sie den gebundenen Kohlenstoff und die Gießtemperatur betreffen.

In den Jahren 1936 bis 1939 betrug der durchschnittliche Kokillenverbrauch beim Hüttenwerk Mövern 7,6 kg/t Rohblock, von August bis Dezember 1940 jedoch nur 4,4 kg; die Ersparnisse führe ich hauptsächlich auf das Füttern des Handelsstahles in den Kokillen mit Feinblechabfällen zurück. Die Kokillenhaltbarkeit war in den Jahren 1936 bis 1939 durchschnittlich 157,2, dagegen stieg sie seit Einführung des Fütterns im Jahre 1940 vom Monat August bis Dezember auf 190,5.

Wir haben zwei Sorten von Kokillen: eine glatte Kokille und eine mit gewellten Ecken, welche sich nicht bewährt hat. Die Haltbarkeit der glatten Kokille ist um 45 % höher. Die Analyse der Kokillen ist ungefähr: 3,15 % Graphit, 0,4 % gebundener Kohlenstoff, 3,55 % Gesamtkohlenstoff, 1,73 % Si, 0,52 % Mn, 0,106 % P, 0,056 % S.

In Betrieb stehen 160 Kokillen. Wir arbeiten mit zwei Schichten, so daß die Kokillen ungefähr zweimal in 16 h gebraucht werden. Die Dauer der Luftabkühlung beträgt etwa 6 bis 10 h. Standzeit vor dem Abstreifen mit dem gegossenen Block: 20 bis 25 min. Die abgezogenen Kokillen werden auf einen Rost gesetzt, welcher die Zufuhr von Luft von unten ermöglicht. Eine Vorwärmung findet nur am Montagmorgen statt, falls sonntags nicht gearbeitet wird. Die Kokillen haben eine untere Wandstärke von 145 mm.

Erwähnenswert ist auch die Kokillenhobelmachine von Rodingen, die selbsttätig Kokillen mittels Schablone aushobelt. Dort werden die Kokillen viermal ausgehobelt, wodurch sich eine 35- bis 40prozentige Steigerung der Haltbarkeit ergibt. Die Vorteile des Aushobelns bestehen nicht allein in einer besseren Ausnutzung der Kokillen, sondern hauptsächlich darin, daß die Oberflächen der Blöcke sehr viel besser sind und dadurch Ausschub, hervorgerufen durch Schälchen, verhindern. Auf dem Röchlingschen Eisen- und Stahlwerk wird eine Ersparnis durch Aushobeln auf einer alten Hobelmachine erzielt, die mit 6600 *RM* je Monat angegeben wird oder 0,13 *RM* je t, während die Hobelkosten nur 0,03 *RM* betragen. Die Ersparnisse je t Stahl sind in jedem Werke verschieden je nach dem Kokillenpreis und der Kokillenhaltbarkeit.

Mit der Rodinger Maschine kann man vier Kokillen in 24 h aushobeln, und man braucht nur einen Mann zur Bedienung. Da sie selbsttätig nach Schablonen arbeitet, muß sich gegen Völklingen eine noch größere Ersparnis ergeben. Die Zahnrad- und Getriebefabrik in Stahlheim verhandelt zur Zeit auf unsere Veranlassung hin wegen der Anschaffung einer derartigen Maschine, und wir hoffen, daß eine oder mehrere dieser Maschinen für alle Hüttenwerke dort beschafft werden, um die Kokillen auszuhobeln und auf diese Weise dazu beizutragen, die Lebensdauer zu verlängern.

Wegen des Phosphorgehaltes der Kokillen möchte ich noch bemerken, daß man in Donawitz und Witkowitz stets mit 0,12 bis 0,14 % P arbeitet und trotzdem eine Kokillenhaltbarkeit von 120 bis 130 Güssen erzielte. Herr Morawa dürfte deshalb mit seiner Ansicht recht haben. Auch die seinerzeit in Julienhütte aus Werfen bezogenen Kokillen aus Holzkohlen-eisen, die mit hohen Frachtkosten belastet waren, haben sich mit einer Haltbarkeit von 200 bis 300 Güssen gut bezahlt gemacht. Die Zusammensetzung war: 3,29 % Graphit, 0,57 % gebundener Kohlenstoff, 1,27 % Si, 1,29 % Mn, 0,147 % P, 0,061 % S.

Wegen des im Lichtbogenofen gewonnenen synthetischen Roheisens möchte ich nach den Erfahrungen in Rombach bemerken, daß sich Kokillen aus reinem synthetischen Roheisen nicht bewährt haben.

R. Frerich, Dortmund (Vorsitzender): In Luxemburg halten die Kokillen zunächst 120 Güsse, nach einem Aushobeln weitere 80 Güsse, nach einem zweiten Aushobeln noch weitere 40 Güsse. Nun muß man wohl sagen, daß die Luxemburger einen sehr großen Kokillenspark hatten und ihre Kokillen besonders pflegten. Die Kokillen wurden luftgekühlt, sauber ausgebürstet und geteert, bevor sie wieder gebraucht wurden.

Weiter kann ich berichten, daß das Ausschleifen der Kokille, das bei uns geübt wird, sich sehr bezahlt macht. Wir schleifen die Kokillen aus, nachdem sie etwa 75 bis 80 Güsse gemacht haben oder wenn es nötig geworden ist, und wir erreichen damit zusätzlich eine weitere Gußzahl von durchschnittlich 25 Güssen nach jedem Schleifen. Man muß natürlich so viel wegschleifen, daß man wieder an den gesunden Werkstoff

kommt. Das Ausschleifen ist mit einer besonderen Maschine verhältnismäßig einfach; ein Mann schleift in einer Schicht eine große Kokille von 5 t aus.

Sehr wesentlich scheint mir bei den Ausführungen von Herrn Kerl zu sein, daß er die Kokillen nur zweimal in 24 h gießt und sie nur etwa 20 min über dem warmen Block läßt. Ich möchte die Herren, die mit Stahlgußkokillen Erfahrungen gemacht haben, bitten, sich zum Wort zu melden.

O. Jakobs, Rombach (schriftliche Äußerung): Seit etwa 20 Jahren sind in Rombach keine Hämatitkokillen verwendet worden, man nahm nur Stahlgußkokillen. Die Haltbarkeit der Stahlgußkokillen betrug im Durchschnitt 300 bis 350 Güsse. Die Wandstärke der Kokille ist: oben 120 mm, unten 135 mm bei einem Blockquerschnitt von 520 mm oben und 625 mm unten.

Ich sah gleich zu Beginn meiner hiesigen Tätigkeit, daß sich meine langjährigen Erfahrungen mit Stahlgußkokillen wiederholten, und bestellte Hämatitkokillen. Die Nachteile der Stahlkokillen sind:

1. Rauhe Oberfläche der Stahlblöcke.
2. Bei geringen Querrissen in den Kokillen entstehen Risse in der Oberhaut der innen noch flüssigen Blöcke. Hierdurch werden auch Risse in den Stahlblöcken verursacht, welche beim Walzen zwar zugeklebt werden, sich aber später wieder störend bemerkbar machen.
3. Die Stahlkokillen werfen sich.
4. Bei den Stahlgußkokillen bleibt meist der letzte Block sitzen. Für Schienenstahl und sonstigen Hartstahl sind darum Stahlkokillen nicht anzuwenden.

Die Vorteile der Hämatitkokillen dagegen sind eine glatte Innenhaut und glatte Blöcke. Hierdurch werden fehlerhafte Schienen usw. vermieden.

Preisberechnung: Angenommen, der Preis des flüssigen Thomas- oder Siemens-Martin-Stahls wäre 60 *RM*, der Schrottpreis der unzerschlagenen Kokille 35 *RM*, so wäre die Nutzbarkeit: $60 - 35 = 25$ *RM*.

Preis der Hämatitkokille: 180 *RM*. Wert der unzerschlagenen Hämatitkokille: 80 *RM*. So ist die Kokillenarbeit: $180 - 80 = 100$ *RM*. Dieser Unterschied von 25 und 100 *RM* hat die Anhänger der Stahlgußkokillen veranlaßt, Stahlkokillen zu verwenden. Aus ihren Berechnungen wurde aber absichtlich der Ausschub am fertigen Walzgut herausgehalten. Dieser Ausschub übertrifft aber bei weitem die 75 *RM* Unterschied zwischen Stahl- und Hämatitkokille.

K. Kauth, Witten: Auf verschiedenen Werken der Ruhrstahl-A.-G. sind schon seit vielen Jahren Stahlgußkokillen in Gebrauch. Die erzielten Ergebnisse sind mit „sehr gut“ zu bezeichnen. Es handelt sich hierbei um Rund- und Achtkant-Schmiedblock-Kokillen, die aus unlegiertem Stahl mit ungefähr 0,20 % C hergestellt werden. Die Rundkokillen beispielsweise, in denen Elektroblöcke mit einem Gewicht von 1,6 t hergestellt werden, halten durchschnittlich etwa 160 Güsse aus, werden dann wegen rauher Innenflächen ausgedreht, überstehen dann abermals etwa 100 Güsse und werden dann wiederum überdreht. Das Endergebnis zeigt, daß die Haltbarkeit dieser Kokillen weit größer als das Doppelte einer Graugußkokille ist. Wichtig ist, nur Kokillen mit geeigneten Formen in Stahlguß auszuführen, d. h. solche, bei denen die Gefahr des Verziehens gering ist. Das Blockgewicht der in Gebrauch befindlichen Formen schwankt zwischen 1 und 18 t.

Zu den Ausführungen des Herrn Hoffmann ist ergänzend noch zu sagen, daß neben der Gattierung im Kupolofen, der Herstellung der Formen, der Behandlung der fertigen Kokillen nach den Erfahrungen der Ruhrstahl-A.-G. die Qualität des Roheisens die Haltbarkeit der Blockformen bestimmt. Die Herstellung von dauerhaften Blockformen kann nur dann geschehen, wenn bestgeeignetes Roheisen zur Verfügung steht. Das verwendete Hämatit ist bestimmend für die Güte der Kokille, und viele eben besprochene Werkstofffragen spielen demgegenüber eine ganz untergeordnete Rolle. So wurde beispielsweise in einem Lichtbild des Herrn Saemann ein grobkörniger Bruch von Roheisen gezeigt, das feinkörnige Flecken enthielt. In Kokillen, die mit derartigem Roheisen hergestellt werden, kann man keine gleichmäßige Graphitverteilung erhalten, da das Umschmelzen im Kupolofen diesen Fehler wohl schwächen, nicht aber beseitigen kann. Feinkörnige Stellen haben aber in einem sonst grobkörnigen Gefüge immer Spannungen zur Folge, die sich durch Reißen der Blockformen auslösen können. Das einzige Mittel, ein solches Roheisen noch halbwegs verwendbar zu machen, ist, es im Kupolofen sehr heiß herunterzuschmelzen und dann vor dem Vergießen in der Pfanne bis zur geeigneten Gießwärme erkalten zu lassen.

Weiterhin ließ Herr Hoffmann in seinem Vortrag die Frage der Haltbarkeitssteigerung durch Glühen der Kokillen offen. Derartige Versuche wurden ebenfalls von der Ruhrstahl-A.-G. durchgeführt. Es war in keinem Fall möglich, eine Verlängerung der Lebensdauer der Blockformen durch Ausgleichsglühungen vor Ingebrauchnahme zu erzielen.

Wie sind die Erfahrungen mit Zusätzen von Stahlbruch? Mir ist bekannt, daß auf der Henrichshütte vor einigen Jahren versuchsweise 10 bis 20 % Stahlbruch zugattiert wurden. Auch das wäre vielleicht ein Weg, den Phosphorgehalt zu senken.

E. Eickworth, Dortmund: Bei Hoesch werden seit Jahren im Thomasstahlwerk die Kokillen besonders gründlich überwacht. Hierbei werden die Kokillen, die von den verschiedenen Gießereien angeliefert werden, vor ihrer Verwendung auf äußere Gußfehlerfreiheit genauestens untersucht. Fehlerhafte Kokillen werden nur unter Vorbehalt in den Betrieb genommen. Beim Ausschneiden der Kokillen wird wiederum festgestellt, ob die Kokillen durch natürlichen Verschleiß, Werkstofffehler oder durch eigenes Betriebsverschulden unbrauchbar geworden sind. Bei der Festlegung der Haltbarkeitszahlen, die als Maßstab für die Kokillengüte gelten sollen, werden nicht die Haltbarkeitszahlen von Kokillen einbezogen, die durch eigenes Verschulden, z. B. mechanische Beschädigungen, vorzeitig abgestellt werden mußten.

Die Haltbarkeitszahlen nahmen im Zeitlauf von zwei Jahren bis zum Jahre 1938 ständig ab. Der Kokillenverbrauch stieg bei den 2,7-t- und 5-t-Kokillen auf 12 kg/t Rohstahl. Die Ursache hierfür konnte einmal in einer Verschlechterung des Kokillenwerkstoffes liegen, aber auch darauf beruhen, daß infolge der erhöhten Stahlerzeugung die Anforderungen an die Kokillen gewachsen waren, da aus räumlichen und betrieblichen Gründen sich weder an der Größe des Kokillensparks noch an der Art der Abkühlung (die Kokillen werden gespritzt) etwas verbessern ließ. Es mußte somit zunächst versucht werden, eine Verbesserung des Kokillenwerkstoffes herbeizuführen. Die Kokillen hatten bei Verwendung von 60 % Hämatit und 40 % Kokillenbruch eine Durchschnittsanalyse von: 3,50 % Gesamtkohlenstoff, 0,40 bis 0,60 % gebundener Kohlenstoff, 2,90 bis 3,40 % Graphit, 1,8 bis 2,1 % Si, 0,50 bis 0,70 % Mn, 0,400 % P, 0,09 % S.

Das Gefüge (untersucht an unbrauchbaren Kokillen) war ferritisch-perlitisch bis rein perlitisch. Der Graphit lag in groblamellarer Form vor.

Da im Thomaswerk die Kokillen im Durchschnitt in 24 h 4- bis 5mal benutzt werden, so sind die Kokillen häufig nicht genügend abgekühlt. Nach Durchsicht des Schrifttums erschien uns für unsere Verhältnisse der Vorschlag von Pearce am geeignetsten, nach welchem der Mangangehalt auf etwa 1 % und der Siliziumgehalt auf etwa 1,8 % gehalten werden sollte. Die neue Analyse wurde mit folgendem Kupolofeneinsatz erreicht: 40 % Hämatit, 30 % Kokillenbruch, 20 % Stahleisen und 10 % Stahlschrott. Außerdem wurde eine Graphitausscheidung in feiner Form angestrebt.

Die aus dieser Gattierung hergestellten Kokillen zeigten vorwiegend perlitisches Gefüge mit feinen Graphitlamellen. Die Haltbarkeitszahlen liegen für die 2,7-t-Kokille bei 115 Güssen, für die 5-t-Kokille bei 125 Güssen. Der gesamte Kokillenverbrauch ist durch diese Maßnahme von etwa 12 kg/t Rohstahl auf 8,5 kg/t Rohstahl zurückgegangen.

Die Erfahrungen, die wir wegen der Zusammensetzung des Kokillenwerkstoffes auf die Kokillenhaltbarkeit gemacht haben, stehen zum Teil im Widerspruch zu den Erfahrungen, die uns heute bekanntgegeben wurden.

K. Hoffmann, Neunkirchen: Zur Frage des Einflusses der Hämatitsorten auf die Haltbarkeit glaube ich in langjähriger Erfahrung festgestellt zu haben, daß die Einwirkung der Eigenschaftsvererbung bei weitem nicht die Folgen haben kann wie geänderte Bedingungen im Stahlwerk. A. Wagner⁷⁾ gibt in einer Arbeit über Roheisensorten verschiedener Herkunft beachtenswerte Ergebnisse über die Vererbung von Eigenschaften von Hämatit bekannt. Daraus ist z. B. zu entnehmen, daß „für englische Roheisensorten kennzeichnend ist, daß sie mit großem Schlackenüberfluß erblasen werden und sich durch besonders weich machende Eigenschaften auszeichnen. Nach dem Umschmelzen bleibt die Härte niedriger als bei anderen Roheisensorten und die Zerreiß- und Biegefestigkeiten steigen langsamer“.

Wir haben nicht nur verschiedene englische Hämatite, sondern auch holländische, belgische und zahlreiche Sorten französischer Hämatite neben den deutschen Sorten verarbeitet. Schwankungen in der Haltbarkeit infolge von Veränderungen der Betriebsweise im Stahlwerk machten Kokillen aus den ver-

schiedenen Roheisensorten ziemlich gleichmäßig mit, wenn auch die durchschnittliche Haltbarkeitshöhe gewisse Unterschiede zeigte.

Dabei ist aber zu bemerken, daß es sich auch um sehr verschiedene Arten von Hämatiten handelte, z. B. bestand der belgische Hämatit aus Kokillenmasseln mit feinkörnigem Gefüge, ein französischer Hämatit hatte hohen Kupfergehalt, der holländische Hämatit höheren Mangangehalt usw. Der Einfluß, der durch veränderte Bedingungen im Stahlwerk ausgeübt wurde, war ein Vielfaches von dem, der auf die verschiedene Roheisenqualität zurückzuführen war.

Die Erscheinung weißer Flecken ist allerdings auch bei uns als gefährlich bekannt geworden und kann vielleicht mit der von E. Piwowsky⁸⁾ erwähnten karbidfördernden kritischen Temperatur erklärt werden.

Zu der in meinem Vortrag angeführten Höhe des Kokillenbruchsatzes von 50 % und mehr möchte ich noch bemerken, daß es sich hierbei nicht um einzelne Versuchsergebnisse handelt, sondern daß wir meist so gattiert haben und nur selten fremden Kokillenbruch verarbeiten.

Der Ansicht, daß erhöhter Phosphorgehalt zur Größenordnung von etwa 0,2 % P keinen schädlichen Einfluß ausübt, kann ich auf Grund zahlreicher Beobachtungen nicht beitreten. Zum mindesten muß angenommen werden, daß bei deutlicher Ausbildung von Phosphideutektikum im Gefügebild mit einem höheren Prozentsatz gerissener Kokillen zu rechnen ist. Dadurch wird ein Absinken der Durchschnittshaltbarkeit in Erscheinung treten, wie es übrigens auch aus der *Zahlentafel 2* von Herrn Morawa zu entnehmen war.

A. Ristow, Düsseldorf: Die Frage der Vererbung des Roheisens, die Herr Kauth angeschnitten hat, findet einen wertvollen Beitrag durch die Versuche, die in Hagendingen mit synthetischem Roheisen gemacht worden sind. Die Herren des Thomasausschusses werden sich entsinnen, daß Herr Herzog in einer Sitzung über die Herstellung des synthetischen Roheisens berichtete. Inzwischen sind die Versuche weiter fortgesetzt worden, und wir dürfen vielleicht Herrn Herzog bitten, uns über die letzten Ergebnisse zu berichten.

Es wird zu prüfen sein, ob aus diesem synthetischen Hämatitroheisen hergestellte Kokillen sich besser bewähren als z. B. die Stahlkokillen, die sich nach verschiedenen Anläufen seit dem Jahre 1924 immer wieder nicht allgemein haben einführen können. Es müssen doch wohl die die Stahloberfläche schädigenden Einflüsse so erheblich sein, daß die aus der längeren Lebensdauer sich errechnenden Vorteile mehr als ausgeglichen werden.

E. Herzog, Hamborn: Ueber die von Herrn Ristow soeben erwähnten Hamborner Versuche zur Herstellung von synthetischem Hämatit habe ich schon gelegentlich der letzten Untersuchung für Thomasbetrieb berichtet und kann mich daher heute im wesentlichen darauf beschränken, über die Bewahrung der hieraus hergestellten und inzwischen verbrauchten Kokillen zu berichten. Die die Kokillenherstellung betreffenden Angaben entnehme ich einem Bericht der Deutschen Eisenwerke in Mülheim, Abteilung Gießerei-Hüttenbetrieb Meiderich, die es dankenswerterweise übernommen hatten, die Versuche auf der Gießereiseite weiterzuführen.

Der Gießerei waren zwei Versuchsschmelzen von je 30 t Gewicht mit nachstehender Zusammensetzung angeliefert worden:

	C _{gesamt} %	Si %	Mn %	P %	S %
I	3,05	1,94	0,61	0,087	0,051
II	2,76	2,04	0,63	0,068	0,046

Man wird vorab geneigt sein, den niedrigen Kohlenstoffgehalt, insbesondere der Versuchsschmelze II, zu bemängeln. Bei dieser letzten Versuchsschmelze war mangels Erfahrung das Stahlbad in der Thomasbirne bei der Aufkohlung mit dem Koks zu lange durchgeblasen worden, so daß der in Lösung gegangene Kohlenstoff schon wieder zu verbrennen begonnen hatte. Bei laufender Herstellung läßt sich dieser Fehler unschwer vermeiden. Aber auch die erste Schmelze war höher aufgekohlt gewesen, nämlich auf 3,41 % C. Bei beiden Schmelzen wurde eine erhebliche Senkung durch Zumischen von flüssigem Hochofenferrosilizium mit seinem wesentlich niedrigeren Kohlenstoffgehalt verursacht. Gleichzeitig wurde dadurch auch der Phosphorgehalt, der z. B. bei Versuchsschmelze II vor der Zugabe des Hochofenferrosiliziums nur 0,033 % P betragen hatte, in die Höhe getrieben. Bei Verwendung von Elektroferrosilizium

⁷⁾ Gießereiztg. 27 (1930) S. 403/12.

⁸⁾ Stahl u. Eisen 45 (1925) S. 1455/61.

ist daher die Erzielung einer in jedem Betracht einwandfreien Hämatitanalyse als gesichert zu betrachten.

Der angelieferte synthetische Hämatit hatte nach dem Urteil der Gießerei ein feinkörniges, dichtes Gefüge, ließ sich wie üblich verarbeiten und zeigte keine Besonderheiten.

Es wurden drei Kupolofenschmelzen mit folgendem Einsatz und Ausbringen durchgeführt:

Einsatz	Schmelze 1 %	Schmelze 2 %	Schmelze 3 %
Synthetischer Hämatit .	25	50	100
Hämatit 2,1 % Si	50	25	—
Hämatitbruch	25	25	—
C _{gesamt}	3,56	3,37	3,19
C _{gebunden}	0,76	0,77	0,76
Ausbringen: Si	1,36	1,45	1,48
Mn	0,65	0,62	0,68
P	0,078	0,076	0,076
S	0,104	0,130	0,142

Von jeder Versuchsschmelze wurden vier Flaschenhalskokillen gegossen, die folgende Gußzahlen aushielten:

	Schmelze 1	Schmelze 2	Schmelze 3
104	99	56	
68	88	64	
94	101	52	
90	88	58	
Durchschnitt	89	94	58

Die durchschnittliche Haltbarkeit der 5-t-Flaschenhalskokillen im Thomaswerk Hamborn beträgt bei beschränkter Abstellmöglichkeit und bei Wasserbadkühlung 95 bis 100 Güsse. Man kann also sagen, daß die durchschnittliche Haltbarkeit der ersten beiden Versuchsreihen mit 89 oder 94 Güssen nur wenig unter der üblichen geblieben ist, zumal da ja die Anzahl der Versuchskokillen so gering war, daß das Ergebnis von nur 89 Güssen bei der ersten Versuchsreihe offensichtlich durch einen einzelnen Ausreißer mit nur 68 Güssen verursacht wurde. Man darf also folgern, daß die Verwendbarkeit des synthetischen Hämatits, selbst wenn er auf der ungünstigeren Grundlage mit Hochofenferrosilizium hergestellt wird, bis zu einem Begichtungsanteil von 50 % als erwiesen betrachtet werden darf. Dagegen ist das Ergebnis der Versuchsschmelze 3 von durchschnittlich 58 Güssen bei 100prozentiger Verwendung von synthetischem Hämatit, ungenügend. Es liegt nahe, dieses ungünstige Ergebnis mit dem hohen Schwefelgehalt von 0,142 % und dem niedrigen Kohlenstoffgehalt von nur 3,19 % der dritten Versuchsreihe in Zusammenhang zu bringen. Möglicherweise ist bei dieser dritten Versuchsreihe überwiegend die zweite kohlenstoffärmere Hämatitversuchsschmelze verwendet worden. Dagegen darf der hohe Schwefelgehalt insbesondere der dritten Versuchsreihe zum Unterschied von der ersten Versuchsreihe nicht dem synthetischen Hämatit an sich zur Last gelegt werden, der ja in den beiden Versuchsschmelzen nur 0,051 % und 0,046 % S aufwies. Es müssen hier also noch andere Umstände mitgewirkt haben, und es kann daher zum mindesten aus diesen Hamborn-Meidericher Versuchen noch nicht abgeleitet werden, daß eine Verwendung von 100 % synthetischem Hämatit im Gießereikupolofen unter allen Umständen zu einem Mißerfolg führen muß.

Endlich noch eine Bemerkung zu dem wichtigen Hinweis von Herrn Ristow, daß alles darauf abgestellt werden müsse, den Zusatz von Kokillenbruch bei der Kokillenherstellung zu erhöhen. Ein Haupteinwand gegen die Verwendung eines höheren Kokillenbruchanteils ist ja die damit verknüpfte Erhöhung des Gehalts an Schwefel, dessen ungünstiger Einfluß auf die Kokillenhaltbarkeit heute mehrfach überzeugend dargetan wurde. Liegt es da nicht nahe, die auf unseren Hütten heute in so großem Umfang angewandte Sodaentschwefelung auch in den Gießereien, für die ja die Sodaentschwefelung sowieso ein alter Bekannter ist, beim Kokillenguß unter Erhöhung des Kokillenbruchsatzes anzuwenden?

W. Terjung, Dortmund: Bei Hoesch werden seit Jahren 4,2-t-Stahlkokillen verwendet bei einem Kokillengewicht von 5 t. Wir haben Haltbarkeiten erzielt bis zu 400 Güssen, der Durchschnitt lag bei 350 ohne Aushobeln. Schwierigkeiten haben sich insofern ergeben, daß diese Blöcke sich schlecht abstreifen lassen, weil sich die Kokillen etwas verziehen. Aber bei entsprechender Wahl der Kokillenform wird man auch diese Schwierigkeiten vermeiden.

H. Trenkler, Hagendingen: Der französische Staat hatte seinerzeit Versuche angeregt, aus phosphorhaltigen Erzen phosphorarme Roheisensorten herzustellen. Nach mehreren

Fehlschlägen wurde in Hagendingen ein Verfahren ausgearbeitet, das bis auf kleinere Aenderungen bis heute dasselbe geblieben ist. Zur Zeit handelt es sich für uns darum, in der Hauptsache Hämatit von der üblichen Zusammensetzung herzustellen. Früher hat man die verschiedensten phosphorarmen Roheisensorten hergestellt, wie z. B. Temperroheisen, Zylindergußeisen, niedriggekohltes, phosphorarmes Sonderroheisen mit feinkörnigem Bruch. Nur ein geringer Teil der Erzeugung ging auf Hämatit, das zur Herstellung von Kokillen Verwendung fand. Bevor ich auf diesen besonderen Fall eingehe, gebe ich kurz den Gang des Herstellungsverfahrens des synthetischen Hämatits wieder:

Die Thomasschmelze wird wie üblich zu Ende geblasen, sehr gut abgeschlackt, abgesteift und in eine Roheisenpfanne ausgeleert. In der Zwischenzeit ist in einem anderen Konverter kleinstückiger Koks in den Größen 20 bis 40 oder 40 bis 60 mm auf Weißglut erhitzt worden. Nachdem der Stahl in der Roheisenpfanne peinlich von etwa sich bildender Schlacke befreit worden ist, wird er in den zweiten Konverter auf den weißglühenden Koks gekippt. Auf drei wichtige Punkte, die das Gelingen der Aufkohlung und die Sauberkeit des Hämatits bedingen, sei hingewiesen.

1. Der Koks muß unbedingt sehr heiß sein, weil sonst die Kohlenstoffaufnahme ungenügend ist.
2. Der Koks darf nicht zu hart sein, da auch dadurch Schwierigkeiten bei der Kohlenstoffaufnahme entstehen. Am besten eignet sich für diesen Zweck weicher Gaskoks.
3. Die Thomasschmelze muß von der geringsten Schlackenmenge befreit werden; ebenso muß der Konverter, in dem die Aufkohlung vorgenommen wird, vorher peinlich von Schlackenresten befreit werden, um eine Rückphosphorierung zu vermeiden.

Das Gemisch des Stahles und des weißglühenden Kokses wird nun unter Zugabe von etwa 1,4 atü Wind mehrmals im Konverter geschwenkt. Aus der entnommenen abgeschreckten Roheisenprobe läßt sich mit großer Genauigkeit der Kohlenstoffgehalt schätzen. Ist dieser bei der ersten Probe noch nicht erreicht, muß noch mehrere Male geschwenkt werden. Es ist sehr wichtig, daß stets ein Koksrest auf dem Bade verbleibt, weil sonst durch zu häufiges Schwenken eine schnelle Abnahme des Kohlenstoffs eintreten kann. Man benötigt etwa 8 bis 10 % Koks, wenn man 3,5 bis 4 % C erreichen will.

In die fertig aufgekohlte Schmelze werden nun die Ferromangan- und Siliziumzuschläge gegeben. Es ist selbstverständlich, daß durch die Wahl der Zusätze jede beliebige Legierung vorgenommen werden kann. Mit den Legierungszusätzen wird nun der Konverter noch zwei- bis dreimal geschwenkt, um eine genügende Aufnahme durch das Bad zu gewährleisten. Wenn der Koks aus irgendeinem Grunde zu weitgehend verbraucht ist und das Bad von Koksschlacke überzogen ist, kann es vorkommen, daß das Ferrosilizium nicht genügend aufgelöst wird. Der Siliziumabbrand schwankt zwischen 15 und 30 %, ein Manganabbrand findet nicht statt.

Durch den Koks wird der Schwefelgehalt des Roheisens um etwa 0,04 bis 0,05 % erhöht. Um den Schwefelgehalt aber auf erträgliche Gehalte zu drücken, verwendet man bestimmte Mengen Kalziumsilizium, das sich in diesem Falle als das beste Entschwefelungsmittel erwiesen hat. Durch die Regelung der Kalziumsiliziummengen ist es möglich, ein Roheisen mit Gehalten bis 0,015 % S zu erhalten. Es hat sich gezeigt, daß man am besten außer dem Kalziumsilizium, das notwendig ist, möglichst nur 75prozentiges Ferrosilizium verwendet. Man hat dabei die geringsten Schwankungen im Siliziumgehalt und ein gut warmes, leicht vergießbares Hämatiteisen. Die fertige synthetische Hämatitschmelze wird nun in dieselbe Roheisenpfanne ausgeleert, in der früher der Stahl war, und entweder auf der Gießmaschine oder im Sandbett vergossen.

Zu den Kosten des Verfahrens ist folgendes zu sagen: Es ist klar, daß sie erheblich sind, denn die Aufwendungen an Koks, Manganträgern und Ferrosilizium sind beträchtlich. Dazu kommt der höhere Windverbrauch, die Verringerung der Leistung des Thomaswerkes, der erhöhte Dolomitverbrauch, die Löhne und die starke Inanspruchnahme der mechanischen Anlagen des Converters durch das öftere Schwenken. In Zeiten der Hämatitknappheit wird das Verfahren aber trotz den Kosten seine Berechtigung haben; sonst wird es nur bei Sonderroheisensorten, die sich im Hochofen nur schwierig herstellen lassen, wettbewerbsfähig bleiben.

In Hagendingen wurde seit Jahren zur Kokillenherstellung dieser Hämatit verwendet. Doch hatte sich herausgestellt, daß Kokillen, die nur aus synthetischem Hämatit hergestellt waren, nicht hielten. Es wurden stets andere natürliche

Hämatitsorten zugeschlagen, z. B. haben sich folgende Gattierungen bewährt:

1. 50 % synthetischer Hämatit, 40 % Kokillenbruch, 10 % norwegisches Vanadin-Titan-Roheisen.
2. 40 % synthetischer Hämatit, 20 bis 25 % englischer Hämatit, 35 bis 40 % Kokillenbruch.

Bei dieser Gattierung ergeben sich bei fallendem Guß im Thomaswerk und Luftabkühlung der Kokillen beim 7-t-Block Haltbarkeitszahlen von 150 bis 180 Güssen, entsprechend einem Kokillenverbrauch von 7 bis 10 kg/t Stahl. Hier sei eingefügt, daß der Phosphorgehalt bis 0,13 % bei uns keinen Einfluß auf die Kokillenhaltbarkeit ausübte.

Das Versagen des synthetischen Hämatits bei seiner Alleinverwendung bei der Kokillenherstellung dürfte meiner Ansicht nach in seiner Gashaltigkeit begründet sein, die in der Natur des Herstellungsverfahrens liegt. Der hohe Gasgehalt wird sich aus drei Gründen für die Haltbarkeit ungünstig auswirken:

1. ruft er Spannungen hervor,
2. ist er an sich dem Wachsen des Gußeisens zuträglich, und
3. wird er das perlitische Grundgefüge des Gußeisens begünstigen.

Der letzte Punkt findet darin seine Begründung, daß das perlitische Gefüge ein geringeres Volumen benötigt als das ferritische und nach dem Gesetz des kleinsten Zwanges durch den inneren Gasdruck das System mit dem geringeren Volumen — also das perlitische — begünstigt wird.

H. Jungbluth, Essen: Die Ausführungen von Herrn Trenkler über den Gasgehalt des Gußeisens und seinen Einfluß auf die Kokillenhaltbarkeit dürften vielleicht eine gewisse Berechtigung haben. Was vor allem auffällt, ist die Tatsache, daß das vom Herrn Vorredner verwendete, ursprünglich perlitische Roheisen nach Vakuumbehandlung ferritisch wurde. Diese Beobachtung lenkt zwangsläufig die Aufmerksamkeit auf eine Arbeit von E. Houdremont und P. A. Heller⁹⁾, „Ueber den Einfluß von Wasserstoff als Legierungselement“, bei der festgestellt wurde, daß wasserstoffbeladenes Gußeisen perlitisch fällt und nach Behandlung im Vakuum wieder ferritisch wird. Nun sind freilich die Untersuchungen von Houdremont und Heller so durchgeführt worden, daß festes, schon erstarrtes Gußeisen mit Wasserstoff beladen und dadurch perlitisch wurde, während eine anschließende Vakuumbehandlung das Gußeisen wieder ferritisch machte. Immerhin könnte ich mir vorstellen, daß auch dann, wenn Wasserstoff bereits durch das Schmelzen in Gußeisen gelöst werden kann, anschließend ein perlitisches, d. h. für Stahlwerkskokillen gegebenenfalls ungünstiges Gefüge erhält. Vielleicht dürfte man auf diesem Wege einen Zusammenhang zwischen dem oft so unterschiedlichen Verhalten der verschiedenen Hämatitsorten finden.

Zu den Ausführungen des Herrn Morawa hätte ich folgendes zu bemerken: So wichtig auch Untersuchungen über den Einfluß eines Phosphorgehaltes auf die Haltbarkeit von Stahlwerkskokillen sind, so kann ich der von Herrn Morawa gezeigten Zahlentafel 2, aus der er die Unschädlichkeit des Phosphorgehaltes bis etwa 0,16 % ableitet, nicht ohne weiteres Beweiskraft beimessen. Es fällt zunächst auf, daß die von ihm verwendeten Gußeisensorten bei gleichem Kohlenstoffgehalt im Silizium zwischen 1,6 und 2,6 % liegen, eine Analysenspanne, die keineswegs ohne Einfluß auf die Haltbarkeit der Kokillen sein kann. Darüber hinaus fällt die von Herrn Morawa angegebene Haltbarkeit von etwa 150 Güssen beim niedrigsten Phosphorgehalt auf 102 Güsse beim höchsten Phosphorgehalt ab. Auch der gutwilligste Stahlwerker wird einen solchen Rückgang in der Haltbarkeit nicht als belanglos bezeichnen können. Es ist durchaus möglich, ja höchst wahrscheinlich, daß der Phosphorgehalt in den angegebenen Grenzen wirklich keinen Einfluß auf die Haltbarkeit ausübt; nur kann man dieses nicht gerade mit den von Herrn Morawa vorgebrachten Zahlen beweisen.

F. W. Morawa: Die Versuchskokillen waren auf unseren Antrag von unserem Gießereifachmann genau so in der Zusammensetzung hergestellt worden wie alle bisherigen, nur wurde jedesmal ein Phosphor- oder Schwefelträger in entsprechendem höherem Anteil bei diesen Versuchskokillen zugesetzt. Durch diese Herstellung war eine gleichmäßige Zusammensetzung der übrigen Elemente gewährleistet. Wenn trotzdem Unterschiede im Siliziumgehalt bestehen, so kann dies meines Erachtens nur an der ungenauen Probenahme der Gießerei liegen. Jedenfalls ist aus dem Versuch ersichtlich, daß auch der höhere Phosphorgehalt keine besondere Rolle spielt.

W. Cram, Köln-Mülheim: Wir haben versuchsweise alte Kokillen zu 100 % im Lichtbogenofen umgeschmolzen und

wieder neu vergossen. Die Haltbarkeit dieser Kokillen lag 15 bis 20 % über der üblichen Haltbarkeit. Wir haben aber diese Erzeugungsmöglichkeit nicht weiter verfolgt, weil die Kosten zu hoch waren.

H. Trenkler: Zur Frage des Phosphorgehaltes kann ich mitteilen, daß unsere Kokillen durchweg über 0,1 % P liegen und daß wir auch dabei beste Haltbarkeiten haben.

H. Jungbluth: Herr Kerl mag schon recht haben, und es entspricht auch meiner persönlichen Ueberzeugung, daß ein Phosphorgehalt von 0,12 % für den Kokillenwerkstoff unschädlich ist. Wenn ich Herrn Ristow aber recht verstanden habe, so denkt er bei seiner Fragestellung an weit höherliegende Phosphorgehalte, nämlich solche bis zu 0,3 %, die nach englischen Quellen immer noch unschädlich für die Haltbarkeit von Stahlwerkskokillen sein sollen. Gerade darüber wären Angaben oder Untersuchungen sehr erwünscht.

E. Neuhoff, Düsseldorf-Oberkassel: Ich möchte nochmals auf die Stahlgußkokillen zurückkommen. Im großen und ganzen kann ich das bestätigen, was Herr Kauth bereits über Stahlgußkokillen gesagt hat. Seit etwa 15 Jahren stellen wir in eigener Stahlgießerei unsere Stahlgußkokillen her, und zwar Rund-, Achtkant-, Zwölfkant- und Sechzehnkant-Kokillen. Wir haben Kokillen von 1500 kg bis 20 t im Gebrauch. Die Konizität beträgt 0,5 bis 3 % je nach Verwendungszweck. Wir erzielen hiermit zwei- bis dreifache Haltbarkeiten gegenüber Graugußkokillen. Gegossen werden in diesen Kokillen von oben Edeldahlblöcke sowie Schmiedeböcke. Sämtliche Edeldahlblöcke werden überdreht. Bei den Schmiedestücken ist ja sowieso eine entsprechende Bearbeitungszugabe vorgesehen. Ich will damit sagen, daß es bei diesen Blöcken nicht so sehr auf eine glatte, saubere Oberfläche ankommt. Meines Erachtens kommen deshalb Stahlgußkokillen vor allem für solche Fälle in Frage. Mit der Zeit eventuell auftretende Fehlstellen können sehr leicht durch Verschweißen ausgebessert werden. Auf jeden Fall möchte ich auf Grund der guten Ergebnisse empfehlen, größere Versuche mit Stahlgußkokillen vorzunehmen. Leider ist es heute sehr schwierig, Stahlgußkokillen zu bekommen, da die Stahlgießereien überaus stark besetzt sind.

F. W. Morawa: Wir haben seinerzeit auch Stahlgußkokillen verwendet und waren begeistert. Sie haben mindestens das Doppelte, sogar bis zum Dreifachen der Hämatitkokillen gehalten, und wir glaubten schon fast ganz auf diese übergehen zu sollen. Aber als sich die Erzeugung in unserem Stahlwerk erhöhte und wir die Kokillen häufiger verwenden mußten, zeigten sich einige Nachteile. Die Kokillen fingen an sich zu verziehen, und wir mußten sie viel häufiger abstreifen. Es zeigte sich, daß die Stahlgußkokille wärmeempfindlicher ist als die Graugußkokille und langsamer abkühlen muß. Dadurch erfordert sie doppelte Sätze und große Abstellroste. Bei der Erhöhung unserer Erzeugung und den beengten Gießgrubenverhältnissen mußten wir daher wegen Raummangels von der Stahlgußkokille wieder abgehen. Es kommt hinzu, daß die Kokille infolge ihrer langen Haltbarkeit auch während einer viel längeren Zeit ihrer Lebensdauer abgestreift werden muß und damit mehr Blöcke mit schlechter Blockoberfläche liefert als die Hämatitkokille. Für unsere Verhältnisse ist daher die Stahlgußkokille bei dem großen Anteil an empfindlicheren Stahlorten, wo es auf eine gute Oberfläche ankommt, wie für Zieh- und Tiefziehzwecke, nicht zu empfehlen. Dagegen sind für gewöhnliche Stähle und solche Blöcke, die später sowieso abgedreht werden, meines Erachtens die Stahlgußkokillen sehr gut brauchbar.

J. Sittard, Brandenburg: Die Haltbarkeit der Brammenkokillen für Blockgewichte von 200 bis 4000 kg beträgt im Mittel des Jahres 1940 20,28 kg je t Stahl, bei den kleinen Brammenkokillen bis herab auf 13 kg je t Stahl. Diese Kokillen werden in der eigenen Gießerei hergestellt. Seit 15 Jahren werden 60 % Kokillen- und Trichterbruch zugesetzt. Vorübergehend wurde der Hämatitsatz auf 30 % gesenkt, ohne daß eine Änderung der Haltbarkeit erkennbar wurde.

Der Kokillenguß hat im Mittel folgende Zusammensetzung: 3,4 % Gesamtkohlenstoff, 2,9 % Graphit, 0,5 % gebundener Kohlenstoff, 1,7 bis 2,0 % Si, unter 0,1 % P, 0,08 % S. Die Zerstörungen an den Kokillen sind im allgemeinen Längsrisse, Querrisse sowie Brandrisse der Innenflächen.

Bei den Brammenkokillen von 4 bis 16 t Blockgewicht betrug der Kokillenverbrauch im Jahresmittel 1940 35,38 kg je t Stahl. Diese Kokillen wurden von einer Kokillengießerei im Westen geliefert. Diese Kokillen werden in den allermeisten Fällen durch Risse der Schmalseiten vom oberen Kokillenrand aus unbrauchbar (Bild 18). Kokillen, die diese Risse nach den ersten Güssen nicht zeigen, erreichen 60 bis 90 Güsse und haben

⁹⁾ Stahl u. Eisen demnächst.

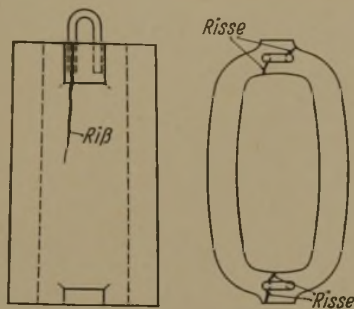


Bild 18. Risse von Brammenkokillen.

und Schlackeneinschlüsse aufweist. Dies ist wohl auf zu wenige und zu kleine Gießtrichter zurückzuführen. Die Risse beginnen an diesen nichthomogenen Stellen und verursachen so die vorzeitige Zerstörung der Kokille.

Die Erfahrungen mit Brammenkokillen in Brandenburg zeigen, daß es durchaus möglich ist, 60 % Kokillenbruch im

dementsprechend eine gute Haltbarkeit. Die Risse gingen von den eingegossenen schmiedeeisernen Anhängösen aus. Wir haben die Oesen entfernt und seitliche Nocken zum Anhängen angegossen; die Risse an den Schmalseiten blieben aber die gleichen.

Wir konnten feststellen, daß der obere Kokillenrand Lunker

Kupolofen zuzusetzen, ohne daß die Kokillenhaltbarkeit darunter leidet.

R. Frerich: Zusammenfassend ist zu sagen, daß durch die Vorträge und die Aussprache doch wertvolle Feststellungen gemacht worden sind. Es war sicher eine glückliche Lösung, daß alle Herren, die an der Herstellung und dem Verbrauch von Kokillen beteiligt sind, gemeinsam diese verwinkelten Fragen hier durchgesprochen haben.

Es läßt sich nach den Ergebnissen dieser Aussprache sagen, daß der Phosphor in einer gewissen Höhe bis 0,15 % sich auf keinen Fall schädlich auf die Kokillenhaltbarkeit auswirkt. Weiter wurde festgestellt, daß ein höherer Schwefelgehalt sicher ungünstig ist. Es ist deshalb vorgeschlagen worden, diesen Schwefelgehalt auch mit Soda zu drücken. Dann ist die sehr wichtige Feststellung gemacht worden, daß synthetisches Roheisen als Ersatz für Hämatit, wenn auch nicht ganz vollwertig, aber doch bis zu 50 % der Gattierung sehr vorteilhaft für die Herstellung von Kokillen verwendet werden kann. Auch hat sich die Verwendung eines höheren Anteiles von Kokillenbruch nicht schädlich auf die Kokillenhaltbarkeit ausgewirkt. Stahlgußkokillen können für viele Stahlsorten Verwendung finden, wenngleich sie bei oberflächenempfindlichen Stählen gewisse Nachteile mit sich bringen.

Zuschriften an die Schriftleitung.

(Für die in dieser Abteilung erscheinenden Veröffentlichungen übernimmt die Schriftleitung keine Verantwortung.)

Korrosionsbeständigkeit elektrolytischer Zinküberzüge.

Der Bericht von M. Schlötter¹⁾ erweckt den Eindruck, als ob eine Ueberlegenheit der galvanischen Verzinkung über die Feuerverzinkung an sich durch Versuche und Praxis bereits gesichert sei und nur die theoretische Erklärung für das unterschiedliche Verhalten bisher noch fehle. Dabei wird übersehen, daß die Arbeit von G. K. Burgess²⁾ sich nur auf das Verhalten von Zinküberzügen in Schwefelsäure bezieht, nicht aber auf das praktisch entscheidende Langzeitverhalten an Atmosphäre.

Tatsächlich ist die Korrosionsgeschwindigkeit galvanischer Verzinkungen unter praktisch in Frage kommenden Bedingungen keinesfalls geringer als die feuerverzinkter Schichten. Nach eigenen Langzeit-Naturrostungsversuchen³⁾ schwankte die Zerstörungsgeschwindigkeit der Zinkschicht galvanisch verzinkter Drähte in Landluft zwischen 9,0 und 13,4 g/m² · Jahr. Bei den gleichzeitig ausgelegten feuerverzinkten Drähten schwankte sie dagegen zwischen 6,8 und 10,8 g/m² · Jahr. Der häufigste Wert lag für die galvanische Verzinkung bei 13,2, für die Feuerverzinkung bei 7,0 g/m² · Jahr. In guter Uebereinstimmung damit fand der Ausschuß B 3 der American Society for Testing Materials⁴⁾ für Vollzinkbleche verschiedenen Reinheitsgrades im Durchschnitt von neun Versuchssorten 7,3, 8,1 und 8,5 g/m² · Jahr.

Ein wesentlich unterschiedliches Verhalten beider Arten von Zinküberzügen liegt also praktisch nicht vor. Um gleiche Lebensdauer zu erhalten, müssen die Zinkauflagen gleich stark sein. Das Verhalten in Salz- und Schwefelsäure ist, wie oft genug betont wurde, kein Maß für die wirkliche Korrosionsbeständigkeit.

Düsseldorf, 28. August 1940.

Karl Daeves.

* * *

In seinem Aufsatz erwähnt M. Schlötter¹⁾ die Ergebnisse von G. K. Burgess²⁾ über vergleichende Untersuchungen an elektrolytisch und feuerverzinkten Ueberzügen. Burgess hatte hierbei festgestellt, daß in 3,25prozentiger Schwefelsäure eine Feuerverzinkung von 300 g/m² Zinkauf-

lage einem elektrolytischen Ueberzug von 90 g/m² Zinkauflage gleichwertig sei, und zog daraus den Schluß, daß der elektrolytische Zinküberzug korrosionsbeständiger wäre als die Feuerverzinkung. An sich sollen die Werte von Burgess nicht angezweifelt werden; es ist ja auch bekannt, daß Elektrolytzink auf Grund seiner Reinheit in Säure schlechter löslich ist als Hüttenroh-zink oder Zink von feuerverzinkten Gegenständen. Jeder, der sich ernsthaft mit Korrosionsversuchen beschäftigt hat, weiß aber auch, wie schwer es ist, auf Grund von Laboratoriums- und Kurzzeitversuchen Aussagen über die praktische Bewährung zu machen. Nach Untersuchungen von G. Berndt³⁾ z. B. ist, obwohl durch Amalgamieren von verzinkten Blechen die Säurelöslichkeit ganz erheblich herabgesetzt wird, der Korrosionsangriff an Luft bei amalgamierten verzinkten Blechen zwar in den ersten Monaten etwas geringer als bei nur verzinkten Blechen, nachher aber sogar stärker, so daß trotz der Ueberlegenheit in Säure keine Ueberlegenheit bei der atmosphärischen Beanspruchung vorhanden ist. Jedenfalls ist es unmöglich, aus der Löslichkeit in 3,25prozentiger Schwefelsäure Schlüsse auf das allgemeine Korrosionsverhalten von Zinküberzügen zu ziehen. Die weitaus größte Menge der feuerverzinkten Gegenstände besteht aus Blechen und Drähten, die bei ihrer Verwendung der Atmosphäre ausgesetzt werden. Die Beständigkeit der Verzinkung gegen die Witterungseinflüsse beruht nun nicht etwa auf der Beständigkeit des Zinks, sondern das an sich chemisch sehr unbeständige Zink bildet unter den Witterungseinflüssen in Wasser sehr schwer lösliche und weitgehend beständige Schutzschichten. Es handelt sich hier also um eine ganz andere Art der Korrosion; denn während in Säure der Angriff unter Wasserstoffentwicklung vor sich geht, werden an der Atmosphäre die obenerwähnten Schutzschichten gebildet. Diese Schutzschichten, die aus basischem Zinkcarbonat bestehen, bilden erst den wirksamen Korrosionsschutz, dem die Feuerverzinkung ihre heutige Bedeutung verdankt. Eine Schutzschicht aus basischem Zinkcarbonat kann sich aber in 3,25prozentiger Schwefelsäure und überhaupt in Säure gar nicht bilden, so daß das Verhalten in Säure keinen Schluß auf die atmosphärische Korrosion zuläßt.

*) Persönliche Mitteilung.

¹⁾ Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 724/27.

²⁾ Electrochem. Metallurg. Ind. 3 (1905) S. 17.

³⁾ Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 410/13 (Werkstoffaussch. 416).

⁴⁾ Proc. Amer. Soc. Test. Mater. 35 (1935) I, S. 142/59.

Es ist ja auch durch umfangreiche Langzeitversuche in verschiedenen Atmosphären erwiesen, daß die galvanische Verzinkung der Feuerverzinkung keineswegs überlegen ist, auch nicht in Industrieluft. K. Daeves, W. Püngel und W. Rädeler²⁾ berichten ausführlich in diesem Sinne über eigene Versuche an Drähten. In der gleichen Richtung liegen die Versuche der American Society for Testing Materials⁴⁾. Auch U. R. Evans⁵⁾ berichtet über Versuche von J. C. Hudson, die keine Ueberlegenheit von reinstem Zink bei der atmosphärischen Korrosion in den verschiedensten Versuchsorten Englands ergeben haben. Ueber sehr ausführliche Untersuchungen berichten O. Bauer und G. Schikorr⁷⁾. Sie haben Raffinade- und Elektrolytzink auf ihr Verhalten unter folgenden Bedingungen untersucht:

1. Angriff durch verschiedene Wässer (Standversuche, Tauchversuche),
2. Angriff durch saure Lösungen,
3. Angriff durch alkalische Flüssigkeiten,
4. Bewitterungsversuche,
5. Angriff durch Gips und Zement bei Gegenwart von Feuchtigkeit,
6. Angriff durch verschiedene Holzarten bei Gegenwart von Feuchtigkeit.

Es kann in diesem Rahmen nicht näher auf Einzelheiten eingegangen werden; jedenfalls hat sich eine Ueberlegenheit des Elektrolytzinks bei diesen Versuchen nicht gezeigt, in manchen Fällen wurde Elektrolytzink sogar stärker angegriffen als das Raffinadezink. W. H. J. Vernon⁸⁾ hat besonders das Entstehen der Schutzschichten beobachtet; auch hierbei konnte keine Ueberlegenheit des Elektrolytzinks festgestellt werden. Wenn auch diese letzten Untersuchungen nicht mit feuerverzinkten Ueberzügen, sondern mit verschiedenen Zinksorten im Vergleich zu Elektrolytzink durchgeführt wurden, so ergibt sich doch bereits, daß der Reinheitsgrad des Zinks auf das Korrosionsverhalten praktisch keinen Einfluß ausübt. Für die Haltbarkeit von Verzinkungen sind in erster Linie die Zinkauflage und die Art der Beanspruchung maßgebend und nicht die Art der Herstellung.

Zweifellos hat die galvanische Verzinkung Vorteile, die M. Schlötter ja auch schildert und die für besondere Zwecke den Ausschlag zugunsten der galvanischen Verzinkung geben können oder auch lediglich die galvanische Verzinkung zulassen, z. B. wenn es sich darum handelt, daß der Grundwerkstoff keinerlei Festigkeitsänderung erfahren darf. Auch sollen z. B. die Vorteile des Verfahrens von U. C. Tainton⁹⁾ bzw. der Bethlehem Steel Corporation, bei dem das Zinksulfat für die elektrolytische Zinkabscheidung auf Draht gleich aus Erzen gewonnen wird, nicht unterschätzt werden. Sicherlich wird die galvanische Verzinkung daher weitere Ausdehnung erfahren und ihren Platz in der Wirtschaft erringen und behaupten. Ob durch den Einbau komplexer Kationen in das Metallgitter bei der elektrolytischen Verzinkung in Zukunft eine Ueberlegenheit gegenüber der Feuerverzinkung erreicht werden kann, muß erst durch entsprechende Versuche festgestellt werden.

Ich glaube, daß eine Verbreitung der sachlich nicht zu rechtfertigenden Schlußfolgerung von Burgess der Feuerverzinkung und der elektrolytischen Verzinkung nur schaden kann; denn gegen die jahrzehntelang praktisch bewährte Feuerverzinkung entstehen unberechtigte Vorurteile, und an die elektrolytische Verzinkung werden andererseits Erwartungen geknüpft, die auch sie nicht erfüllen kann. Wenn eine Beständigkeit gegen — selbst nur verdünnte — Säure in Frage kommt, wird man weder elektrolytische noch Feuerverzinkung empfehlen können.

Mülheim (Ruhr), 26. August 1940. Rolf Haarmann.

* * *

In meiner Abhandlung habe ich eine Erklärung zu geben versucht, welche die zunächst unverständlichen Ergebnisse von Burgess aufklären sollten. Ich habe absichtlich unsere Beobachtungen bei anderen Metallen mit herangezogen, um die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, daß die Metalle, unter verschiedenen Gesichtspunkten hergestellt, wechselnde Eigenschaften zeigen können. Darauf ist K. Daeves nicht weiter eingegangen, sondern er hat Tatsachen angeführt, die scheinbar eine Unterlegenheit des galvanischen Zinks gegenüber dem Heißzink beweisen.

Die Gründe, welche mich veranlaßten, auf die Korrosionsfrage, wie sie K. Daeves anschnitt, selbst nicht einzugehen, habe ich früher¹⁰⁾ dargelegt. Man wird danach verstehen, daß ich den allseits üblichen Korrosionsversuchen skeptisch gegenüberstehe. Wie berechtigt mein Standpunkt ist, kann bewiesen werden durch das Schrifttum über die vergleichende Lebensdauer von verschiedenen Arten von Zinküberzügen¹¹⁾. Dort heißt es z. B. S. 98: „Während einer Expositionsdauer von ungefähr 180 Wochen in der industriellen Atmosphäre von New York und Pittsburgh ist gefunden worden, daß heißverzinkte und elektrolytische Ueberzüge der gleichen Dicke ungefähr den gleichen Schutz geben.“ Weiter wird geschrieben, daß elektrolytische Ueberzüge heißverzinkten bei der gleichen Auflage überlegen sind. An anderen Stellen wird die Unterlegenheit der galvanisch verzinkten Bleche bewiesen. Nebenbei wird schon das verschiedene Verhalten von Zyanzink und Sulfatzink erwähnt. Wenn man das so liest, dann kann man nur sagen: „Erkläret mir, Graf Oerindur, diesen Zwiespalt der Natur.“ Weiter kommt eine Schrifttumsangabe¹²⁾ hinzu, daß Wellbleche mit 300 g Heißzinkauflage auf den Philippinen eine Lebensdauer von 3 Jahren gehabt haben, während Bleche mit 800 g Zinkauflage 10 Jahre Lebensdauer ergaben. Wenn aber heißverzinkter Stahl bei Langzeit-Naturrostversuchen 6,8 und 10,8 g Zink je m² und Jahr verliert, dann klafft ja wieder ein Widerspruch zwischen den Ergebnissen verschiedener Beobachter. 300 g Zinkauflage müßten logischerweise dann doch auch mindestens 10 Jahre halten.

Mir scheint demnach das Terrain, auf dem der Kampf zwischen Heißzink und Elektrolytzink ausgefochten werden soll — gewollt oder ungewollt —, falsch gewählt, und vielleicht haben meine Ansichten¹⁰⁾ doch eine innere Berechtigung. Es ist wie immer: Die Fragestellung bei einer Aufgabe ist das Wichtigste.

Zu den Ausführungen von R. Haarmann verweise ich zunächst auf meine Darlegungen zu der Zuschrift von Daeves.

Weiter führt Haarmann aus, daß die korrosionsverhindernde Wirkung des Feuerzinks der Bildung von basi-

¹⁰⁾ z. B. in Schweizer Arch. angew. Wiss. Techn. 4 (1938) S. 287/89.

¹¹⁾ Burns, R. M., und A. E. Schuh: Protective Coatings for Metals. New York 1939.

¹²⁾ Philippine J. Sci. 11 (1916) S. 177/89.

⁹⁾ Korrosion, Passivität und Oberflächenschutz von Metallen. Berlin 1939. S. 152.

⁷⁾ Z. Metallkde. 26 (1934) S. 73/80.

⁸⁾ First Report to the Atmospheric Corrosion Research Committee (of the British Non-Ferrous Metals Research Association). Trans. Faraday Soc. 19 (1923/24) S. 839/45.

⁵⁾ Wire & W. Prod. 11 (1936) S. 225/27 u. 243; nach Metallwirtsch. 15 (1936) S. 1174/76; J. Amer. Zinc Inst. 18 (1937) S. 42/56; nach Chem. Abstr. 31 (1937) Sp. 7337/38.

schem Zinkkarbonat verdankt wird. Wenn Zink unter den Witterungseinflüssen basische Verbindungen zu bilden vermag, so habe ich in dem Schriftsatz von Haarmann keine Begründung gefunden, warum nur Feuerzink solche Verbindungen einzugehen vermag und nicht auch Elektrolytzink. Man sollte meinen, was dem einen recht ist, sei dem anderen billig. Kann man keine Gründe dafür anführen, daß Elektrolytzink kein basisches Zinkkarbonat bilden kann, dann wird dem Elektrolytzink durch das Zinkkarbonat doch der gleiche Schutz gewährt wie dem Feuerzink.

Wenn das Zinkkarbonat der wirksame Schutz ist, tritt die weitere Frage auf, welche Rolle dann die Schichtdicke des Zinks dabei zu spielen hat. M. E. doch gar keine, denn wenn die Schicht unangreifbar ist, dann kann doch keine Weiterbildung unter ihr mehr eintreten. Ist dem aber so, wie R. Haarmann sagt, dann kann man mit der Zinkauflage erheblich heruntergehen, und die elektrolytische Verzinkung würde Vorteile bieten, da man dort die Auflage völlig in der Hand hat. Aber ich bemerke, daß ich die Anschauungen von Haarmann über das Zinkkarbonat nicht zu meinen eigenen machen kann.

Ich glaube, daß ich über die Korrosionsversuche hier nichts weiter mehr auszuführen habe. Die Ansichten darüber sind noch nicht geklärt. Dem Schlußsatz von Haarmann kann ich mich nur anschließen mit den Worten: Prüfet alles und behaltet das Beste.

Berlin, 12. September 1940.

Max Schlötter.

* * *

In Deutschland und anderwärts ist in allen zahlenmäßig nachprüfbaren Langzeitversuchen in Übereinstimmung mit der praktischen Erfahrung festgestellt worden, daß Korrosionswiderstand und Lebensdauer verzinkter Teile bei atmosphärischem Angriff nicht vom Reinheitsgrad und Aufbau des Zinks, sondern von der Dicke der Zinkauflage abhängen. Wenn diese Tatsachen mit den aus Laboratoriumsversuchen in Säure abgeleiteten Theorien von M. Schlötter nicht übereinstimmen, so muß wohl die Theorie unrichtig oder auf das praktische Verhalten nicht anwendbar sein.

Der von Schlötter an der angegebenen Stelle¹⁰⁾ aufgestellte Satz, daß für den Korrosionsschutz die Schichtstärke gegenüber der Oberflächenbeschaffenheit und der Form der Abscheidungen ein untergeordneter Faktor sei, trifft, wie alle Naturversuche eindeutig zeigen, für das Verhalten von Verzinkungen an Atmosphäre nicht zu. Hier ist allein die Schichtdicke entscheidend, weil die gebildeten, zunächst schützend wirkenden Korrosionsprodukte sich allmählich im Regenwasser lösen.

Die normale Korrosionsgeschwindigkeit des Zinks an der Atmosphäre mit etwa 10 g/m² · Jahr gilt für Landluft in gemäßigtem Klima. In feuchten Tropen kann sie infolge Bildung von weißem Rost erheblich höher sein. Aber auch gegen weißen Rost zeigt elektrolytisches Zink keine Ueberlegenheit.

Düsseldorf, 14. September 1940.

Karl Daeves.

* * *

Zu der Entgegnung von M. Schlötter möchte ich kurz folgendes feststellen.

Bzüglich der Schutzschichtbildung besteht doch wohl ein Mißverständnis. Es ist von mir keineswegs behauptet worden, daß nur die Feuerverzinkung Schutzschichten zu bilden vermag. Es kam mir nur darauf an, festzustellen, daß bei der atmosphärischen Korrosion Schutzschichten aus basischen Zinkkarbonaten entstehen und daß daher ein Löslich-

keitsversuch in Schwefelsäure, in der sich derartige Schutzschichten nicht bilden können, kein Maßstab für die Korrosionsbeständigkeit sein kann; hierauf geht Schlötter aber nicht ein. Auch die elektrolytische Verzinkung wird diese Schutzschicht bilden, die aber nicht mehr und nicht weniger beständig ist als die der Feuerverzinkung.

Ich habe ferner nicht behauptet, daß diese Schutzschicht unangreifbar ist, ich habe lediglich gesagt, daß sich „in Wasser sehr schwer lösliche und weitgehend beständige Schutzschichten“ bilden. Die Schutzschichten werden erfahrungsgemäß im Laufe der Zeit durch die atmosphärischen Einflüsse (Regen, Staub, Wind usw.) abgetragen oder zerstört. Dann kommt es aber zu einer Neubildung durch das noch vorhandene Zink. Diese Neubildung der Schutzschicht kann sich aber bei einer dickeren Zinkschicht öfter und länger wiederholen als bei einer dünneren; daher der Einfluß der Zinkschichtstärke auf die Korrosionsbeständigkeit.

Hiermit möchte ich meinerseits die Aussprache an dieser Stelle schließen.

Mülheim (Ruhr), 20. Sept. 1940.

Rolf Haarmann.

* * *

Die Entgegnung von K. Daeves auf meine Erklärung deckt sich im ersten Teil mit meiner Anschauung, wonach der Korrosionswiderstand und die Lebensdauer verzinkter Teile nicht nur vom Reinheitsgrad des Zinks, sondern auch von der Schichtdicke der Zinkauflage abhängt.

Aber was K. Daeves weiter schreibt, ist weniger verständlich, und es ist deshalb notwendig, auf die Art der Zinkschutzwirkung gegenüber Eisen einzugehen und die bekannte Theorie hier zu wiederholen. Zink als das elektronegativeres Metall als Eisen schützt das Eisen — nach dem Ausspruch von U. R. Evans¹³⁾ — „selbststopfernd“, d. h. wenn beide Metalle mit dem korrodierenden Agens in Kontakt kommen, bildet sich ein galvanisches Element, und Zink löst sich anodisch. Selbstverständlich wird, solange Zink noch als Metall vorhanden ist, Eisen nicht korrodieren. Dieser „selbststopfernde“ Schutz beginnt aber nur dann, wenn die beiden Metalle in Kontakt mit dem korrodierenden Mittel sind. Von diesem Moment an beginnt der Einfluß der Zinkmenge zu wirken. Wenn wir aber die frischverzinkte und gutverzinkte, d. h. riß- und porenlose Eisenoberfläche nehmen und auf Korrosion prüfen, so kommt nur die Löslichkeit — Angriffsfähigkeit — der Zinkschutzschicht in Betracht, und die Korrosion ist nur abhängig von den chemischen und physikalischen Eigenschaften der zu prüfenden Zinkschicht. In diesem Fall spielt die Schichtdicke keine Rolle.

Die ganze Schutzzeit der Zinküberzüge kann man auf zwei Perioden verteilen:

I. Periode: Die Zinkschicht ist homogen und zeigt keine Poren und Risse. In Kontakt mit dem korrodierenden Mittel kommt nur die homogene Zinkphase. Die Bildung einer galvanischen Kette ist ausgeschlossen. Der Löslichkeitsprozeß soll linear verlaufen.

II. Periode: Die homogene Zinkschicht ist teilweise gelöst. In Kontakt mit dem korrodierenden Mittel kommt neben der Zinkphase auch eine andere, z. B. Zinkeisenverbindung oder Reineisenphase. Es bilden sich galvanische Elemente. Der Löslichkeitsprozeß verläuft nun nach einer logarithmischen Kurve.

Die Länge der ersten Periode ist selbstverständlich abhängig von den chemischen und physikalischen Eigenschaften der aufgetragenen Reinzinkphase und nicht nur

¹³⁾ Siehe Fußnote 6: a. a. O., S. 570.

von der Dicke des Ueberzugs. Es ist klar, daß, je größer der Korrosionswiderstand der Reinzinkphase sein wird, desto länger dauert (bei gleicher Zinkauflage je m² Oberfläche) die Schutzzeit des Zinküberzugs.

Was die zweite Periode anbelangt, so kann gesagt werden, daß die elektromotorische Kraft des galvanischen Elements Zink-Eisen bzw. Zink-Eisen-Legierungen um so kleiner wird, je edler die Zinkphase ist; mit anderen Worten, die Zinkschicht wird sich um so langsamer auflösen, je mehr das Potential des aufgebrauchten Zinks sich dem des Eisens nähert. Die Auflösungsperiode des Zinks wird also praktisch verlängert.

Zweck unserer Arbeit war gerade, diesen Korrosionswiderstand der Reinzinkphase für die nach verschiedenen Gesichtspunkten hergestellten Zinküberzüge zu untersuchen. Wir haben festgestellt, daß

1. bei elektrolytisch verzinkten Blechen sich das Zink in der ersten Periode langsamer löst als das feuerverzinkt aufgebrauchte Zink;
2. verschiedene Elektrolytbedingungen Zinküberzüge mit verschiedenen Löslichkeiten in korrodierenden Mitteln ergeben;
3. wir für diese Erscheinung eine Erklärung finden konnten;
4. wir die Möglichkeiten gefunden haben, die erste Periode der Zinkkorrosion so zu verlängern, daß die verzinkten Bleche mit viel geringerer Zinkmenge je m² Auflage den gleichen Schutz geben wie feuerverzinkte Bleche mit höherer Zinkauflage.

Was die Bildung basischen Zinkkarbonats anbelangt, so ist dieser Nebenprozeß so bekannt und so gut durchstudiert, daß ich auf diese Frage nicht weiter einzugehen brauche.

Berlin, 26. Februar 1944.

Maz Schlötter.

* * *

Ein Meinungs-austausch wird unmöglich, wenn aus klaren Feststellungen das Gegenteil dessen herausgelesen wird, was sie besagen. Und solange jemand unentwegt Ergebnisse von Säurelöslichkeitsversuchen auf das Naturrostungsverhalten überträgt, wenn dadurch sein Verfahren günstig erscheint, ist eine wissenschaftliche Erörterung der Korrosionsfragen nutzlos.

Nur zur Vermeidung einer Irreführung der Verbraucher von Verzinkungen sei festgestellt:

1. Das Verhalten eines Metalls in Säuren gibt auch bei Verzinkungen keinen Aufschluß über das Naturkorrosionsverhalten.
2. Alle Naturkorrosionsversuche haben gezeigt, daß galvanische Zinkauflagen an Atmosphäre nur die Lebensdauer gleich starker Feuerverzinkungen aufweisen.
3. Wenn M. Schlötter für sein galvanisches Verzinkungsverfahren eine Ausnahmestellung von der allgemeinen Regel beanspruchen will, so muß er sie durch die Ergebnisse einwandfreier Langzeitversuche beweisen, nicht aber durch unhaltbare „Theorien“ und Säurelöslichkeitsversuche suggerieren wollen.

Düsseldorf, 20. März 1944.

Karl Daeves.

* * *

Mit meiner letzten Zuschrift glaubte ich, meinerseits die Aussprache an dieser Stelle abschließen zu können. Auf die weitere Zuschrift von M. Schlötter hin sehe ich mich gezwungen, meinen Standpunkt noch einmal unmißverständlich klarzustellen.

Herr Schlötter spricht jetzt von zwei Perioden der Korrosion: der ersten, bei der die Zinkschicht unversehrt

ist, der zweiten, bei der die Zinkschicht bereits durch Korrosion beschädigt ist, das Eisen stellenweise frei liegt und durch Bildung eines galvanischen Elementes durch das noch vorhandene Zink „selbstaufopfernd“ geschützt wird. Die zweite Periode stand bis jetzt überhaupt nicht zur Aussprache; es wurde über das Verhalten von einwandfreien Zinküberzügen und Zink, nicht aber über die weitere Korrosion bereits beschädigter Zinküberzüge gesprochen. Außerdem ist entgegen der Ansicht von Schlötter durchaus nicht immer mit der „Selbstaufopferung“ des Zinks zugunsten des Eisens zu rechnen. Nach H. Fischer und H. Bärmann¹⁴⁾ tritt sie bei atmosphärischer Korrosion z. B., die uns ja vor allem interessiert, nicht auf.

Schlötter will anscheinend nicht einsehen, daß es zwei grundsätzlich verschiedene Korrosionsarten gibt, auf die ich bereits in meiner ersten Zuschrift hinwies. U. R. Evans¹⁵⁾, der ja, wie anzunehmen ist, auch von Schlötter als zuständig anerkannt wird, nennt diese zwei Angriffsarten den „Wasserstoffentwicklungstyp“ und den „Sauerstoffabsorptionstyp“. Es geht nicht an, daß man die Ergebnisse, die man für die eine Korrosionsart gefunden hat, einfach auf die andere überträgt; Schlötter schließt aber ohne jede Bedenken vom Verhalten verzinkter Bleche in Säuren (Wasserstoffentwicklungstyp) auf das Verhalten gegen atmosphärische Korrosion (Sauerstoffabsorptionstyp). Dies wundert mich um so mehr, als Schlötter selbst an anderer Stelle¹⁶⁾ sagt, daß man bei Korrosionsversuchen die Proben den Einflüssen aussetzen soll, denen sie in der Wirklichkeit ausgesetzt sind, und daß, wenn die Ergebnisse einigermaßen zuverlässig sein sollen, es auf eine genaue Nachahmung der Beanspruchung ankommt.

Für die Korrosion nach dem Wasserstoffentwicklungstyp sollen die Angaben von Schlötter, daß die Reinheit des Zinks für die Korrosion maßgebend und daher der elektrolytische Ueberzug, besonders der nach seinem Verfahren erzeugte, überlegen ist, als richtig unterstellt werden. Genau genommen stimmt auch das nicht allgemein, wie sich aus verschiedenen gegenteiligen Beobachtungen erkennen läßt.

Für die Korrosion nach dem Sauerstoffabsorptionstyp treffen die Angaben von Schlötter keineswegs zu. Evans sagt, daß bei dieser Angriffsart ganz allgemein die Korrosionsgeschwindigkeit durch die Gegenwart von Verunreinigungen im Metall wenig beeinflußt wird, und führt das besonders für Zink unter Angabe von Schrifttumsstellen weiter aus¹⁷⁾. Bei dem Sauerstoffabsorptionstyp beruht die Korrosionsgeschwindigkeit eben auf der mehr oder weniger großen Beständigkeit der Korrosionsprodukte. O. Kröhnke und G. Masing¹⁸⁾ sagen hierüber: „Die gute Widerstandskraft des Zinks beruht auf der sich bildenden Karbonatschicht, die dicht und fest auf der metallischen Oberfläche haftet.“ An anderer Stelle¹⁹⁾ wird ausgeführt, daß Regenwasser beim Einhängen von Zinkproben im Vergleich zu anderen Wässern den stärksten Angriff auf Zink hervorruft. Es heißt dann weiter: „Daß trotzdem Zink ein brauchbares und viel benutztes Material für Dachabdeckungen ist, steht hiermit nicht im Widerspruch; denn unter den natürlichen Beanspruchungen hat das Zink Zeit, sich mit einer schützenden Deckschicht zu

¹⁴⁾ Z. Metallkde. 32 (1940) S. 376/83.

¹⁵⁾ Siehe Fußnote 6: a. a. O., S. 288.

¹⁶⁾ Der Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe und ihrer Legierungen, hrsg. von O. Kröhnke und G. Masing, Bd. 3. Leipzig 1940. S. 440.

¹⁷⁾ Siehe Fußnote 6: a. a. O., S. 446.

¹⁸⁾ Siehe Fußnote 16: a. a. O., S. 3.

¹⁹⁾ Ebenda, Bd. 2. Leipzig 1938. S. 611.

überziehen.“ Es ist mir auch keine Literaturstelle bekannt, die über die Bedeutung der Karbonatschichten eine andere Ansicht wiedergibt. Meines Wissens hält lediglich Schlötter sie für „einen bekannten und gut durchstudierten Nebenprozeß“. Dazu kann nur gesagt werden, daß ohne diesen „Nebenprozeß“ die Verzinkereien ihre Tore längst geschlossen hätten.

Zusammenfassend muß demnach festgestellt werden, daß die Ausführungen von Schlötter über das unterschiedliche Verhalten verschiedener Zinküberzüge mit gewissen Einschränkungen bei Angriffen nach dem Wasserstoffentwicklungstyp Geltung hat. Da aber die Angriffe bei Zinküberzügen in der Praxis allgemein nach dem Sauerstoffabsorptionstyp verlaufen, sind seine Angaben für die Beurteilung des wirklichen Korrosionsverhaltens ohne Bedeutung. Ausschlaggebend ist hier die Stärke der Zinkauflage, nicht die Art des Zinküberzuges.

Solange Schlötter die beiden Korrosionsarten aber nicht auseinanderhält, hat eine weitere Aussprache keinen Zweck.

Mülheim (Ruhr), 18. März 1944. *Rolf Haarmann.*

* * *

Bei dem jetzigen Stand der Erörterung scheint es zweckmäßig zu sein, auf den Ausgangspunkt zurückzukehren.

In meiner Arbeit¹⁾ habe ich gesagt, daß die seinerzeitigen Vergleichsergebnisse von Burgess wegen der Korrosionsfestigkeit elektrolytischer und feuerverzinkter Ueberzüge bei dem damaligen Stand der Forschung unverständlich gewesen sind. Auf Grund der Arbeiten meiner Mitarbeiter über die Aenderungen der Eigenschaften anderer elektrolytisch abgeschiedener Metalle konnte eine Erklärung gefunden

werden. Wir glauben sie in der Tatsache zu sehen, daß bei der elektrolytischen Abscheidung von Metallen diese nicht rein abgeschieden werden, sondern daß komplexe Kationen in das Gitter eintreten, die die Ursache der Veränderung sind. Ähnliches haben wir beim Zink gefunden²⁰⁾. Dort ist belegt, daß Elektrolytzink, nach verschiedenen Verfahren hergestellt, sich verschieden verhält.

Würde man Zink also gleich Zink setzen können, dann mögen alle Ausführungen von K. Daeves und R. Haarmann richtig sein. Daß dies für die Metalle nicht immer zutrifft, beweist z. B. das verschiedenartige Verhalten von Silber gegen Schwefelwasserstoff und Schwefelalkalien. Silber, auf feuerflüssigem Wege erhalten, schwärzt sich immer mit den genannten Chemikalien, Silber, auf besondere Art elektrolytisch abgeschieden, verhält sich diesen Chemikalien gegenüber vollkommen passiv. Ähnliche Beispiele habe ich schon verschiedentlich angeführt. Wenn man so positive Reaktionen anführen kann, dann bewegt man sich nicht mehr auf dem Boden „blasser Theorien“, sondern wir glauben, ein Arbeitsgebiet eröffnet zu haben, das der jungen Generation neue Wege der Forschung und mit Aussicht auf Erfolg bietet, wie ein Erörterungsredner auf einer Sitzung der Faraday Society²¹⁾ gesagt hat. Daeves und Haarmann gehen eben von der Voraussetzung aus: Zink ist Zink, und diesen Boden habe ich bereits verlassen; daher gehen die Anschauungen auseinander.

Berlin, 15. April 1944.

Max Schlötter.

²⁰⁾ Schlötter, M., und H. Schmellenmeier: Korrosion u. Metallsch. 17 (1941) S. 117/24.

²¹⁾ Trans. Faraday Soc. 19 (1923) S. 201/30.

Umschau.

Erzwert und wirtschaftlichster Anreicherungsgrad bei der Aufbereitung.

Die Abgabe der Nicht-Bessemer-Erze vom Oberen See erfolgt im allgemeinen auf der Grundlage des „Lake-Erie-Preises“. Das ist der in jedem Frühjahr zur Eröffnung der Verschiffungszeit festgelegte Richtpreis ab Hafen Erie-See für ein Erz von bestimmter Normalzusammensetzung¹⁾. Er berücksichtigt nur den Eisengehalt und ist daher infolge der beträchtlichen Schwankungen, vor allem im Kieselsäuregehalt, kein wirklicher Wertmesser für die Wirtschaftlichkeit der Verarbeitung des betreffenden Erzes. Die Feststellung des wahren Erzwertes ist aber für Lieferer und Bezieher von stetig steigender Bedeutung, da in immer stärker werdendem Maß eisenärmere Erze abgebaut und aufbereitet werden müssen. Zur wirtschaftlichsten Auslegung und Einstellung einer Erzwäsche ist jedoch die Kenntnis des wahren Wertes der Erze verschiedener Zusammensetzung unerlässlich.

Die Unzulänglichkeit des Lake-Erie-Preises veranlaßt G. W. Hewitt¹⁾, ein Verfahren auszuarbeiten, das den wirklichen Erzwert für die Betriebsverhältnisse der Wheeling Steel Corporation unter Berücksichtigung des Gehaltes an Eisen, Mangan, Phosphor, Kieselsäure und Tonerde zu berechnen gestattet.

Nach einem andern Bewertungsverfahren von E. W. Davis²⁾ wird der Erzwert ermittelt mit Hilfe einer einfachen Formel auf Grund des Gehaltes an Eisen, Summe der Basen (Kalk + Magnesia) und Summe der Säuren (Kieselsäure + Tonerde). Davis geht ebenfalls davon aus, daß die Kosten des erzeugten Roheisens unabhängig von der Erzzusammensetzung die gleichen bleiben sollen, und zwar sollen sie gleich den Kosten des Roheisens aus einem festgelegten Normalerz sein. Weiter wird vorausgesetzt, daß der Hochofen unabhängig

¹⁾ Hewitt, G. W.: Blast Furn. 27 (1939) S. 1231/37; 28 (1940) S. 50/52 u. 70; vgl. Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 818/20 (dort muß es richtig heißen: S. 819, linke Spalte, Zeile 40 von oben: ... + 0,015 = ... statt ... + 0,15 ...; Zahlentafel 3, Zeile 1: 45,6 % Fe statt 46,5 % Fe).

²⁾ Amer. Inst. min. metallurg. Engrs., Techn. Publ. Nr. 1202, 13 S., Metals Techn. 7 (1940) Nr. 6.

Zahlentafel 1. Zusammensetzung des Normalerzes.

	Gewogener Fünfjahresdurchschnitt sämtlicher See-Erze	Normalerz
Fe . . . % im Feuchten	51,53	51,50
SiO ₂ . . . % im Feuchten	7,61	7,60
Al ₂ O ₃ . . . % im Feuchten		2,00
CaO . . . % im Feuchten		0,40
MgO . . . % im Feuchten		0,40

von der Zusammensetzung des verarbeiteten Erzes stets die gleiche Koksmenge in der Zeiteinheit durchsetzt. Die gesamten Roheisenkosten werden in zwei Gruppen, in die Rohstoffkosten und in die Verarbeitungskosten, aufgeteilt. Bei einer Aenderung der Erzzusammensetzung erfahren die Verarbeitungskosten (Energie, Löhne, Gemeinkosten usw.) je Zeiteinheit keine Aenderung. Dagegen ändern sich der Kalksteinbedarf und die erzeugte Roheisenmenge je Zeiteinheit, indem infolge geänderten Kieselsäure- plus Tonerdegehaltes für jede Tonne mehr oder weniger anfallender Schlackenmenge 400 kg Koks mehr oder weniger von der durchgesetzten Koksmenge für die Schlackenbildung in Anspruch genommen werden. Wenn als Normalerz das in der rechten Spalte der Zahlentafel 1 angegebene Erz mit einem Preis von 4,95 \$/t zugrunde gelegt wird, so ergeben die angeführten Voraussetzungen bei der Verhüttung in einem bestimmten Hochofen mit 700 t Tagesleistung in Cleveland folgenden mathematischen Ausdruck für den Erzwert:

$$V = 0,11944 \cdot U - 0,12774 (A - 0,25 \cdot B) \text{ \$/t.} \quad (1)$$

Darin bedeuten:

V \$/t = gesuchter Erzwert,

U % = Eisengehalt des zu bewertenden Erzes,

A % = Kieselsäure- + Tonerdegehalt des zu bewertenden Erzes,

B % = Kalk- + Magnesiagehalt des zu bewertenden Erzes.

Z. B. errechnet sich für ein Erz mit 52,55 % Fe, 4,28 % SiO₂, 2,28 % Al₂O₃, 0,25 % CaO, 0,18 % MgO im Feuchten der Erzwert zu

$$V = 0,11944 \cdot 52,55 - 0,12774$$

$$[(4,28 + 2,28) - 0,25 (0,25 + 0,18)] = 5,453 \text{ \$/t.}$$

Wenn man die Formel (1) in der Form

$$V = 0,11944 \cdot U - 0,12774 \cdot A + 0,032 \cdot B$$

schreibt, so erkennt man, daß der Erzwert die Summe der Gutschriften und Lastschriften der Einzelbestandteile darstellt, wobei

0,11944 \$ je % Fe im Erz als gangartfreie Eisen-Sauerstoff-Verbindung gutgeschrieben,

0,12774 \$ je % SiO₂ + Al₂O₃ im Erz belastet

und 0,032 \$ je % CaO + MgO im Erz gutgeschrieben werden.

Das Verfahren entspricht daher einer Bewertung nach H. Bansen und E. Krebs¹⁾ für den Fall, daß nur der Eisen-, der Kieselsäure- + Tonerde- und der Kalk- + Magnesiumgehalt berücksichtigt werden. Die auf diesem letzten Wege ermittelten Erzwerte decken sich genau mit den Erzwerten, die man nach der von Davis oben angegebenen Formel (4) erhält.

Im Vergleich zu den Ergebnissen des Bewertungsverfahrens nach Hewitt ergeben sich geringe Unterschiede.

Zahlentafel 2. Vergleich der Wirtschaftlichkeit bei Aufbereitung auf verschiedene Anreicherungsgrade.

Konzentratlieferung: 100 000 t je Betriebsabschnitt											
	Zusammensetzung des Konzentrats			Erforderliche		Verkauf nach Lake-Erie-Preis			Verkauf nach wirklichem Erzwert		
	Fe % i. F.	SiO ₂ % i. F.	Ausbringen %	Roherzmenge	Roherzgewinnungskosten (2 \$/t)	Erlös ab Aufbereitung		Gewinn (Sp. 7 minus Sp. 5) \$	Erlös ab Aufbereitung		Gewinn (Sp. 10 minus Sp. 5) \$
				t	\$	\$/t	\$		\$/t	\$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	51,50	12,00	75,00	133 333	266 667	3,04	304 000	37 333	2,71	271 000	4 333
2	54,50	8,00	66,60	150 000	300 000	3,33	333 000	33 000	3,58	358 000	58 000

Der Einfluß des Erzwertes auf den wirtschaftlichsten Anreicherungsgrad bei der Aufbereitung geht aus Zahlentafel 2 hervor, die zeigt, daß der Verkauf von Erzkonzentraten nach dem Lake-Erie-Preis zu verfehlten, wirtschaftlich schädlichen Betriebsmaßnahmen führen kann, während durch die Verwendung des wirklichen Erzwertes die bestmögliche Arbeitsweise erkannt und sichergestellt wird: Zu liefern seien z. B. 100 000 t Konzentrat je Betriebsabschnitt, die entweder auf 51,5 % Fe bei 12 % SiO₂ (Zahlentafel 2, Reihe 1) anzureichern sind oder, nur durch Aenderung der Wassermenge, auf 54,5 % Fe bei 8 % SiO₂ (Zahlentafel 2, Reihe 2). Da im ersten Fall das Ausbringen höher ist als im zweiten Fall, muß für diesen eine größere Roherzmenge unter Aufwendung entsprechend höherer Kosten gefördert werden.

so steht einem Gewinn von nur 4333 \$ bei der schwächeren Anreicherung ein Gewinn von 58 000 \$ (Zahlentafel 2, Spalte 11) bei der stärkeren Anreicherung gegenüber. Das bedeutet, daß die Abrechnung nach dem Lake-Erie-Preis zu einem Fehlschluß führt; während sie die größere Wirtschaftlichkeit des schwächer angereicherten Konzentrats vortäuscht, mit der Aufbereitung, wie die Feststellung des wirklichen Erzwertes erweist, zur Erzielung der größeren Wirtschaftlichkeit auf das stärker angereicherte Konzentrat eingestellt werden.

Am übersichtlichsten lassen sich diese Verhältnisse durch eine Waschkurve darstellen⁴⁾. In Bild 1 ist über dem prozentualen Ausbringen aus dem Roherz der Eisengehalt des Konzentrats (Kurve a), der zugehörige Lake-Erie-Preis (Kurve b) und der tatsächliche Erzwert nach Formel (1) (Kurve c) aufgetragen. Kurve d stellt die mit steigendem Ausbringen naturgemäß abnehmenden gesamten Erzeugungskosten je t Konzentrat dar. Das zu liefernde Konzentrat soll vertraglich nicht unter 51,5 % Fe im Feuchten enthalten und wird mit 85 % des Lake-Erie-Preises unter Abzug der Fracht vergütet. Wenn man daher für verschiedene Ausbringen den Unterschied zwischen den Kurven b und d mit 0,85 multipliziert und davon die Fracht abzieht, so ergibt sich als Kurve e der jeweils zugehörige Gewinn mit einem Bestwert von 0,74 \$/t bei 53,61 % Fe im Konzentrat und 49 % Ausbringen. Nimmt man dagegen an, daß das Konzentrat mit 85 % des wirklichen Erzwertes unter Abzug der Fracht bezahlt wird, so entsteht aus den Kurven c und d die Gewinnkurve f mit einem Bestwert von 0,90 \$/t Konzentrat bei 55 % Fe im Konzentrat und 45 % Ausbringen, d. h. die Aufbereitung muß auf diese stärkere Anreicherung eingestellt werden. Nur die Anwendung des wirklichen Erzwertes an Stelle des Lake-Erie-Preises führt daher zur Feststellung des wirtschaftlichen Bestwertes. Die Verarbeitung des stärker angereicherten Konzentrats ermöglicht außerdem eine größere Roheisenerzeugung bei gegebenem Hochofenraum.

Ernst Krebs.

Verhalten des Stahles bei erhöhten Temperaturen.

Übersicht über das Schrifttum des Jahres 1940.

(Schluß von Seite 482.)

Zeitstandfestigkeit.

E. Siebel und K. Wellinger¹²⁾ führten Dauerstandversuche bei 500° mit Probestäben aus, die aus elektrisch geschweißten Rohren von 219 mm äußerem Durchmesser und 21 bis 22 mm Wanddicke aus Chrom-Molybdän-Stahl entnommen waren. Bei den Schweißungen, die keine Glühbehandlung erfahren haben, verläuft die Zeitstandfestigkeitskurve viel ungünstiger als bei den Schweißungen mit einer nachträglichen Wärmebehandlung durch Glühen oder Anlassen (1 h bei 650°). Während die an letzter Stelle genannten Schweißverbindungen außerhalb der Schweißung im Rohrwerkstoff zu Bruch gingen, verläuft der Bruch bei den ungeglühten Proben bei längerer Belastungsdauer stets in der Schweißnaht. Auf die durch Glühen und Anlassen erzielte Verbesserung im Dauerstandverhalten von Schweißungen sollte, wenn irgend möglich, nicht verzichtet werden, da im Betrieb, besonders bei Rundnähten, mit dem Auftreten zusätzlicher Beanspruchungen gerechnet werden muß, die nach den Ergebnissen der Versuche bei ungeglühten Schweißungen zu verformungslosen Brüchen führen können. Auf jeden Fall sollte dafür Sorge getragen werden, daß die Zeitstandfestigkeitskurve bei Schweißungen stets genügend hoch über der nach DIN-DVM-Prüfverfahren A 117 und A 118 bestimmten Dauerstandfestigkeit verläuft.

LangzeitzerreiBversuche.

E. L. Robinson¹³⁾ führte mit zwei Stählen, einem Molybdänstahl mit 0,14 % C, 0,16 % Si, 0,44 % Mn und 0,46 % Mo und einem Silizium-Chrom-Molybdän-Stahl mit 0,13 % C, 1,5 % Si, 0,25 % Mn, 4,98 % Cr und 0,50 % Mo vergleichende

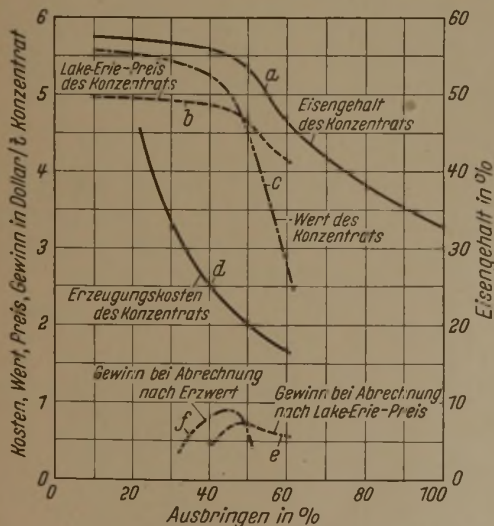


Bild 1. Waschkurven und Wirtschaftlichkeitskurven eines Mesabi-Erzes.

Verkauft man die Konzentrate in beiden Fällen nach Lake-Erie-Preis, so wird durch die geringere Anreicherung ein Gewinn von 37 333 \$, durch die stärkere Anreicherung ein Gewinn von 58 000 \$ erzielt (Zahlentafel 2, Spalte 8). Die geringere Anreicherung würde somit den größeren Gewinn bringen. Wird dagegen das Konzentrat nach dem wirklichen Erzwert abgegeben,

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940/41) S. 91/105 (Hochofenaussch. 192).

¹²⁾ Z. VDI 84 (1940) S. 57/59; vgl. Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 395/96 (Werkstoffaussch. 492).

¹³⁾ Amer. Soc. Test. Mater., Vorabzug 48, Juni 1940, 7 S.

Langzeitzerreiversuche und Dauerstandversuche durch. Der Molybdnstahl lag im normalgegluhten Zustand (43,5 kg/mm² Zugfestigkeit, 35,5 % Bruchdehnung [L = 50 mm] und 67,5 % Einschnürung) und im gegluhten Zustand (40,0 kg/mm² Zugfestigkeit, 44,4 % Bruchdehnung [L = 50 mm], 68,9 % Einschnürung) vor. Der Silizium-Chrom-Molybdnstahl hatte eine Zugfestigkeit von 55,0 kg/mm² bei 46,5 % Bruchdehnung (L = 50 mm). Die Ergebnisse der Versuche sind in *Zahlentafel 7* einander gegenübergestellt. Die Unterschiede in den Ergebnissen beider Prüfverfahren sind recht erheblich. In Fällen, in denen für die Verwendung des Stahles die eingetretenen Dehnungen nicht wesentlich sind, empfiehlt es sich, der Berechnung die Langzeitzerreifestigkeit zugrunde zu legen. Wenn jedoch, wie das beispielsweise im Dampfturbinenbau der Fall ist, nur kleine Dehnungen zulässig sind, ist sowohl die Langzeitzerreifestigkeit als auch die Dauerstandfestigkeit zu berücksichtigen.

Zahlentafel 7. Dauerstandfestigkeit und Langzeit-Zerreißfestigkeit eines Molybdän- und eines Silizium-Chrom-Molybdän-Stahles nach E. L. Robinson.

	Dauerstandfestigkeit (0,01 % Dehnung in 10 000 h)		Langzeit-Zerreiß- festigkeit (100 000 h)	
	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²
Prüftemperatur	482 ^o	538 ^o	482 ^o	538 ^o
Molybdnstahl, normalgegluht . .	21,1	4,9	21,8	8,3
gegluht	9,1	2,1	19,4	6,4
Prüftemperatur	593 ^o	659 ^o	593 ^o	659 ^o
Silizium-Chrom-Molybdän-Stahl .	1,1 bis 2,0	0,6 bis 0,8	2,8	1,4

Abkrzungsverfahren.

In Amerika hat man lange Zeit von Abkrzungsverfahren zur Bestimmung der Dauerstandfestigkeit nichts wissen wollen, obwohl sich diese in anderen Ländern bewährt haben. Man glaubt dort nur auf Grund von Langzeitversuchen von mindestens 1000stndiger Dauer ein zuverlässiges Urteil über das spätere Verhalten des Werkstoffes im Betriebe gewinnen zu können und vergißt dabei, daß selbst ein Versuch von mehreren tausend Stunden Dauer im Vergleich zu der Lebensdauer des betreffenden Bauteiles in den meisten Fällen auch nur ein Abkrzungsverfahren bedeutet. Erst in letzter Zeit mehrten sich in Amerika die Bestrebungen, durch geeignete Kurzprfungen Anhaltspunkte für das voraussichtliche Verhalten des Werkstoffes im Betriebe zu gewinnen.

Auf Grund von Zerreiversuchen bis zu 50stndiger Dauer und Langzeitbelastungsversuchen bei 427 bis 704^o an einem Chrom-Molybdän-Silizium-Stahlguß mit 0,23 % C, 1,08 % Si, 0,66 % Mn, 4,96 % Cr und 0,50 % Mo, der bei 982^o normalgegluht, von 874^o luftabgekuht und bei 690^o angelassen worden war und eine Streckgrenze von 48,2 kg/mm², eine Zugfestigkeit von 68,4 kg/mm² bei 25,0 % Bruchdehnung (L = 50 mm) und 59 % Einschnürung hatte, stellten J. J. Kanter und E. A. Sticha¹⁴⁾ die aus *Bild 17* zu ersiehende Beziehung zwischen der Dehngeschwindigkeit und dem reziproken Wert der absoluten Temperatur fest. Die den verschiedenen Belastungen entsprechenden Schaulinien laufen geradlinig und parallel zueinander über Geschwindigkeitsbereiche, die sich wie 100 000 : 1

halten. Im unteren Teil des Schaubildes ist noch die Belastung in Abhängigkeit von dem reziproken Wert der absoluten Temperatur nach der üblichen Auswertung aufgetragen, und zwar für zwei verschiedene Dehngeschwindigkeiten.

Aus der Auftragung in *Bild 17* läßt sich die Dehngeschwindigkeit für jede zwischen 427 und 593^o liegende Temperatur rasch ermitteln. Bemerkenswert ist, daß die zu der Belastung von 14,1 kg/mm² gehörenden Versuchspunkte sämtlich aus Zerreiversuchen von weniger als 50 h Dauer gewonnen wurden; die durch diese Versuchspunkte gelegte Gerade läuft parallel zu den 7,0 und 21,1 kg/mm² Belastung entsprechenden Geraden, denen Dehngeschwindigkeiten zugrunde liegen, die sowohl auf

Grund von Kurzerreiversuchen als auch Langzeitbelastungsversuchen erhalten wurden. Die Anwendung dieses Verfahrens beschränkt sich selbstverständlich auf Werkstoffe, deren Gefüge über den ganzen Temperaturbereich bei den angewendeten Belastungen beständig ist.

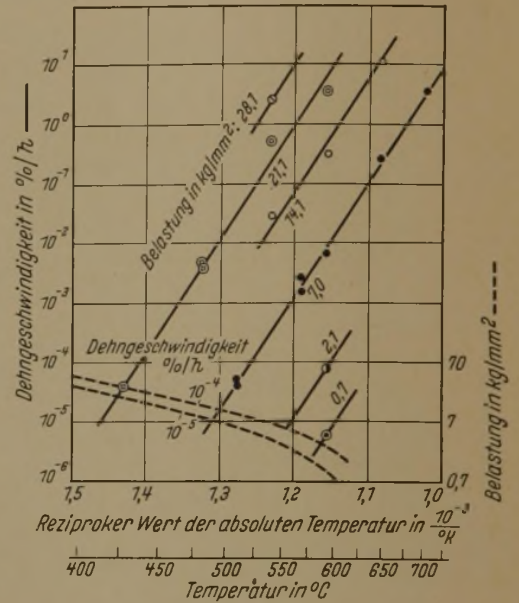


Bild 17. Beziehung zwischen der Dehngeschwindigkeit und dem reziproken Wert der absoluten Temperatur für verschiedene Belastungen bei Dauerstandversuchen an Stahlguß mit 5 % Cr, 0,5 % Mo und 1,1 % Si nach J. J. Kanter und E. A. Sticha.

Das in Deutschland übliche Abkrzungsverfahren nach DVM-Prüfverfahren A 117, bei dem die Dehngeschwindigkeit in der 25. bis 35. Stunde mit $10 \times 10^{-4} \% / h$ festgesetzt ist, hat sich für Temperaturen bis etwa 550^o bewährt, d. h. die nach diesem Kurzverfahren erhaltenen Ergebnisse stimmen mit denen aus Langzeitversuchen meist befriedigend überein. Man ist sich in Deutschland selbstverständlich darüber im klaren, daß dieses Verfahren nur bei Stählen angewendet werden kann, deren Verhalten durch Versuche längerer Dauer hinreichend bekannt ist. Versuche von A. Pomp und A. Krusch¹⁵⁾ an Chrom-Molybdän-, Chrom-Mangan-, Chrom-Nickel- und Chrom-Kobalt-Stählen bei 600 bis 800^o haben ergeben, daß das Abkrzungsverfahren bei diesen hohen Temperaturen keinen ausreichenden Näherungswert für die Dauerstandfestigkeit liefert. Für den größten Teil der untersuchten Stähle ist mit einem genügenden Abklingen der Dehngeschwindigkeit bei so hohen Temperaturen nur dann zu rechnen, wenn die Dehngeschwindigkeit in der 25. bis 35. Stunde 4 bis $5 \times 10^{-4} \% / h$ nicht übersteigt.

Interkristalline Brüchigkeit.

R. H. Thielemann¹⁶⁾ untersuchte 15 Stähle, deren Zusammensetzung und Wärmebehandlung aus *Zahlentafel 8* hervorgeht, auf ihre Neigung zu interkristalliner Brüchigkeit

Zahlentafel 8. Chemische Zusammensetzung und Wärmebehandlung der von R. H. Thielemann untersuchten Stähle.

Stahl	% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Cr	% Ni	Sonstiges %	Wärmebehandlung
A	0,14	0,16	0,44		0,025	19,0	9,14	0,46 Mo	8 h 899 ^o /Ofen
B	0,07	0,27	0,53	0,004	0,025	19,0	9,14	0,76 Nb	2 h 994 ^o /Luft
C	0,42	0,25	0,69	0,015	0,019	0,72	1,84	0,34 Mo	8 h 949 ^o /Oel/bei 676 ^o angelassen
D	0,12	1,23	0,29			2,97		0,54 Mo	2 h 949 ^o /Ofen/bei 860 ^o gegluht
E	0,12	0,40				4,8	0,23	0,56 Mo	bei 893 ^o gegluht
F	0,05	1,86	0,22	0,012	0,020	5,16		3,42 Mo	bei 871 ^o gegluht
G	0,06	1,00	0,35	0,017	0,014	11,61	0,11	1,14 Mo	8 h 1249 ^o /Wasser, 3 h 704 ^o /Ofen
H	0,08	0,48	0,38	0,011	0,022	13,27	0,20	3,22 W	Werksgluhung
I	0,13	1,5	0,28	0,040	0,040	4,98		0,50 Mo	bei 899 ^o gegluht/2 h 1055 ^o /Luft/ 1/2 h 744 ^o /Luft
J	0,09	0,43	0,44	0,020	0,042	19,19	9,20	0,03 Mo	2 h 994 ^o /Luft
K	0,15	1,30	0,44	0,020	0,015	9,02	2,10	2,20 Mo	2 h 994 ^o /Luft
L	0,05	1,96				5,44		3,11 W	2 h 704 ^o /Luft
M	0,09	0,25	0,48	0,011				0,58 Mo	1 h bei 816 ^o gegluht
N	0,07	0,24	0,47	0,010				1,53 Mo	1 h bei 816 ^o gegluht
O	0,07	0,26	0,50	0,010				3,64 Mo	1 h bei 816 ^o gegluht

durch Belastungsversuche längerer Dauer bei 482 bis 704^o. *Bild 18* zeigt die Ergebnisse von Versuchen bei 593^o an vier Stählen, die alle, allerdings in verschiedenen hohem Maße, zu interkristalliner Brüchigkeit neigen. Im Gegensatz hierzu sind in *Bild 19* die Versuchsergebnisse von vier anderen Stählen wiedergegeben, die bei derselben Temperatur geprüft wurden und in

¹⁴⁾ Trans. Amer. Soc. Met. 28 (1940) S. 257/76.

¹⁵⁾ Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 22 (1940) S. 137/48; Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940/41) S. 325/33; vgl. Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 90.

¹⁶⁾ Amer. Soc. Test. Mater., Vorabzug 46, Juni 1940, 17 S.

Bild 18. Stähle mit interkristallinem Bruch

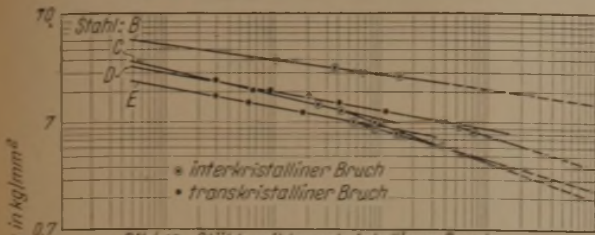


Bild 19. Stähle mit transkristallinem Bruch

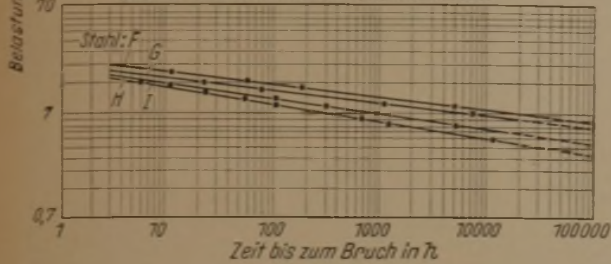


Bild 18 und 19. Ergebnis von Zeitstandfestigkeitsversuchen bei 593° an Stählen nach Zahlentafel 8 nach R. H. Thielemann.

Zahlentafel 9. Zusammenhang zwischen Bruchart und Chromäquivalent bei den von R. H. Thielemann auf Zeitstandfestigkeit untersuchten Stählen.

Stahl	Chrom-äqui-valent	Tem-pera-tur °C	Be-lastung kg/mm²	Zeit bis zum Bruch h	Bruch-dehnung (L=150 mm) %	Ein-schnü-rung %	Bruchart
F	+ 26,8	593	8,8	5 225	17,8	78	trans-kristallin
P	+ 26,8	649	5,6	3 455	22,0	73	
L	+ 20,2	649	4,2	11 676	32,5 ¹⁾	78	
G	+ 18,0	593	7,0	7 497	15,6	79	
H	+ 17,6	593	5,6	5 240	32,0	85	
O	+ 12,8	593	7,0	4 506	14,6	37	inter-kristallin
K	+ 11,7	649	4,2	3 598	23,0	84	trans-kristallin
I	+ 9,1	593	4,2	11 575	30,0	81	
I	+ 9,1	649	2,5	14 482	17,8	37	
D	+ 6,3	593	5,6	6 848	14,6	50	
N	+ 5,4	593	5,6	1 589	4,1	4	
E	+ 3,8	593	4,2	3 882	10,0	37	inter-kristallin
M	+ 0,65	593	4,2	2 712	7,0	18	
A	- 3,8	482	24,6	4 660	13,7 ¹⁾	15	
A	- 3,8	538	12,3	4 118	8,0 ¹⁾	12	
A	- 3,8	593	7,0	557	18,7 ¹⁾	49	
B	- 7,5	593	19,3	1 607	3,5	4	
J	- 10,8	649	7,0	2 880	2,0	6	
C	- 20,3	593	7,0	888	27,0 ¹⁾	40	

1) Meßlänge 100 mm.

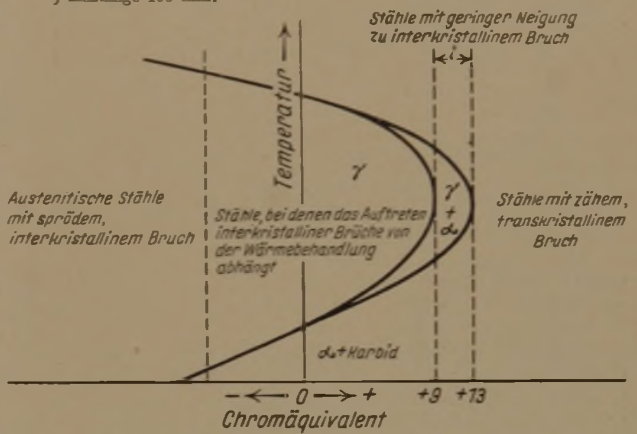


Bild 20. Darstellung der Beziehung des äquivalenten Chromgehaltes zur Stahlart nach R. H. Thielemann.

selbst bei Versuchszeiten bis zu 10 000 h keine Neigung zu interkristalliner Sprödigkeit erkennen lassen. Es zeigte sich, daß die Neigung der Stähle, im Dauerzugversuch spröde zu brechen, in hohem Maße von ihrer chemischen Zusammensetzung abhängt. Stähle, die wesentliche Gehalte an Legierungselementen enthalten, die die Bildung von α -Eisen begünstigen, wie Chrom, Wolfram, Molybdän und Silizium, neigen zur Ausbildung eines transkristallinen Bruches, während die Stähle, die interkristallin zu Bruch gehen, entweder geringere Gehalte an ferritbildenden Elementen haben oder zusätzlich wesentliche Gehalte an solchen Elementen, die die Bildung von γ -Eisen begünstigen, wie Kohlenstoff, Nickel und Mangan. So waren die ferritischen Stähle F, G, H und L, die durch Wärmebehandlung praktisch nicht härtbar sind, völlig frei von interkristalliner Brüchigkeit, während die beiden austenitischen Stähle B und J selbst bei Versuchen von nur wenigen Stunden Dauer interkristallin zu Bruch gingen. Somit scheint die Neigung eines Stahles, bei Dauerstandbelastungen interkristallin zu brechen, von der Stahlart, wie sie durch die chemische Zusammensetzung gegeben ist, abhängig zu sein.

Nach Thielemann lassen sich die Stähle in ihrer Neigung zu interkristalliner Sprödigkeit nach ihrem äquivalenten Chromgehalt einteilen. Hierunter ist folgendes zu verstehen. Im Zustandsschaubild Eisen-Chrom führt ein Zusatz von 13% Cr zu einer Abschnürung des γ -Gebietes. Dieselbe Wirkung ruft ein Zusatz von 6% W, 3% Mo oder 2,5% Si hervor. Wolfram ist daher $\frac{12}{6}$ oder 2,1fach wirkungsvoller als Chrom. Das Chromäquivalent für Wolfram ist mithin 2,1. Entsprechend ergibt sich das Chromäquivalent für Molybdän und Silizium zu 4,2 und 5,2. Kohlenstoff hat ein Chromäquivalent von -40, Nickel ein solches von -3 und Mangan ein solches von -2. Das Minuszeichen deutet an, daß diese Elemente, die das γ -Feld erbreitern, eine dem Chrom entgegengesetzte Wirkung ausüben. Eine grundsätzliche Darstellung der Beziehung des äquivalenten Chromgehaltes zur Stahlart zeigt Bild 20. Auf Grund der Ergebnisse von Langzeiterreißversuchen bei hohen Temperaturen weisen Stähle mit einem Chromäquivalent von über +13 bei 482 bis 704° einen transkristallinen Bruch auf. Stähle mit Chromäquivalenten von etwa +9 bis +13 liegen in dem Zweiphasen-(α - + γ -) Feld; im geglähten Zustand treten interkristalline Brüche nur bei Proben langer Versuchsdauer auf. Mit abnehmendem Chromäquivalent nimmt die Neigung zu interkristalliner Brüchigkeit zu. Bei den rein austenitischen Stählen treten spröde interkristalline Brüche schon nach kurzer Belastungsdauer auf.

In Zahlentafel 9 sind die untersuchten Stähle, nach abnehmendem Chromäquivalent geordnet, aufgeführt. Für jeden Stahl sind die Zeit bis zum Eintritt des Bruches, die Bruchdehnung und Bruch-einschnürung sowie die Bruchart angegeben. Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß alle Stähle mit einem äquivalenten Chromgehalt unter +9 bei Langzeiterreißversuchen einen inter-

kristallinen Bruch aufweisen, während bei den Stählen mit höherem Chromäquivalent der Bruch ausgesprochen transkristallin ist. Eine Ausnahme bildet der chromfreie Stahl O mit 3,6% Mo. Das Auftreten verformungsloser Brüche, wie es beispielsweise bei Schrauben aus Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl mitunter nach kurzer Betriebszeit in der Wärme beobachtet worden ist¹⁷⁾, legt es nahe, bei der Beurteilung eines Stahles auf sein Verhalten in der Wärme sich nicht auf die Ermittlung der Dauerstandfestigkeit nach dem DVM-Verfahren zu beschränken, sondern ihn auch auf seine Neigung zum Verspröden zu untersuchen. Legt man als Kennwert der Zeitstandfestigkeit die Nennspannung einer gekerbten Probe zugrunde, bei der in 500 h Versuchszeit ein Bruch nicht eintritt, so dürfte nach E. Siebel und K. Wellinger¹⁸⁾ ein Verhältnis von Zeitstandfestigkeit zu

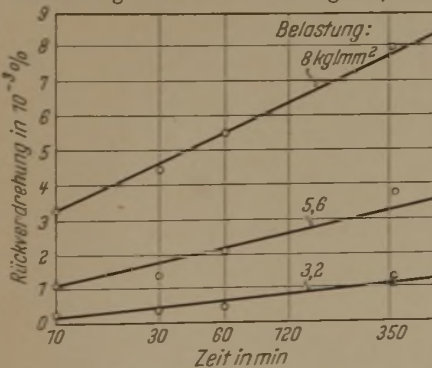


Bild 21. Abhängigkeit der Rückverdrehungen von der Zeit bei Verdreh-Dauerstandversuchen an Stahl mit 0,11% C nach J. Galibourg und L. Guillet d. J.

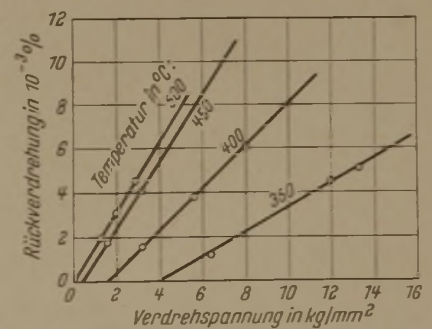


Bild 22. Abhängigkeit der Rückverdrehungen von der Verdrehspannung bei Verdreh-Dauerstandversuchen an Stahl mit 0,11% C nach J. Galibourg und L. Guillet d. J.

17) Scherer, R., und H. Kießler: Arch. Eisenhüttenw. 12 (1938/39) S. 381/85 (Werkstoffaussch. 454).

18) Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 387/92 (Werkstoffaussch. 492).

Dauerstandfestigkeit von mindestens 1 bis 1,5 ausreichen, Trennungsbrüche, wie sie gelegentlich im Betriebe auftreten, zu vermeiden.

Kriecherholung.

J. Galibourg und [L. Guillet d. J.³] beobachteten die bei Dauerstand-Verdrehversuchen eintretenden Rückverdrehungen nach Fortnahme der Verdrehbeanspruchung. Sie fanden, daß diese für eine bestimmte Temperatur und bestimmte Belastungen geradlinig in Abhängigkeit von der Zeit verlaufen, wie das für einen Stahl mit 0,11 % C aus Bild 21 zu ersehen ist. Auch bei Auftragung der Rückverdrehung in Abhängigkeit von der Verdrehspannung (Bild 22) ergeben sich für jede Versuchstemperatur Geraden.

Dauerstandversuche an Nichteisenmetallen.

A. Burkhardt und E. Gwinner¹⁹⁾ untersuchten das Dauerstandverhalten von Feinzink und handelsüblichen Zinklegierungen durch Verfolgung der Dehnung an Drähten, die auf Zug belastet waren. Die über mehrere hundert Stunden ausgedehnten Versuche hatten folgendes Ergebnis. Die Korngröße soll möglichst hoch sein, jedoch darf die Kornvergrößerung nicht so weit getrieben werden, daß das Formänderungsvermögen, besonders die Biegefähigkeit, zu sehr zurückgeht.

¹⁹⁾ Z. Metallkde. 32 (1940) S. 390/98.

Die Kornvergrößerung kann durch Erhöhung der Preßtemperatur und der Preßgeschwindigkeit erzielt werden. Für aluminiumhaltige Zinklegierungen liegt die höchste Preßtemperatur bei 320°, für kupferhaltige Legierungen soll sie 380° nicht übersteigen. Eine Steigerung der Preßgeschwindigkeit über 2 bis 3 m/min brachte keine weitere Verbesserung der Dauerstandfestigkeit mehr. Preßgeschwindigkeiten unter 1 m/min ergaben schlechte Dauerstandfestigkeiten. Anzustreben ist eine Korngröße von 300 μ^2 . Kupferhaltige Zinklegierungen sollten möglichst im kaltverformten Zustand (mindestens 15 % Querschnittsabnahme) verwendet werden. Eine weitere Verbesserung kann durch Glühen bei Temperaturen von 370 bis 380° erzielt werden. Bei aluminiumhaltigen Zinklegierungen ist eine Kaltverformung ungünstig, da hierdurch die Dauerstandfestigkeit wesentlich herabgesetzt wird. Besonders wirksam ist ein Magnesiumzusatz bereits bei einem Gehalt von 0,04 %. Ein Nachteil ist jedoch die dabei eintretende Versprödung und Neigung zu Warmrissigkeit. Vorteilhafter ist ein Lithiumzusatz von mindestens 0,05, besser aber von 0,15 %. Ein Manganzusatz von 0,5 bis 0,8 % ist sehr empfehlenswert, da er gleichzeitig die Bildungsamkeit der Zinklegierungen erhöht. Burkhardt und Gwinner beabsichtigen, die durch verhältnismäßig rohe Prüfungen gewonnenen Ergebnisse durch Feinmeßversuche, bei denen die durch die Ausscheidungsvorgänge bedingten Maßänderungen ausgeschaltet werden sollen, nachzuprüfen und zu ergänzen.

Anton Pomp.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 19 vom 8. Mai 1941.)

Kl. 7 a, Gr. 13, Sch 117 027. Umföhrungsrinne für Walzwerke. Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 b, Gr. 8/01, T 48 812. Einrichtung zum Ausgleich des veränderlichen Widerstandes gegen das Zubringen zum Ofen von in ununterbrochener Folge zu Röhren zu verarbeitenden Metallstreifen. Rudolf Traut, Mülheim (Ruhr).

Kl. 18 a, Gr. 14, St 48 269. Mehrzonenwinderhitzer, insbesondere für Hochöfen. „Brohltal“, A.-G. für Stein- und Tonindustrie, Burgbrohl (Bez. Koblenz), Jenny Pohl, geb. Hohl, Rhöndorf a. Rh., und Dr.-Ing. Alfred Schack, Düsseldorf-Oberkassel.

Kl. 18 b, Gr. 16/01, B 181 442. Verfahren zur Herstellung von Thomasstahl. Erf.: Hermann Alexander Brassert, London. Anm.: Hermann Alexander Brassert und H. A. Brassert & Co., Limited, London.

Kl. 21 g, Gr. 31/01, S 123 290. Verfahren zur Herstellung von Dauermagnetlegierungen. Siemens & Halske, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 42 k, Gr. 20/03, S 133 587. Vorrichtung zur Feinstrukturuntersuchung, insbesondere zum Messen elastischer Spannungen, von Werkstoffproben mittels Röntgenstrahlen. Erf.: Joachim Urlaub, Berlin. Anm.: Siemens & Halske, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Deutsche Reichspatente.

Kl. 24 c, Gr. 6, Nr. 673 072, vom 29. August 1935; ausgeben am 2. Januar 1941. Rekuperator, G. m. b. H., in Düsseldorf, und Ruhrstahl-A.-G. in Witten (Ruhr). *Stahlschmelzofenanlage.*

Die Verbrennungsluft wird durch einen von den Verbrennungsabgasen des Ofens betriebenen Rekuperator erhitzt. Zwischen diesem und dem Ofen wird ein von dem zum Rekuperator strömenden Abgasen betriebener Dampfkessel eingeschaltet, wobei der abgasseitige Strömungswiderstand des Kessels wesentlich kleiner ist als der abgasseitige Strömungswiderstand des Rekuperators, um bei einer Abkühlung der Abgase im Kessel unter den Schmelzpunkt der Staubteile im Gas ein Ausscheiden geschmolzener Staubteile aus dem Gas nach Möglichkeit zu verhindern. Bei Verwendung eines Metallrekuperators wird in seinen Röhren oder Kanälen auf der Luftseite durch bekannte Mittel z. B. eine hohe Strömungsgeschwindigkeit der Luft oder durch wärmeübergangssteigernde Einbauten im Luftweg die Wärmeübergangszahl auf über 49 kcal/m² h °C gesteigert.

Kl. 35 a, Gr. 9₀₇, Nr. 700 235, vom 29. Dezember 1938; ausgeben am 8. Januar 1941. Kohle- und Eisenforschung,

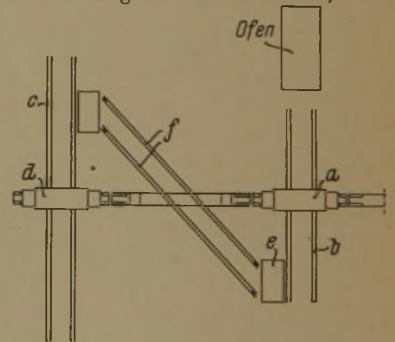
¹⁾ Die Anmeldungen liegen von dem angegebenen Tage an während dreier Monate für jedermann zur Einsicht und Einsprucherhebung im Patentamt zu Berlin aus.

G. m. b. H., in Düsseldorf. (Erfinder: Dr.-Ing. Karl Daeves in Düsseldorf.) *Verfahren zur Erhöhung der Lebensdauer hochbeanspruchter Förderseile u. dgl.*

Für die Förderglieder wird nach jeder Beanspruchung oder nach einer größeren Anzahl von Beanspruchungen eine Pause eingelegt und/oder in gewissen Zeitabständen werden die Förderglieder auf Temperaturen unterhalb der Rekristallisationstemperatur erwärmt.

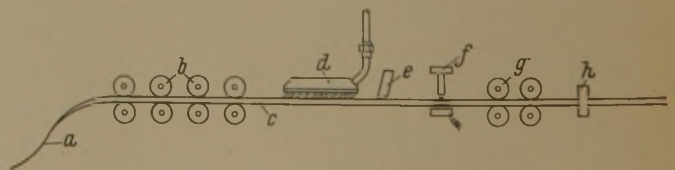
Kl. 7 a, Gr. 9₀₁, Nr. 700 430, vom 3. Dezember 1936; ausgeben am 19. Dezember 1940. Schloemann A.-G. in Düsseldorf. (Erfinder: Louis Frielinghaus in Düsseldorf.) *Aus einem Vorgerüst und einem neben ihm in gleicher Achsrichtung angeordneten Duofertiggerüst bestehendes Feinblechwalzwerk.*

Das fertige Walzgut des Vorgerüsts a wird von seinem hinteren Walztisch b zum vorderen Walztisch c des Fertiggerüsts d über Rutschen e durch eine Fördervorrichtung geschafft, die über der die Unterwalzen der beiden Gerüste miteinander verbindenden Kuppelspanndel in Schräglage angeordnet ist.



Kl. 21 h, Gr. 32₁₀, Nr. 700 460, vom 7. August 1937; ausgeben am 20. Dezember 1940. Neunkircher Eisenwerk, A.-G., vormals Gebrüder Stumm, in Neunkirchen (Saar). (Erfinder: Peter Horbach in Düsseldorf-Eller.) *Verfahren zum elektrischen Schweißen von Röhren.*

Das endlose Stahlband a wird in verschiedenen profilierten Rollenpaaren b zu einem Schlitzrohr c geformt. Ein mit billigem



Gas (Koksofengas, Ferngas od. dgl.) betriebener Brenner d wärmt die zum elektrischen Schweißen nötige metallisch reine und zunderfreie Kontaktfläche auf dem Schlitzrohr vor, die von dem Schaber e von Zunder gereinigt wird. Die elektrische Schweißmaschine f schweißt dann das vorgewärmte Rohr, das anschließend durch eine Richtvorrichtung g geführt und mit einer fliegenden Schere h abgeschnitten wird.

Kl. 42 k, Gr. 23⁰¹, Nr. 700 521, vom 4. August 1937; ausgegeben am 21. Dezember 1940. Goetzwert Friedrich Goetze A.-G. in Burscheid, Bezirk Düsseldorf. (Erfinder: Paul Eicker in Burscheid, Bez. Düsseldorf.) Härteprüfmaschine nach Art der Rockwell-Härteprüfer mit einer an der Belastungseinrichtung angeordneten Meßuhr.

Der Prüfling a liegt auf dem Tisch b. Eine auf der Welle c befestigte Nockenscheibe d dreht sich in der Richtung des Pfeiles e und hebt den Tisch b. Hierdurch wird der Fühlstift f der Meßuhr g, die an dem Vorlastgewicht h befestigt ist, in das Gehäuse der Meßuhr gedrückt, und der auf der Welle i nur durch Reibung mitgenommene Zeiger k der Uhr dreht sich, bis er die Nullage bei dem Pfeil l erreicht.

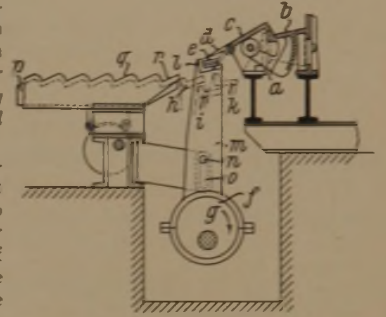
Hier wird der Zeiger durch einen Elektromagneten m festgehalten. Der Stromkreis für die Magnetspule wird über eine Kontaktschiene n einer Scheibe o, die mit der Welle c gedreht wird, so lange geschlossen, wie beide Kontaktfedern p, q die Kontaktschiene n berühren. Da der Zeiger k nur durch Reibung von seiner Welle i mitgenommen wird, kann sich diese Welle weiterdrehen, obwohl der Zeiger k festgehalten wird. Beim Weiterdrehen der Nockenscheibe d beginnt die Vorlast h auf den Prüfling zu wirken und wird von ihrer Unterlage r abgehoben. Dreht sich die Scheibe d weiter, so verlassen die Federn p, q die Schiene n, so daß der Magnetstromkreis unterbrochen wird. Der Zeiger k wird also nicht mehr festgehalten und kann sich drehen, wenn die Hauptlast s auf die

Vorlast h und den Prüfling wirkt. Die Hauptlast wird beim Weiterheben des Tisches b ausgelöst, wobei sie von ihrer Unterlage t abgehoben wird.

Kl. 7 a, Gr. 26⁰², Nr. 700 550, vom 28. Mai 1936; ausgegeben am 23. Dezember 1940. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., in Magdeburg-Buckau. Zwischen dem Auf- und Abrollgang und dem Kühllbett von Walzwerken angeordnete und in der Höhen- und Seitenrichtung bewegliche Alege- und Stapelvorrichtung.

Die Anshebevorrichtung a hebt das Walzgut b so weit an, daß es über die Schrägfläche c auf die Klappe d gleitet, die so weit in die Rast e hineinreicht, daß ein Teil des Walzgutes noch auf der Klappe liegt. Dreht sich die Exzentrisscheibe f in der Pfeilrichtung g um 360°, so nimmt die Rast die Stellungen h, i, k und schließlich wieder die Stellung l ein, wobei dann das freie Ende der Klappe auf dem Walzgut in der Rast liegt und zur Aufnahme des folgenden Stabes bereitsteht. Stützen m sind um Zapfen n schwenkbar, die in der ortsfesten Kullisse o in der Höhe verschiebbar sind. Hat sich durch wiederholtes Bewegen der Rast in ihr ein Stapel in gewünschter Höhe angesammelt, wird die Exzentrisscheibe f bis zur Stellung h gedreht, so daß die Rechen p des Kühllbettes q das Gut auf die erste Kühllbettrast r absetzen können, von wo aus es absatzweise nach der Austrageite des Kühllbettes wandert.

Die Anshebevorrichtung a hebt das Walzgut b so weit an, daß es über die Schrägfläche c auf die Klappe d gleitet, die so weit in die Rast e hineinreicht, daß ein Teil des Walzgutes noch auf der Klappe liegt. Dreht sich die Exzentrisscheibe f in der Pfeilrichtung g um 360°, so nimmt die Rast die Stellungen h, i, k und schließlich wieder die Stellung l ein, wobei dann das freie Ende der Klappe auf dem Walzgut in der Rast liegt und zur Aufnahme des folgenden Stabes bereitsteht. Stützen m sind um Zapfen n schwenkbar, die in der ortsfesten Kullisse o in der Höhe verschiebbar sind. Hat sich durch wiederholtes Bewegen der Rast in ihr ein Stapel in gewünschter Höhe angesammelt, wird die Exzentrisscheibe f bis zur Stellung h gedreht, so daß die Rechen p des Kühllbettes q das Gut auf die erste Kühllbettrast r absetzen können, von wo aus es absatzweise nach der Austrageite des Kühllbettes wandert.



Buchbesprechungen.

Heiligenstaedt, Werner, Dr.-Ing.: Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen. 2., gänzl. umgearb. u. erw. Aufl. Mit 46 Abb., 109 Zahlentaf. u. 49 Beispielen. Düsseldorf: Verlag Stahl Eisen m. b. H. 1941. (XII, 332 S.) 8°. Geb. 19,20 RM. (Stahl Eisen-Bücher. Bd. 2.)

„Wärmetechnische Rechnungen für Industrieöfen“? Ja, wer in aller Welt berechnet denn Öfen? Die haut man doch nach Faustformeln zusammen, die, ängstlich gehütet, den sogenannten Erfahrungsschatz des Ofenbauers bilden, d. h. den Schatz der trüben Erfahrungen, das Ergebnis von hundert Mißerfolgen. Warum aber berechnet man einen Ofen nicht, wie dies etwa bei einer Dampfturbine selbstverständlich ist? Daß jeder — z. B. eisenhüttenmännische — Ofen ein Ding für sich ist, das einer Normalisierung oder Typisierung hohnspricht, etwas Einmaliges, durch eine Reihe von genau fixierbaren Sonderbedingungen Bestimmtes, müßte doch eher ein Grund für die Rechnung sein statt gegen sie. Die Gründe sind aber sehr einfach: Einmal sind solche Berechnungen durchaus nicht einfach, zweitens fehlte es an fast allen Zahlenunterlagen für die einzusetzenden Festwerte, und drittens war man es nun einmal so gewohnt. Unter solchen Verhältnissen kann es aber nicht wundernehmen, wenn die meisten unserer Öfen einen Wirkungsgrad haben, der um 20 oder 30 % höher liegen könnte, und dies trotz einer so eifrigen und anerkennenswerten zwanzigjährigen Tätigkeit der Wärmeingenieure, die ihre Öfen durchgemessen haben, aber an dem, was der Ofenbau ihnen hinstellte, keine grundlegenden Änderungen vornehmen konnten. Ausnahmen bilden nur wenige Öfen, die meist in den eigenen Ofenbauabteilungen der Großunternehmen in den besten Zusammenwirken mit dem Betrieb entworfen wurden.

Schätzen, Messen, Rechnen sind die Grundlagen aller betrieblichen Weisheit. Aber das Schätzen soll durch Messen und Rechnen abgelöst werden. Werner Heiligenstaedt hat nun in zwei Jahrzehnten die notwendigen Unterlagen zu sammeln vermocht, hat die neue Auflage seines Buches mit Zahlentafeln aller Art gespickt, hat die Berechnungsverfahren entwickelt und in sauberen Gleichungen niedergelegt. Daß das Buch dabei auf mehr als das Dreifache des Umfangs der ersten Auflage angewachsen ist, sei nur als äußeres Zeichen der Fülle des Stoffes angeführt; wichtiger ist der Inhalt. Immer wird hier die Rechnung durch die Erfahrung gestützt. Nirgends ist der feste Boden auf dem Weg zum gesteckten praktischen Ziel verlassen. So stellt sich das Buch nach den Worten des Verfassers „die Aufgabe, eine Brücke von der Theorie zu ihrer Anwendung zu schlagen“. Diese Anwendung der Gleichungen wird durch Beispiele aus dem

Betrieb gezeigt. Allein 41 solcher Beispiele sind in dem Text verstreut. Ein besonderer, etwa ein Fünftel des Buches umfassender Abschnitt gibt die Anwendung von vollständigen Ofenberechnungen. 109 Zahlentafeln mit Festwerten aller Art sind wertvollste Hilfsmittel für die Durchführung.

Gegenüber der ersten Auflage sind die Betrachtungen vom Eisenhüttenwesen aus auch auf die Metallverarbeitung und die keramische und chemische Industrie erweitert gemäß den Erfahrungen, die der Verfasser inzwischen auf diesen Gebieten gewonnen hat. Der Verlag Stahl Eisen hat dem Buch eine vortreffliche, seinem Inhalt in jeder Weise würdige Ausstattung gegeben und als zweiten Band in die geplante stattliche Reihe seiner Stahl Eisen-Bücher eingefügt.

Möge die glänzende Beurteilung, die ich dem Buch mit vollem Verantwortungsgefühl auf den Weg gebe, dazu helfen, ihm Freunde zu erwerben, Jünger, die dem Ofenbau neue Wege bereiten.

Kurt Rummel.

Handbuch der gesamten Eisen-, Stahl- und Metallbewirtschaftung. Vollständige Ausgabe nach dem jeweils neuesten Stande, enthaltend alle Vorschriften und Anordnungen systematisch zusammengestellt und erläutert. Unter Mitarbeit hervorragender Sachkenner hrsg. von Dr. Günther Brandt. Berlin W 35, Kluckstr. 21: N. E. M.-Verlag und Buchvertrieb, Dr. Georg Lüttke. 8°. [Ringbuch.]

Bd. 5: Kriegswirtschaftliche Sozialbestimmungen der Eisen-, Stahl- und Metallindustrie. Bearb. von W. Sasse und W. Stein. T. 1 und 2. [1940 ff.] (Getr. Seitenzählung.) 39,60 RM.

Der vorliegende Band bringt in seinem ersten Teil eine übersichtlich angeordnete Zusammenstellung der kriegswirtschaftlichen Sozialbestimmungen, die folgende Gebiete behandelt: Kriegswirtschaftliche Organisation, Arbeitsbedingungen, Arbeits-einsatz, Einsatz für die Landesverteidigung, Sozialversicherung, Sozialhilfe, Arbeitslosen- und Kurzarbeiterunterstützung, Kriegssteuern und Kriegsrechtspflege. Der Abschnitt „Sonderzulagen an Konsumgütern“ wird dem Betriebsmann besonders willkommen sein, weil eine Zusammenstellung dieser Bestimmungen bisher noch fehlte.

Der Bearbeiter sozialwirtschaftlicher Fragen wird vor allem den zweiten Teil des Bandes begrüßen, der die Erläuterungen enthält. Da das Handbuch in Loseblattform erschienen ist, kann es durch den Bezug der Nachträge stets auf dem laufenden gehalten werden und damit seine Aufgabe als Nachschlagewerk erfüllen.

Walter Reinecke.

Vereins-Nachrichten.

Verein Deutscher Eisenhüttenleute.

Änderungen in der Mitgliederliste.

- Aichholzer, Walter*, Dr. mont., Direktorstellvertreter, Schoeller-Bleckmann Stahlwerke A.-G., Ternitz (Niederdonau); Wohnung: Blindendorf Nr. 30 (Post Ternitz/Niederdonau). 22 002
- Beintmann, Paul*, Dr.-Ing., Boucke & Co., Halver (Westf.). 36 028
- Cordes, Rudolf*, Dipl.-Ing., Hüttenverwaltung Westmark G. m. b. H. der Reichswerke A.-G. „Hermann Göring“, Hayingen (Lothringen); Wohnung: Hermann-Göring-Straße. 12 017
- Heimberg, Karl*, Dipl.-Ing., Hochofenchef, Eisen- u. Stahlwerke „Carlshütte“, Diedenhofen (Lothringen); Wohnung: Metzger Straße 23. 35 203
- König, Horst*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Eisenhüttenwerke Bankhütte, Dombrowa (Kr. Bendzin/Oberschles.); Wohnung: Rathausstr. 40. 36 229
- Krueger, Hugo*, Dr.-Ing., Bergwerksdirektor, Vorstandsmitglied der Niederschlesischen Bergbau A.-G., Waldenburg (Schles.); Wohnung: Gottesberg (Schles.). 13 060
- Lohmar, Eduard*, Dipl.-Ing., I. G. Kattowitz, Königs- u. Laura-hütte, Königshütte (Oberschles.). 38 265
- Pauling, Otto*, Dipl.-Ing., Neunkircher Eisenwerk A.-G. vorm. Gebr. Stumm, Abt. Betriebswirtschaft, Neunkirchen (Saar). 39 048
- Preuß, Friedrich*, Dipl.-Ing., Walzwerkschef, I. G. Kattowitz, Königs- u. Laurahütte, Betriebsführung Röchling, Königshütte (Oberschles.); Wohnung: Tannenbergr. 28. 28 134

Neue Mitglieder.

- Diehl, Heinz*, Dipl.-Ing., Direktionsassistent, Halbergerhütte G. m. b. H., Brebach (Saar); Wohnung: Güdingen (Saar), Saargemünder Str. 63. 41 210
- Grosskinsky, Otto*, Dr., Direktor, Geschäftsführer der Gesellschaft für Kohlentechnik m. b. H., Dortmund-Eving, Deutsche Str. 26; Wohnung: Preußische Str. 15. 41 211
- Krautter, Ernst*, Dipl.-Ing., Betriebschef, Ruhrstahl A.-G., Henrichshütte, Hattingen (Ruhr); Wohnung: Heggerstr. 12. 41 212
- Luckhardt, Karl*, Direktor, Pfalz. Chamotte- u. Thonwerke (Schiffer und Kircher) A.-G., Eisenberg (Pfalz); Wohnung: Grünstadt (Pfalz), Parkweg 9. 41 213
- Luh, Karl*, Ingenieur, Techn. Leiter der Härtereier der Röchlingstahl G. m. b. H., Leipzig W 35, Schomburgkstr. 1; Wohnung: Leipzig W 31, Naumburger Str. 40. 41 214
- Rihm, Gerhard*, Dipl.-Ing., Wärmeingenieur, Halbergerhütte G. m. b. H., Brebach (Saar); Wohnung: Elisabethstr. 5. 41 215
- Siegl, Franz*, Dipl.-Ing., Chemiker, A.-G. vorm. Skodawerke, Versuchsanstalt, Pilsen (Böhmen); Wohnung: Bayrische Gasse 57. 41 216
- Stroever, Wilhelm*, Dipl.-Ing., Generaldirektionsassistent, Zivilverwaltung der Wendel'schen Hüttenwerke im Fentsch- und Orne-Tal, Hayingen (Lothringen). 41 217
- Timmerbeil, Helmut*, Dipl.-Ing., Oberingenieur, Deutsche Eisenwerke A.-G., Werk Schalker Verein, Gelsenkirchen; Wohnung: Hohenzollernstr. 74. 41 218

Otto Lange †.

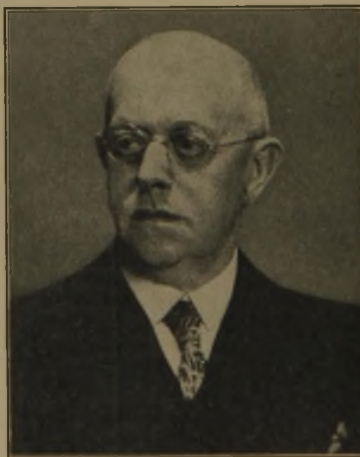
Am 9. März 1941 starb in Dortmund der Betriebsdirektor a. D. Dr. phil. Otto Lange, der ehemalige langjährige Stahlwerksleiter des Werkes Hörde des Dortmund-Hoerder Hüttenvereins.

Otto Lange wurde am 21. Mai 1863 in Varel (Oldenburg) geboren. Nach seiner Schulzeit auf der Realschule seiner Vaterstadt und später auf dem Realgymnasium in Hannover widmete er sich dem Studium der Chemie an der Technischen Hochschule Hannover und an der Universität Tübingen, wo er in Lothar Meyer einen besonders geschätzten Lehrer fand. An der Universität Kiel schloß er sein Studium 1886 mit der Promotion zum Dr. phil. ab. Anschließend betätigte er sich einige Jahre als Assistent im Chemischen Laboratorium der Landwirtschaftlichen Versuchsstation in Kiel. Durch verwandtschaftliche Beziehungen kam er mit der westfälischen Hüttenindustrie in Berührung, in der er bald ein anregendes Tätigkeitsfeld fand, und zwar zunächst als Chefchemiker in der Nickelhütte Fleitmann & Witte in Iserlohn und später bei den Westfälischen Nickelwerken in Schwerte, wo er zwei Jahre als Betriebschemiker und Ingenieur beschäftigt war. Anfang 1892 trat er in die Dienste des damaligen Hoerder Bergwerks- und Hüttenvereins, zunächst als Chemiker im Laboratorium der Hermannshütte, da nach dem damals in der Eisenindustrie geltenden Grundsatz der Weg in den Betrieb durch das Laboratorium ging. Dann wurde er Assistent bei dem unter dem Namen „der alte Overdieck“ bekannten Leiter des Thomasstahlwerks. Nach Overdiecks Ausscheiden aus dem Hoerder Verein übernahm Lange die Leitung des Thomasstahlwerks und der anschließenden Fabrik feuerfester Steine. In die Zeit seiner Stahlwerksleitung fällt die Einführung des Roheisenmischers, die Errichtung einer umfangreichen Kupolofenanlage und der grundlegende Umbau des Thomasstahlwerks. Dieser im Betrieb durchgeführte Umbau bot manche Schwierigkeiten, die von ihm erfolgreich überwunden wurden. Seine Erfahrungen als Thomasstahlwerker wurden besonders anerkannt dadurch, daß er vom Akademischen Verein Hütte den ehrenvollen Auftrag erhielt, bei der Einführung des Sonderbandes „Eisenhütte“ den Abschnitt „Thomasstahlwerk“ zu bearbeiten. Im Stahlwerksausschuß des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, dem er seit der Gründung angehörte, hat Otto Lange wertvolle Mitarbeit geleistet, die auch in verschiedenen Berichten ihren Niederschlag gefunden hat. Ein von ihm bevorzugtes Sondergebiet war die Entwicklung der feuerfesten Stoffe für Thomas-

birnen und Siemens-Martin-Oefen, wobei es ihm zugute kam, daß ihm als Stahlwerker gleichzeitig die Steinfabrik mit unterstellt war. Ihm sind daher grundlegende Berichte über die Vorbehandlung des Dolomits und die Erfahrungen beim Brennen von Konverterböden sowie über die Anwendung von Silikasteinen bei Siemens-Martin-Oefen zu verdanken. Im Weltkrieg wurde er auch zu einer eingehenden Untersuchung über die Vorkommen und die Verarbeitung von Magnesit im damaligen Oesterreich-Ungarn herangezogen. Seine Verdienste um die Weiterentwicklung des Thomasverfahrens wurden im Jahre 1936 in seinem goldenen Doktordiplom zum Ausdruck gebracht, in dem es heißt, „daß der Jubilar in der Eisenindustrie eine führende Stellung erlangte, das Thomaswerk der Phoenix-A.-G. für Bergbau und Hüttenbetrieb zur Blüte brachte und es ihm vergönnt war, durch seines Geistes und seiner Hände Arbeit dem deutschen Volke in schlechten Zeiten während des Weltkrieges durch Sicherstellung des Bedarfs an Eisen und Stahl ein Helfer zu sein“.

Neben seiner rastlosen Tätigkeit in seinem Berufe fand Otto Lange stets Zeit zum Dienste für die Allgemeinheit. So hat er als Stadtverordneter seiner Wahlheimat Hörde jahrelang dem Allgemeinwohl gedient. Daneben fand seine Werkleitung in ihm als Betriebsdirektor den geeigneten Mann für die Vertretung der sozialen Belange in Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbänden, wo er schon damals besonderes Verständnis für die Bedeutung der Nachwuchsfrage zeigte. Während seiner langen Diensttätigkeit war er seinen Mitarbeitern und Untergebenen ein wohlwollender und gerechter Vorgesetzter und guter Kamerad. Noch nach dem Ausscheiden aus seiner praktischen Tätigkeit im Jahre 1925 stellte er seine Kraft der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft zur Verfügung.

Ueber seine Tagesarbeit hinaus war Otto Lange allem Schönen, vornehmlich der Musik, zugetan, die in seinem gastlichen Hause eine besondere Pflege fand, wobei sein glänzendes Klavierspiel, dem er sich noch bis in die letzten Tage hinein widmete, besonders zur Geltung kam. Mit seiner Gattin und seinen beiden Töchtern betrauert ihn ein großer Kreis früherer Mitarbeiter und Freunde, nicht zuletzt seine ehemaligen Kommilitonen, die ihn zum Vorsitzenden und später zum Ehrenvorsitzenden ihrer Altherrenvereinigung gewählt hatten. Auch der Verein Deutscher Eisenhüttenleute, dem der Verstorbene fast ein halbes Jahrhundert die Treue gehalten hat, wird ihm ein ehrendes Andenken bewahren.



Otto Lange