

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein Deutscher Eisenhüttenleute im NS.-Bund Deutscher Technik

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 47

20. NOVEMBER 1941

61. JAHRGANG

Zur Theorie der Windfrischverfahren.

Von Theodor Kootz in Duisburg-Hamborn.

Mitteilung aus der Metallurgischen Abteilung der August-Thyssen-Hütte, Hamborn.

[Bericht Nr. 391 des Stahlwerksausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute im NSBDT.*.]

(Die Eigenheiten der Vorgänge im Konverter. Berechnung der Verbrennungsfolge von Metallgemischen, für den Fall, daß entweder die Oxydationsstoffe nicht in Wechselwirkung mit dem Metall stehen oder in vollkommener Wechselwirkung mit dem Metall stehen, oder Verbindung beider Grenzfälle. Vergleichende Betrachtung an Thomas- und Stahleisenschmelzen. Einfluß der Temperatur auf die Verbrennungsreihenfolge. Einfluß der Schlackenzusammensetzung, insbesondere auf die Entphosphorungsreaktion. Einfluß der Blaseschwindigkeit auf den Abbrandverlauf von Thomasschmelzen. Untersuchung der für die Stahleigenschaften hauptsächlich verantwortlichen Verunreinigungen Schwefel, Sauerstoff, Stickstoff.)

Der Schmelzverlauf der Windfrischverfahren steht auf Grund zahlreicher Untersuchungen aus der Anfangszeit des Verfahrens^{1) bis 4)}, vor allem aber der letzten Jahrzehnte^{5) bis 9)}, sowohl für das basische als auch für das saure Verfahren ziemlich fest.

Der schnelle Reaktionsablauf, die unübersichtlichen und verwickelten Verhältnisse im Konverter während des Blases, alle technischen Schwierigkeiten zur Erlangung kurz aufeinanderfolgender, einwandfreier Proben brachten es mit sich, daß meist nur Teilfragen behandelt werden konnten. Alle Vorgänge lassen sich noch keineswegs einheitlich deuten und übersehen. Ferner besteht noch eine Kluft zwischen den Erkenntnissen über den Ablauf und die Endlagen der Reaktionen und ihrer Beziehung zu der Güte des erzeugten Stahles.

Der Zweck dieser Arbeit ist es deshalb, einen gewissen Ueberblick über den Ablauf der Reaktionen und die Reaktionsmöglichkeiten der Windfrischverfahren zu vermitteln; darüber hinaus besteht der Wunsch, eine Ver-

bindung zwischen Schmelzverlauf und den Stahleigenschaften zu schaffen.

Inhaltlich schließt diese Arbeit an eine erschienene Mitteilung von W. Eichholz, G. Behrendt und Th. Kootz¹⁰⁾ an und gibt gewissermaßen den theoretischen Teil dazu.

Die Eigenheiten der Vorgänge im Konverter.

Will man den gemeinsamen und zum Teil eng verknüpften Ablauf der Vielzahl der Reaktionen im Konverter beurteilen, so muß man sich zunächst einmal die Einzelvorgänge vorstellen. Das ist notwendig, um sich nicht blind über die Grenzen hinwegzusetzen, die nun einmal auf Grund der verwickelten physikalischen und chemischen Verhältnisse im Konverter gesteckt sind.

Die durch den Boden fein verteilt eintretende Luft ist mit fast allen in der Roheisenschmelze enthaltenen Elementen in einem völligen Ungleichgewicht, sie hat das Bestreben, sich mit ihnen sogleich umzusetzen; dieses Ungleichgewicht zwingt die Reaktionen so unerhört rasch abzulaufen. Die Luft tritt ein mit 21 % O₂; bei ihrem Austritt aus dem Bad ist dann praktisch kein freier Sauerstoff mehr zu finden⁶⁾. Auf dem kurzen Weg durch das Bad hat die Luft ihren gesamten Sauerstoff abgegeben. Es muß also das Sauerstoffangebot des Frischgases längs des Weges des Luftstromes sehr verschieden sein.

Dementsprechend kann man sich auch den Frischvorgang räumlich unterteilt vorstellen. Der Sauerstoff der Luft wird von den Elementen des Bades je nach Konzentration und Affinität aufgenommen. Ist das Sauerstoffangebot sehr groß, so wird die Verteilung des Sauerstoffs auf die einzelnen Elemente vorübergehend nicht in einer geregelten Folge vor sich gehen, sondern das häufigste Element (Eisen) mit der höchsten Konzentration wird selbst unter Mißachtung seiner viel niedrigeren Affinität gegenüber den anderen Elementen zunächst den Hauptanteil des Sauerstoffs wegfangen. Erst wenn der im Bad hochsteigende Wind an Sauerstoff verarmt, wird die Umsetzung vom mit aufsteigenden Eisenoxydul auf die sauerstoff-affineren Elemente,

*) Dr.-Ing.-Dissertation, genehmigt von der Technischen Hochschule Aachen 1940. — Vorgetragen in der Sitzung des Unterausschusses für den Thomasbetrieb am 2. Dezember 1941. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

¹⁾ Vgl. Beck, L.: Geschichte des Eisens, Bd. 5. Braunschweig 1903. S. 634/65.

²⁾ Ehrenwerth, J. G. von: Abhandlungen über den Thomas-Gilchristischen Prozeß als Verbessemerens phosphorhaltiger Roheisensorten. Leoben 1879.

³⁾ Müller, F. C. G.: Z. VDI 22 (1878) S. 385.

⁴⁾ Wüst, F., und L. Laval: Metallurgie 5 (1908) S. 431/62 u. 471/89.

⁵⁾ Seth, R. v.: Jernk. Ann. 108 (1924) S. 1/93; vgl. Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 1121/23.

⁶⁾ Thomas, K.: Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1665/74 u. 1708/18 (Stahlw.-Aussch. 196).

⁷⁾ Körber, F., und G. Thanheiser: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 14 (1932) S. 205/19; vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1176.

⁸⁾ Bardenheuer, P., und G. Thanheiser: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 15 (1933) S. 311/14; vgl. Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 112/13.

⁹⁾ Bading, W.: Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 409/16 (Stahlw.-Aussch. 304).

¹⁰⁾ Stahl u. Eisen 60 (1940) S. 61/72.

wie z. B. Silizium und Mangan, rascher vor sich gehen als die Neubildung von Eisenoxydul. Man kann also annehmen, daß kurz über den Blasdüsen in der sich bildenden Schlacke Eisenoxydul vorherrschen wird, und daß das Eisenoxydul erst nachträglich, beim Hochsteigen durch das Bad, wieder reduziert wird.

Der Austausch des Sauerstoffs vom Eisen an die edleren Elemente (Silizium, Mangan) geht um so rascher vor sich, je höher deren Affinitäten und Konzentrationen sind. Der Frischvorgang ist beendet, sobald die Konzentration der Eisenbegleiter so gering geworden ist, daß nunmehr vorwiegend nur noch Eisen verschlackt wird, ohne wieder reduziert zu werden. Die dann rasch ansteigende Eisenverschlackung wird sichtbar in dem immer dicker werdenden braunen Rauch der Konverterflamme. In diesem Zusammenhang sei auf die Beobachtung im Betrieb hingewiesen, daß ein alter Konverter mit niedriger Badhöhe „stärker raucht“ als ein neuer Konverter mit hohem Bad.

Beim basischen Frischverfahren ist ein Kalksatz zur Verschlackung des Phosphors notwendig. Dieser Kalk wird, da er rund siebenmal leichter ist als das Eisen und einen viel größeren Auftrieb hat als etwa Kork im Wasser, beim Blasen auch trotz Durchwirbelung sich zum überwiegenden Teil im oberen Badraum aufhalten. Die Bestätigung dessen gibt ein Versuch, bei dem mit einem Löffel Proben gezogen wurden, an dessen Stiel drei Gefäße je 25 cm übereinander angebracht waren. Die oben angeordneten Gefäße bringen mehr Kalk herauf als die unteren (Bild 1). Das erste Verbrennungserzeugnis, rein oxydische Schlacke, in ständiger Neubildung und steter Umsetzung längs des Weges des Luftstromes begriffen, kommt nun in Berührung mit dem Kalk, umhüllt ihn, wird von ihm aufgesogen und tritt mit ihm in Reaktion. Sie erfährt dabei zum mindesten eine starke Verdünnung. Es bildet sich die eigentliche Schlacke, die dann praktisch ausschließlich in der Probe und Analyse erfaßt wird. Erstes Verbrennungserzeugnis und die Schlacke haben also ganz verschiedene Zusammensetzung und wirken doch beide auf die Zusammensetzung und den Abbrandverlauf des Metalls ein. Die Unterschiede sind besonders stark, wenn ein Element neu zu verbrennen beginnt, vorausgesetzt, daß überhaupt schon Schlacke vorhanden ist. Das erste Verbrennungserzeugnis ist auf dem Weg durch das Bad rasch an dem zur Verbrennung gelangenden Element gesättigt, während die Konzentration dieses Elementes in der Schlacke zunächst noch sehr gering ist und nur langsam ansteigt. Ist dieses Element nun verbrannt oder kommt ein anderes Element statt dessen neu zur Verbrennung, dann spielt die Konzentration des ersten Elementes im oxydischen ersten Verbrennungserzeugnis keine Rolle mehr, sie verschwindet; die Schlacke kann nun erst das Gleichgewicht mit dem Metallbad bezüglich des eben abgebrannten Elementes annähern. Gleichgewichtsbetrachtungen zu den Vorgängen beim Anlaufen einer Reaktion an Hand der Analyse der Schlacke und des Metalls sind also nicht zulässig.

Eine besondere Stellung nimmt die Entkohlungsreaktion ein. Auch die Entkohlung wird zum guten Teil über Eisenoxydul erfolgen. Das Verbrennungsprodukt ist aber gasförmig, die Reaktion erfolgt also unabhängig von jeder Schlackenkonzentration. Eine Reaktionsumkehr ist nicht möglich, da das Gas sofort abgeführt wird. Man kann annehmen, daß die Verbrennung des Kohlenstoffs bei Sauerstoffüberschuß zum Teil über Kohlensäure erfolgt, und daß die Kohlensäure erst mit abnehmender Konzentration an Sauerstoff im Luftstrom durch das Eisen und seine Begleiter zu Kohlenmonoxyd reduziert wird. Die Vollständigkeit dieser Reduktion ist abhängig von der Zeit, in der

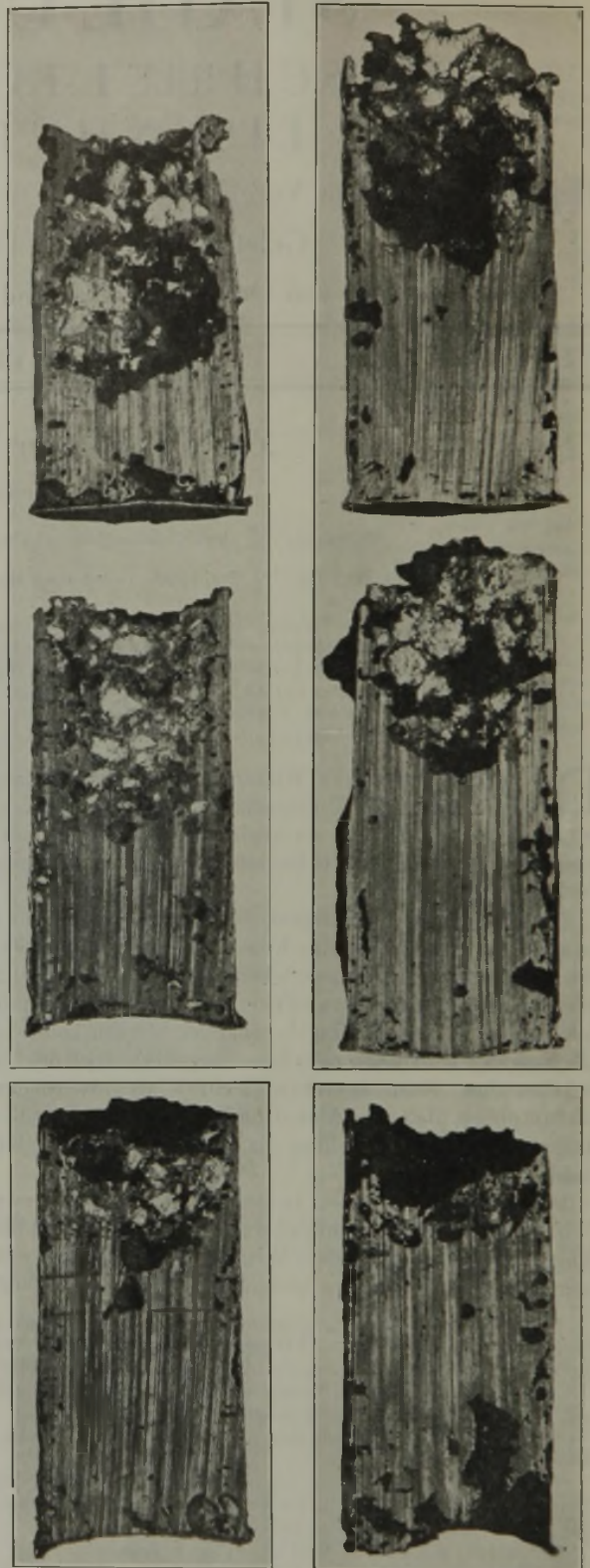


Bild 1. Löffelproben aus verschiedener Badtiefe gezogen. An einem Stiel je drei übereinander angebrachte Schöpfer.

das Gasgemisch sich in Berührung mit dem Eisen befindet, also auch von der Länge des Luftweges. Bei verschlissenen alten Konverter ist das Bad bekanntlich viel flacher¹¹⁾ ¹²⁾ als bei neuem Konverter, der Weg des Gasstromes wird kürzer, der Kohlensäuregehalt des Abgases steigt an.

¹¹⁾ Postinett, J.: Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 405/09 (Stahlw.-Aussch. 228).

¹²⁾ Heyden, Th.: Mitt. Forsch.-Inst. Ver. Stahlwerke, Dortmund, 4 (1934) S. 161/88.

Die dabei gesparte Reduktionswärme der Kohlensäure zu Kohlenmonoxyd kommt dem Bad zugute, eine zwanglose Erklärung¹³⁾, daß „ein alter Konverter heißer bläst“. Bestätigt wird diese Vermutung durch Abgasanalysen von W. Wesseling¹⁴⁾, die zum Converteralter in Beziehung gesetzt werden können (Bild 2 a). Andere, spätere Untersuchungen brachten in Uebereinstimmung damit die Feststellung, daß der Luftbedarf je t Roheisen mit steigendem Converteralter größer wird (Bild 2 b); s. a. Th. Heyden¹²⁾.

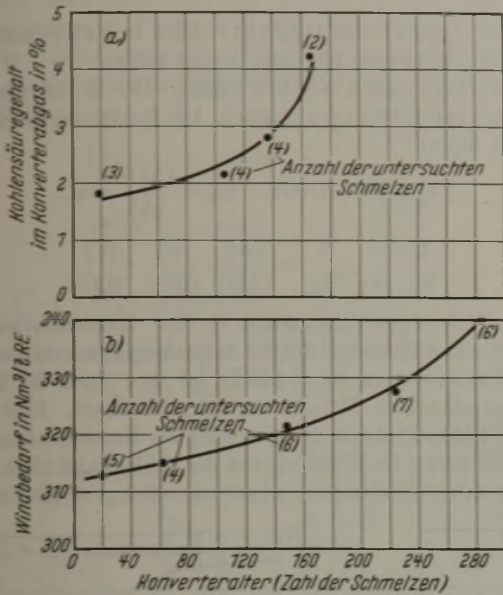


Bild 2. Kohlensäuregehalt der Abgase und Windbedarf je t Roheisen in Abhängigkeit vom Converteralter.

Diese Ueberlegungen sollten die schwere Erfassbarkeit der Converterreaktionen unterstreichen. Gleichgewichte dürfen hier nicht gesucht werden. Allerdings streben alle Reaktionen irgendwelchen Gleichgewichten zu. Es soll deshalb zunächst, ungeachtet der wirklichen Gegebenheiten, untersucht werden, wie Metallgemische unter Annahme ständig herrschender Gleichgewichte verbrennen müßten.

Verbrennungsfolge von Metallgemischen.
Voraussetzungen der Berechnung.

Nimmt man die Gleichgewichtslagen aller ablaufenden Reaktionen in jedem Augenblick des Schmelzverlaufes als bekannt an, so ließe sich für jeden beliebigen Reaktionszeitpunkt die Zusammensetzung von Metall und Schlacke angeben. Die Berechnung ist denkbar einfach. Die abgebrannte Menge (x kg) eines Stoffes A bestimmt dessen Konzentration in der Schlacke. Wird ein zweiter Stoff B betrachtet, so läßt sich aus dem bekannt angenommenen Gleichgewichtsverhältnis zwischen A und B in Metall und Schlacke berechnen, wieviel des Stoffes B (y kg) gleichzeitig verbrannt sein müssen, um dem Gleichgewichtswert zu entsprechen. Das Ausgangsgewicht des Metalls betrage (A + B) kg. Es beträgt im betrachteten Zeitpunkt (A - x + B - y) kg. Die bis dahin gebildete Schlackenmenge beträgt (f₁ · x + f₂ · y) kg. Der Sauerstoffbedarf zur Verschlackung gleicher Gewichte beider Elemente ist ebenfalls bekannt, damit also die Faktoren f₁ und f₂ vor x und y. Die Gewichte werden auf 100 gebracht und in % ausgedrückt. In der Gleichung des Massenwirkungsgesetzes (für den einfachsten Fall):

$$\frac{[A - x] \cdot (f_2 \cdot y)}{[B - y] \cdot (f_1 \cdot x)} = K$$

ist, da x vorgewählt wird, nur noch y unbekannt und kann berechnet werden. Ordnet man alle derart errechneten Einzelwerte nach sinkender Konzentration eines bevorzugt abtrennenden Elementes im Metall — die Konzentration des langsamst verbrennenden Elementes steigt ja im Verbrennungsverlauf ständig an —, so erhält man ein in Richtung des Schmelzverlaufes geordnetes, wenn auch verzerrtes Bild. Bei Annahme gleichmäßiger Sauerstoffzufuhr über den Abbrandverlauf ordnet man dann zweckmäßig die Einzelanalysenwerte nach dem verschlackten Anteil ein und erhält damit grundsätzlich den Abbrandverlauf in Abhängigkeit von der Reaktionszeit.

Nun sind aber die Gleichgewichtskonstanten aller im Konverter ablaufenden Reaktionen bei weitem nicht bekannt. Die einzelnen Elemente, die herausgefrischt werden, verbrennen wohl zunächst nach der einfachen Gleichung Me + O = MeO, die gebildeten Oxyde reagieren aber weiter untereinander und mit dem Converterfutter und den Zuschlägen. Ueber diese Reaktionen innerhalb der Schlacke ist nur wenig bekannt, sie lassen sich daher rechnerisch noch nicht behandeln.

Es sollen deshalb zunächst nur die reinen Verbrennungsreaktionen nach dem Typ Me + O = MeO betrachtet werden. Der Affinitätsverlauf in Abhängigkeit von der Temperatur läßt sich für die Festkörperreaktionen von Eisen, Mangan, Kohlenstoff, Silizium und Phosphor in erster Annäherung wohl berechnen. Um auf den schmelzflüssigen Zustand überzugehen, fehlen aber vielfach die Schmelzwärmen und Schmelzentropien. Es zeigt sich, daß die Affinität aller Elemente zum Sauerstoff mit steigender Temperatur abfällt, bis auf die des Kohlenstoffs, die im Gegensatz dazu sogar ansteigt. In Uebereinstimmung mit der Rechnung

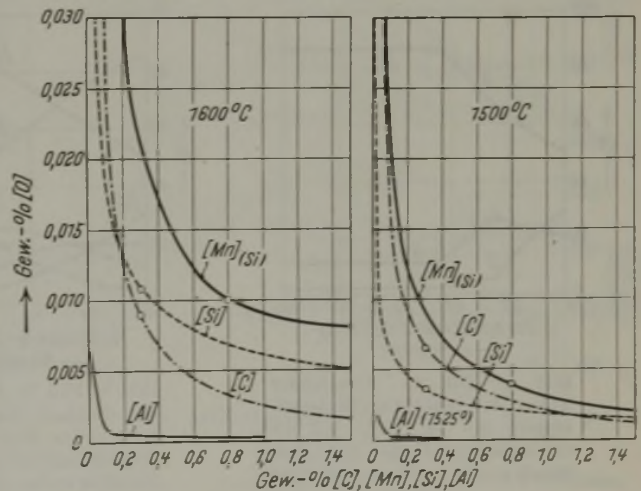


Bild 3. Desoxydationsschaubilder für Kohlenstoff, Mangan und Silizium unter gesättigter Silikatschlacke nach F. Körber und W. Oelsen sowie für Aluminium nach H. Wentrup und G. Hieber.

zeigen die Desoxydationsschaubilder für Kohlenstoff, Mangan und Silizium unter an Kieselsäure gesättigter saurer Schlacke nach F. Körber und W. Oelsen¹⁵⁾ sowie für Aluminium nach H. Wentrup und G. Hieber¹⁶⁾ eine gleiche Tendenz (Bild 3). Diese Werte wurden von den genannten Autoren versuchsmäßig für den schmelzflüssigen Zustand gefunden und geben die Temperaturabhängigkeit überzeugend wieder. Da aber eine vollständige Angabe aller

¹³⁾ Thomas, K.: Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1710.

¹⁴⁾ Diplomarbeit bei der August-Thyssen-Hütte, Hamborn (Techn. Hochschule Aachen 1922); unveröffentlicht.

¹⁵⁾ Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 17 (1935) S. 39/62.

¹⁶⁾ Techn. Mitt. Krupp, A: Forsch.-Ber., 2 (1939) S. 47/58; Arch. Eisenhüttenw. 13 (1939/40) S. 15/20.

im Konverter in Frage kommenden Verbrennungsreaktionen noch nicht möglich ist, außerdem eine einwandfreie Temperaturmessung über den Schmelzverlauf fehlt, soll auf die vorhandenen Werte der Gleichgewichtskonstanten verzichtet und zunächst nur mit angenommenen Werten gerechnet werden. Man hat dabei den Vorteil, in der Wahl der Komponenten und Reaktionen Einschränkungen vornehmen zu können, in der Wahl der Phasenzustände aber freie Hand zu haben. Solche Berechnungen haben dann allerdings nur noch anschaulichen Wert.

Als Berechnungsannahmen gelten: Die flüssige metallische Phase bestehe aus den drei Komponenten A, B und C. Die Konzentration dieser drei Komponenten werde in Gewichtsprozent mit [A], [B] und [C] angegeben.

Die oxydierte Phase kann gasförmig — (AO), (BO), (CO) — oder flüssig — (AO), (BO), (CO) — oder fest — <AO>, <BO>, <CO> — anfallen.

Die Oxydationsprodukte sollen nicht in Wechselwirkung mit dem Metall stehen.

Die Oxydationsprodukte sollen auskristallisieren und im gesamten fest sein. Die Reaktionen können nur in einer Richtung verlaufen. Es schreiben sich dann die Reaktionsgleichungen:

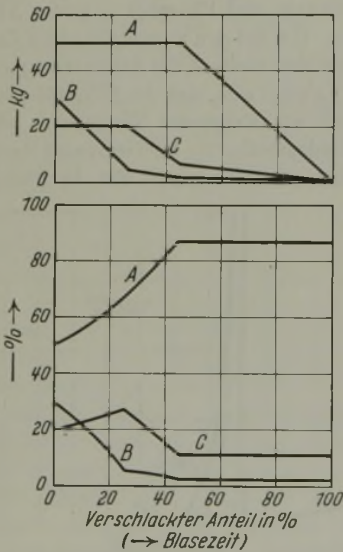
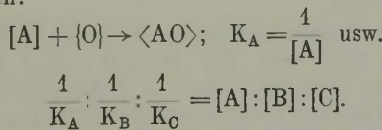


Bild 4. Fall 1: Errechneter Abbrandverlauf für ein Dreistoffsystem für den Fall, daß die Oxydationsprodukte mit dem Metall nicht in Wechselwirkung stehen.

$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = [A] : [B] : [C].$$

Die Anfangskonzentration des Metalls wurde gewählt zu [A] = 50 %, [B] = 30 %, [C] = 20 %.

Als Verhältnis der Reaktionskonstanten wurde ganz willkürlich angenommen:

$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = 86,6 : 2,2 : 11,2.$$

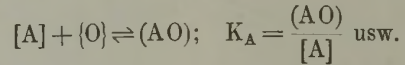
Diese Zahlen sollen für alle weiteren Berechnungen gelten, falls anderes nicht besonders angegeben wird.

Für den Gleichgewichtszustand gibt es also eine und nur eine Konzentration der metallischen Phase. In der

Darstellung der Verbrennungsfolge (Bild 4) verbrennt zuerst ausschließlich [B], bis das Gleichgewicht zwischen [B] und [C] hergestellt ist; von da ab verbrennen [B] und [C] gleichmäßig weiter. Erst sobald das Gleichgewicht zwischen [B], [C] und [A] erreicht wird, beginnt nun auch [A] zu verbrennen, und zwar unter gleichbleibender Konzentration des Metalls, bis die gesamte metallische Phase verbrannt ist. Die Reihenfolge des Abbrandverlaufs ist sehr streng, die einzelnen Elemente setzen spontan mit ihrer Verbrennung ein.

Die Oxydationsprodukte sollen in vollkommener Wechselwirkung mit dem Metall stehen.

Die Oxyde seien sämtlich flüssig. Der Reaktionsablauf ist in beiden Richtungen möglich. Die Reaktionsgleichungen lauten dann:



$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = \frac{[A]}{(AO)} : \frac{[B]}{(BO)} : \frac{[C]}{(CO)}.$$

Im Gleichgewichtszustand ist die Konzentration der metallischen Phase mit der der Schlackenphase veränderlich. Die Konzentration der Schlacke ist aber durch die Menge des verschlackten Metalls eindeutig bestimmt. Eine konstante Schlackenkonzentration oder die Konzentration Null eines Elements im Metall oder in der Schlacke ist nicht möglich, weil dies gleichbedeutend mit unendlich großem Gleichge-

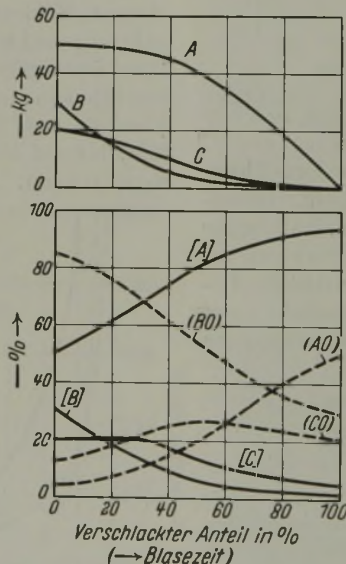


Bild 5. Fall 2: Errechneter Abbrandverlauf für ein Dreistoffsystem für den Fall, daß alle Oxydationsprodukte mit dem Metall in vollkommener Wechselwirkung stehen.

$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = \frac{[A]}{(AO)} : \frac{[B]}{(BO)} : \frac{[C]}{(CO)}$$

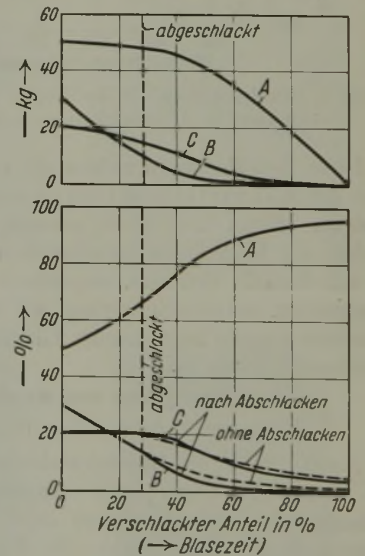


Bild 6. Verhältnisse wie Fall 2 in Bild 5, aber nach 28 min abgeschlackt.

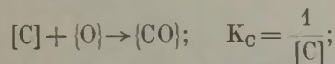
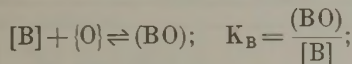
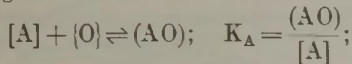
wichtsabstand wäre. Es verschlacken deshalb alle Elemente gleichzeitig (Bild 5), wenn auch verschieden rasch. Die Abbrandreihenfolge ist grundsätzlich die gleiche wie für die festen Oxydationsprodukte, der Uebergang von einem Element zum anderen erfolgt allmählich.

Wie sich ein Abziehen der Schlacke auf den weiteren Verbrennungsverlauf auswirkt, zeigt Bild 6. Die Verbrennung des vorzugsweise verschlackenden Elementes B wird gesteigert, die der Elemente A und C verzögert. Die hohe Konzentration von (BO) in der ersten Schlacke wirkte sich hemmend auf den weiteren Abbrand von [B] aus, nach dem Abschlacken fällt diese Hemmung fort. Hierin liegt das Geheimnis aller Erfolge, die durch Abschlacken und Aufbringen einer Neuschlacke bei Frischvorgängen erzielt werden.

Je häufiger man im Verbrennungsverlauf die Schlacke entfernt, um so straffer geht die Verbrennungsfolge vor sich, das Reaktionsschaubild ähnelt immer stärker dem für feste Oxydationsprodukte, da dann die Oxyde der Einwirkung auf das Metall entzogen werden. Das grundsätzlich gleiche gilt dann, wenn sämtliche Oxyde als Gase entweichen; sie wirken nur so lange auf den Verbrennungsablauf ein, als sie in Berührung mit dem Metall stehen.

Verbrennungsablauf für den Fall, daß das Oxydationsprodukt eines Elementes gar nicht, die der anderen in vollkommener Wechselwirkung mit dem Metall stehen.

Das Oxydationsprodukt von [C] soll gasförmig oder fest sein, die der anderen Elemente aber flüssig. Dann heißen die Gleichungen:



$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = \frac{[A]}{[AO]} : \frac{[B]}{[BO]} : [C]$$

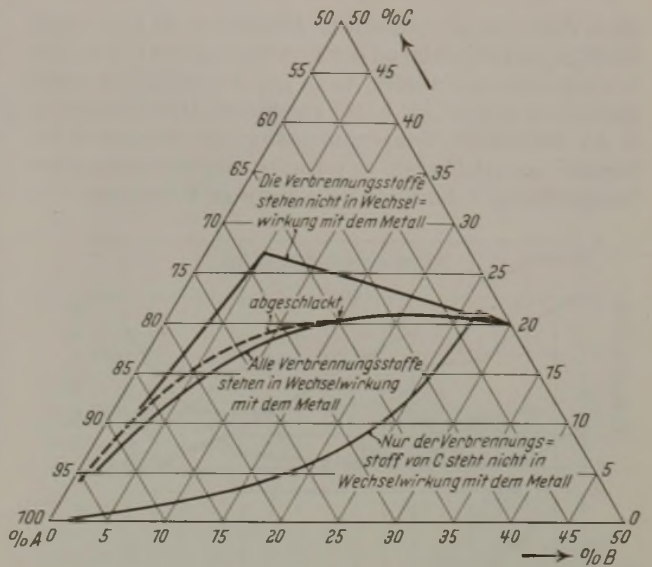


Bild 8. Reaktionswege im ternären Schaubild.

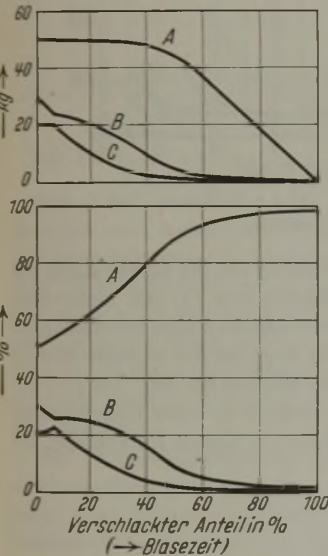


Bild 7. Fall 3: Errechneter Abbrandverlauf für ein Dreistoffsystem für den Fall, daß das Oxydationsprodukt eines Stoffes mit dem Metall nicht in Wechselwirkung, die der beiden anderen in vollkommener Wechselwirkung stehen.

$$\frac{1}{K_A} : \frac{1}{K_B} : \frac{1}{K_C} = \frac{[A]}{[AO]} : \frac{[B]}{[BO]} : [C]$$

chermaßen läßt sich übersichtlich in einem solchen ternären Diagramm die Veränderung der Zusammensetzung der metallischen Phase bei der Verbrennung unserer Mischung darstellen (Bild 8). Ein Maß für die Reaktionszeit läßt sich aus dieser Darstellung allerdings nicht mehr entnehmen.

Vergleichende Betrachtung an Thomas- und Stahleisenschmelzen.

Überträgt man das Verhalten des Stoffes [C] auf dasjenige von Kohlenstoff etwa gegenüber Mangan (Stoff [B]), so springt die unbedingte Ähnlichkeit des Abbrandverlaufs

Die Abbrandfolge dieses Falles ist merkwürdig. Der Stoff [C] (Bild 7) wird so lange nicht oxydiert, bis [B] so weit abgebrannt ist, daß das Gleichgewicht zwischen [B] und [C] erreicht ist. Dann aber setzt die Verbrennung von [C] augenblicklich und heftig ein, gleichzeitig wird die Verschlackung von [B] und in gleichem Maße auch von [A] verlangsamt. Das Oxydationsprodukt [CO] bleibt der Einwirkung auf das Metall entzogen.

Ganz ähnliche Bilder lassen sich für die Destillation von Mischungen aufstellen. Für isotherme Destillation ternärer Mischungen wählt man allerdings gewöhnlich Dreiecksschaubilder, in denen sich die Wege eintragen lassen, längs derer sich die Zusammensetzung des Rückstandes verändert¹⁷⁾. Gleich-

bei Thomas-, besonders aber bei Stahleisenschmelzen (Bilder 9 bis 11) sofort ins Auge. Man versteht hiernach die überragende Desoxydationskraft des Kohlenstoffs bis herab zu sehr niedrigen Gehalten, die in der starken Dynamik dieses Siedevorganges begründet ist. Ein „Siedeverzug“¹⁸⁾ — schlechtes Kochen im Siemens-Martin-Ofen — könnte zwar diese starke Desoxydationswirkung des Kohlenstoffs zunichte machen, bei den Windfrischverfahren sind solche Verzögerungen jedoch kaum zu erwarten.

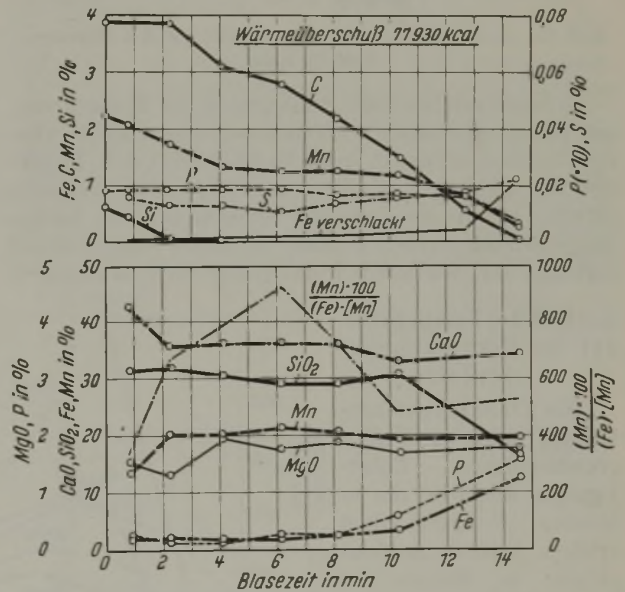


Bild 9. Stahleisenschmelze (Nr. 30 387). 15,2 t Roheisen, 3,28 % Kalk.

Bisher war die Unveränderlichkeit der Affinität über den Verbrennungsverlauf angenommen worden. Das ist jedoch bei dem starken Temperaturanstieg im Konverter auf keinen Fall zu erwarten (vgl. Bild 3). Man weiß vielmehr, daß die Affinität z. B. des Mangans zum Sauerstoff mit steigender Temperatur fällt, während die des Kohlenstoffs zum Sauerstoff im Gegensatz dazu ansteigt. Nimmt man für die gedachten Stoffe [B] und [C] im Fall, daß das Oxydationsprodukt eines Elementes nicht in Wechselwirkung mit dem Metall steht (Bild 7), entsprechende entgegengesetzte Änderungen ihrer Affinitäten über den Schmelzverlauf an, so erhält man einen Reaktionsverlauf, in dem die Reduktionswirkung von [C] noch weit stärker zum Ausdruck kommt

¹⁷⁾ Tammann, G.: Lehrbuch der heterogenen Gleichgewichte. Braunschweig 1924. S. 222.

als in Bild 7 für unveränderliche Affinitäten. Es kann sogar Stoff [B] und [A] während der Verbrennung von [C] aus der Schlacke reduziert werden, wenn nur der Affinitätsanstieg hinreichend steil ist, d. h. bei gegebenem Affinitätsanstieg in der Zeiteinheit (Temperaturanstieg) die von außen erfolgende Sauerstoffzufuhr zu gering ist, um den wachsenden Sauerstoffhunger des Stoffes [C] allein zu befriedigen.

einer untersuchter Schmelzen in Abhängigkeit von der Blasezeit übereinander aufgetragen. Zuerst liegen die Werte einer Thomasschmelze, die in der Arbeit von W. Eichholz, G. Behrendt und Th. Kootz¹⁰⁾ angegeben ist. Alle K_{Mn} -Werte erreichen nach etwa sechs Minuten Blasezeit ein

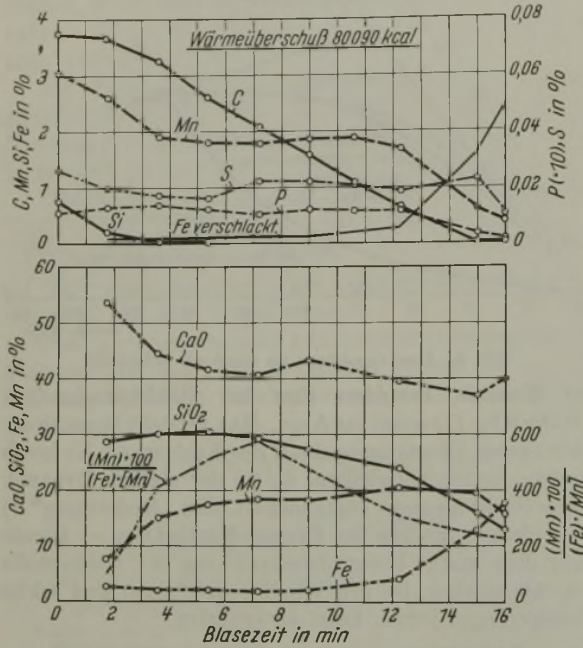


Bild 10. Stahlisenschmelze (Nr. 184 355). 27,1 t Roheisen, 6,45 % Kalk.

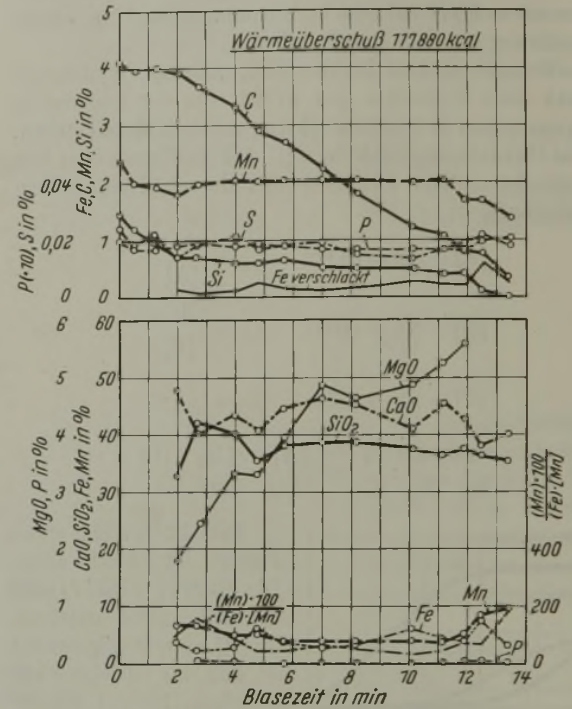


Bild 11. Stahlisenschmelze. 27,4 t Roheisen, 2,92 % Kalk, 4,1 % Schrott.

Es findet sich hierin die Erklärung für die Beobachtung, daß besonders deutlich bei Thomasschmelzen bereits während der Entkohlung ein erster Manganbuckel, d. h. Reduktion von Mangan, aber auch von Eisen, aus der Schlacke auftritt. Die um den Kalk angesammelte zunächst flüssig-teigige Schlacke verliert dadurch ihre besten Flußmittel und verfestigt sich, wie bereits früher gezeigt werden konnte¹⁰⁾.

Maximum und fallen von da stetig ab, bis sie am Ende des Blasens zu etwa gleichen Werten von rd. 200 hinstreben. Die K_{Mn} -Linien der Stahlisenschmelzen sind untereinander sehr unterschiedlich, und zwar liegt bei der sechsten Minute der niedrigste Wert bei 40, der höchste bei 960. Die Zeit der sechsten Blaseminute wurde deshalb zu einer Untersuchung gewählt, weil dann, während der heftigsten Entkohlung, die

Einfluß der Temperatur auf die Verbrennungsreihenfolge.

Das Einsetzen der Entkohlung muß nach allen grundsätzlichen Überlegungen schon bei um so höheren Mangangehalten erfolgen, je höher die Temperatur zu Beginn des Blasens liegt. Das zeigen überzeugend die Stahlisenschmelzen der Bilder 9 bis 11, die nach steigender Roheisentemperatur geordnet wurden. Um zu untersuchen, ob die Manganreaktion im Konverter annähernd der von F. Körber und W. Oelsen^{18) 19)} aufgestellten Temperaturbeziehung folgt, wurde in Bild 12a die Verteilungskennzahl K_{Mn}

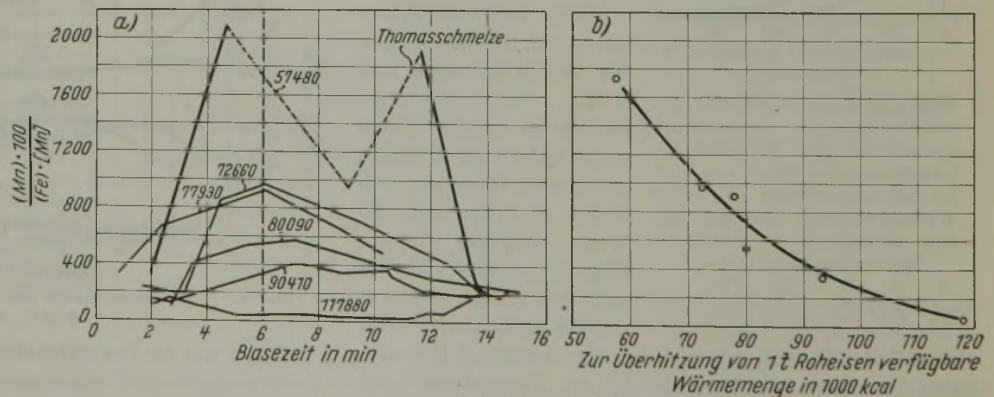


Bild 12 a und b. a) Die Reaktionskennzahl K_{Mn} über den Schmelzenverlauf für verschieden heiße Schmelzen. Geordnet nach verfügbarer Ueberhitzungswärme (kcal/t Roheisen). b) Die Eisen-Mangan-Werte der 6. Blaseminute in Abhängigkeit von der verfügbaren Ueberhitzungswärme je t Roheisen.

Abbrandgeschwindigkeit von Eisen und Mangan, wenn nicht überhaupt null, so doch nur sehr gering ist, infolgedessen die Wahrscheinlichkeit am größten, dem Gleichgewicht zwischen dem Metall und der Schlacke nahezukommen. Nun war eine Temperaturmessung wegen der gleißenden Kohlenstoffflamme nicht möglich gewesen. Als Temperaturkennzeichen

¹⁸⁾ Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 14 (1932) S. 181/204; vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 46/47.

¹⁹⁾ Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforschg. 15 (1933) S. 271/309; vgl. Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 297/98.

wurde deshalb nach der Zusammenstellung von H. Ulich, C. Schwarz und K. Cruse²⁰) die Reaktionswärme errechnet, die über den Schmelzverlauf bei Verbrennung der Eisenbegleiter frei wird, abzüglich der Erhitzungswärme für den theoretischen Luftbedarf und der Ueberhitzungs- und Schmelzwärmen für Kalk und Schrott. Schreibt man diese Kennzahlen neben die K_{Mn} -Werte des Bildes 12a, so sieht man, daß der niedrigste K_{Mn} -Wert zur heißesten Schmelze gehört und die K_{Mn} -Werte mit fallenden Wärmezahlen ansteigen. Trägt man diese Abhängigkeit auf (Bild 12b), so erkennt man die eindeutige Temperaturabhängigkeit der Manganverbrennungsreaktion im Konverter im Sinne der von F. Körber und W. Oelsen gemachten Angaben. Kalksatz und Schlackenbasizität spielen anscheinend in diesem Untersuchungszeitpunkt eine noch untergeordnete Rolle. Bei der heißesten Schmelze (Bild 11) verbrennt praktisch

sche erste Verbrennungserzeugnis mit seiner gegenüber Kalkschlacke sehr geringen Löslichkeit für Phosphorsäure. Erst wenn nach der Entkohlung durch neue Verbrennung von Eisen und Mangan die verfestigte Schlackenhülle gelöst wird, kommt der Kalk in Berührung mit dem Phosphor. Daß sich dann tatsächlich beim Uebergang von einer Oxydulschlacke zu einer Kalkschlacke die Löslichkeit der Phosphorsäure sprunghaft ändert, konnte W. Oelsen²¹) neuerdings zeigen und die Gründe dafür in dem Auftreten einer Mischungslücke angeben.

An Hand dieser durch Oelsen neu gewonnenen Erkenntnisse lassen sich die Vorgänge im Konverter folgendermaßen deuten: Die in geringem Umfang im oxydischen ersten Verbrennungserzeugnis gelöste Phosphorsäure bildet in Berührung mit dem

Kalk das für die Oxyde fast unlösliche Trikalziumphosphat. Die frei gewordenen Eisen- und Manganoxydul oxydieren den Phosphor des Metalls, der sofort vom Kalk zum Orthophosphat aufgelöst wird. Eisenoxydul und Manganoxydul werden dabei reduziert, gekennzeichnet durch den Manganbuckel. Dieser Vorgang läßt sich dann beim Uebergang von der kieselsauren Oxydschlacke zur Kalkschlacke als sprunghafte Aenderung der Affinität des Phosphors darstellen.

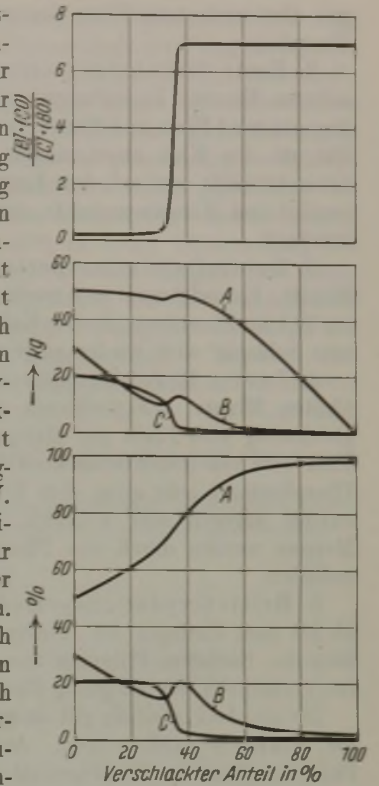


Bild 14. Schmelzenablauf für Fall 2 bei un stetiger Veränderung der Reaktionskonstanten von B und C.

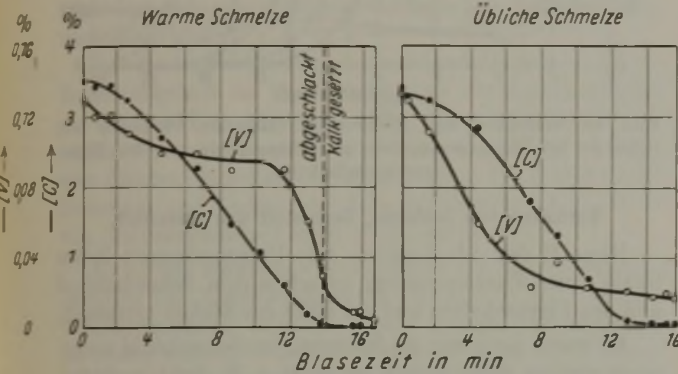


Bild 13. Das Verhalten des Vanadins zum Kohlenstoff bei warm und üblich geführten Schmelzen.

Mangan erst nach der Entkohlung, die vom Thomasverfahren bekannte Reihenfolge von Mangan und Kohlenstoff ist also vollständig umgekehrt. Bei dieser Schmelze fällt dann noch besonders auf, daß bei derart hoher Temperaturführung selbst Silizium vor Einsetzen der Entkohlung nur sehr unvollständig abbrennt. Silizium zeigt also, wie auch zu erwarten, eine gleiche Beeinflussbarkeit wie Mangan.

Bei Thomasschmelzen ist das Verhalten des Vanadins während der Entkohlung, das grundsätzlich dem des Mangans und Siliziums gleicht, besonders hervorzuheben. Übliche Schmelzen mit vor Blasbeginn eingesetztem Kalk zeigen bis zum Einsetzen der Entkohlung einen viel stärkeren Abfall des Vanadins als Schmelzen, bei denen der Kalk erst nach Ende der Entkohlung zugesetzt wurde, die infolgedessen während der Entkohlung heißer sind (Bild 13).

Einfluß der Schlackenzusammensetzung, insbesondere auf die Entphosphorungsreaktion.

Die Beobachtung der sehr starken Reduktionskraft des Phosphors auf die Oxyde des Mangans und auch des Eisens während des bekannten Manganbuckels beim Thomasverfahren läßt sich im rechnerischen Schmelzbild (Bild 14) nur bei Annahme einer sprunghaften Aenderung der Affinität wiedergeben. Eine solche Aenderung kann nur durch einen starken und raschen Wechsel des Schlackencharakters gedeutet werden. Während der Entkohlung wird die um den Kalk gesammelte Schlackenhülle infolge der Reduktion der als Flußmittel wirkenden Oxydule von Eisen und Mangan verfestigt, der Kalk wird damit eingeschlossen und kann zunächst nicht mit dem Phosphor in Berührung kommen. Mit dem Metall steht nur in Wechselwirkung das rein oxydi-

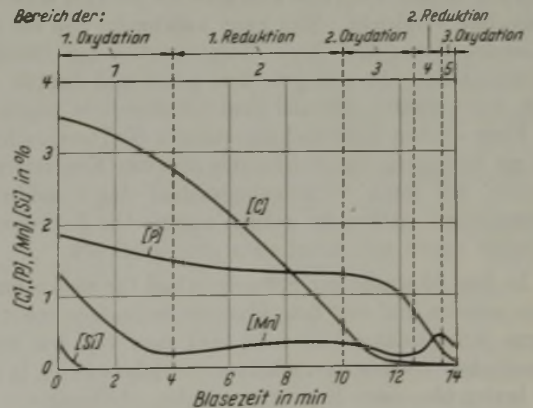


Bild 15. Einteilung des Verbrennungsablaufes einer Thomasschmelze.

Einteilung des Verbrennungsablaufes von Thomasschmelzen.

Im Reaktionsgeschehen der Thomasschmelzen kann man schließlich fünf deutlich voneinander getrennte Abschnitte unterscheiden (Bild 15):

1. Erste Oxydationsperiode von der ersten bis vierten Minute. Es verbrennt hauptsächlich Silizium und Man-

²⁰) Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) S. 493/500 (Stahlw.-Aussch. 323).

²¹) Erörterung zu Geller, W., und A. Wilms: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 347/48 (Stahlw.-Aussch. 382).

gan, aber auch etwas Eisen, dagegen wenig Kohlenstoff und Phosphor.

2. Erste Reduktionsperiode von der vierten bis zehnten Minute. Es verbrennt ausschließlich Kohlenstoff, dagegen wird Eisen und Mangan aus der Schlacke reduziert. Die um den Kalk angesammelte zunächst teigig-flüssige Schlackenhülle wird mit dem Entzug der Flußmittel Eisenoxydul und Manganoxydul in zunehmendem Maße ausgetrocknet.

3. Zweite Oxydationsperiode von der 10. bis 12,5ten Minute. Es verbrennen zum zweitenmal Eisen, Mangan und ein Teil des Phosphors; die den Kalk einhüllende ausgetrocknete Schlacke wird wieder aufgelöst.

4. Zweite Reduktionsperiode von der 12,5ten bis 13,5ten Minute. Es verbrennt ausschließlich Phosphor, gleichzeitig wird Eisen und Mangan wieder reduziert. Der Kalk wird von seiner Schlackenhülle befreit und bietet der Phosphorsäure sehr gute, dem Eisenoxydul und Manganoxydul dagegen sehr schlechte Löslichkeit. Eisen und Mangan werden durch den Phosphor aus ihren Oxyden reduziert.

5. Dritte Oxydationsperiode von der 13,5ten Minute ab bis zum Umlegen des Konverters und Abbrechen des Blasens. Nachdem Phosphor zum größten Teil verbrannt ist, verbrennen nun endgültig Eisen und Mangan.

Die gleiche Einteilung gilt ohne Einschränkung auch für die Stahleisenschmelzen. Auf Grund des geringen Phosphorgehalts im Stahleisen ist allerdings die Phosphor-reduktionsperiode nicht deutlich ausgebildet.

Veränderlichkeit des Verbrennungsablaufes von Thomasschmelzen mit Veränderung der Blasegeschwindigkeit.

Die rechnerisch ermittelte Verbrennungsfolge von Metallgemischen hatte die Annahme von Gleichgewichten zur Voraussetzung. Daß man in Wirklichkeit weit davon entfernt ist, zeigten die anfangs angestellten Ueberlegungen. Wie weit man aber im gefundenen Schmelzablauf der Thomas- und Stahleisenschmelzen vom idealen, d. h. unter Gleichgewicht ablaufenden Schmelzverlauf entfernt ist, läßt sich etwa abschätzen, wenn man kurz blasende mit lang blasenden Schmelzen vergleicht. Man kann annehmen, daß die kurz blasenden Schmelzen ihren Komponenten zur Gleichgewichtsänderung die geringste Zeit geben und daß sie deshalb den weitesten Abstand vom Gleichgewicht zeigen.

Einer solchen Untersuchung standen 30 Thomasschmelzen zur Verfügung, die, gleichmäßig über eine Konverterreise verteilt, auf ihren Verbrennungsablauf durch zahlreiche Reihenproben untersucht worden waren. Die Roheisenverhältnisse waren sich dabei stets gleichgeblieben.

In *Bild 16* wurde der Schmelzverlauf für sieben kurze, neun mittlere und vier lang blasende Schmelzen ermittelt. Kurze Schmelzdauer läßt sich, sieht man von den unterschiedlichen Verblaseeigenschaften des Roheisens ab, in dem am besten blasenden Konverter erzielen, abhängig von der Konverterform und den stereometrischen Badbedingungen. Aus dem *Bild 16* läßt sich folgendes erkennen:

In den ersten Blase Minuten brennen Mangan und auch Phosphor um so rascher und weitgehender ab, je kürzer die Schmelzdauer ist. Der Manganbuckel während der Entkohlung und ebenfalls während der Entphosphorung ist bei kurz blasenden Schmelzen deutlich niedriger als bei lang blasenden. Gleichzeitig verschiebt sich mit Verkürzung der Blasezeit der Höchstwert des Manganbuckels während der Entphosphorung, in Uebereinstimmung mit den Bading-schen Erfahrungen, zu immer niedrigeren Phosphorgehalten,

die Entphosphorung beginnt bei immer höheren Kohlenstoffgehalten. Der Abbrandverlauf der am langsamsten blasenden Schmelzen nähert sich am ehesten den unter Gleichgewichtsnahme errechneten Verbrennungsschaubildern.

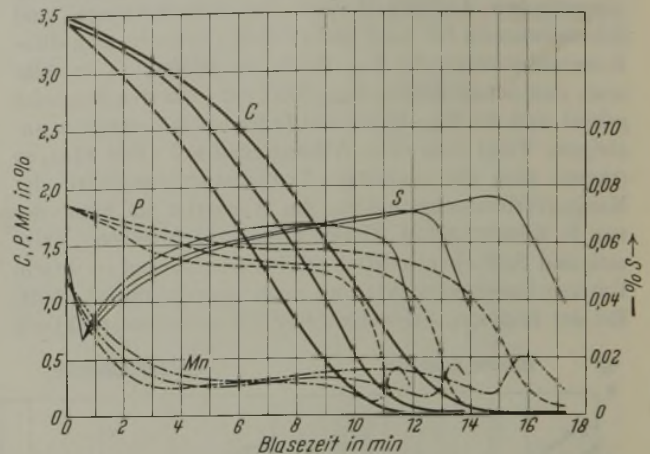


Bild 16. Verhalten von Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel bei Thomasschmelzen in Abhängigkeit von der Blasegeschwindigkeit.

Verhalten von Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff.

Begriff der Stahlgüte. Alle Untersuchungen ließen bisher einen Zusammenhang zwischen dem Schmelzablauf und den Eigenschaften und der Güte des Stahles vermissen.

Es waren auch nur die Elemente im Schmelzbild untersucht worden, deren Gehalt im Stahl, z. B. durch nachträgliche Zusätze, fast beliebig zu beeinflussen sind. Es ist aber bekannt, daß Stahleigenschaften und Stahlgüte innerhalb eines bestimmten Verwendungs- und Weiterverarbeitungsbereiches bei gleichen Gehalten an Mangan, Phosphor und Kohlenstoff im Stahl sehr verschieden sein können. Hierfür können wohl hauptsächlich jene Elemente verantwortlich gemacht werden, die vom Stahlwerker meist nur als lästige Verunreinigungen empfunden werden; um sie zu nennen: Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff. Sie führen auch im Ablauf der Thomasschmelze ihr Leben für sich und sollen deshalb, gleichfalls ihrer Bedeutung entsprechend, für sich behandelt werden.

Der Schwefel. Das Verhalten des Schwefels während des Thomasschmelzverlaufs wurde bereits 1921 von E. Herzog²²⁾ erschöpfend dargestellt, und spätere Untersuchungen bestätigten die dort angegebenen Ergebnisse immer wieder. Der in *Bild 16* gemittelt wiedergegebene Verlauf des Schwefels in verschiedenen lang blasenden Schmelzen zeigt grundsätzlich nichts Neues. In der ersten Blase Minute ist ein sehr starker Abfall des Schwefelgehalts im Metall zu erkennen, von da ab ein langsames und stetiges Ansteigen bis über den Schwefelgehalt des Roheisens hinaus; nach dem Einsetzen der Entphosphorung setzt dann erst in den letzten Blase Minuten wieder eine starke Entschwefelung ein.

Zur Deutung der sehr kräftigen Entschwefelung während der ersten Blase Minute mag die Frage aufgeworfen werden, ob dieser Vorgang nicht auf dem gleichen Prinzip beruht wie die Roheisenentschwefelung mit festem Kalk im Trommelofen nach W. Bading und A. Krus²³⁾. Der Kalk verliert jedoch während des Blasens im Konverter sehr rasch seine Wirksamkeit, da er sofort von einer Silikatschlacke umhüllt wird. Im weiteren Blaseverlauf gibt dann der Kalk den oberflächlich aufgenommenen Schwefel des Roheisens und noch dazu den ihm vom Brennen her anhaftenden

²²⁾ Stahl u. Eisen 41 (1921) S. 781/89 (Stahlw.-Aussch. 59).

²³⁾ Stahl u. Eisen 58 (1938) S. 1457/60 (Hochofenaussch. 179).

Schwefel langsam an das Metall wieder ab, und zwar, wie aus Bild 16 hervorgeht, um so vollständiger, je länger er mit dem Bade in Berührung steht, d. h. je länger die Schmelze geblasen wird. Der Grad der Rückschwefelung im Konverter ist also hauptsächlich von der Zeit abhängig. Aus dem Metall wandert dann in den letzten Blasenminuten ein Teil des aufgenommenen Schwefels in die nun aufnahmefähige basische Schlacke zurück. Dabei erreichen die kürzest blasenden Schmelzen, die auch die geringste Aufschwefelung gezeigt hatten, die niedrigsten Endschwefelgehalte im Stahl. Die Entschwefelung ist also nicht nur von der Basizität der Schlacke und der Temperatur gegen Ende der Schmelze bestimmt; die Einstellung der Schwefelverteilung zwischen Stahl und Schlacke hängt wahrscheinlich auch von der Reaktionszeit ab.

Beim Verblasen von Stahleisen spielt der Schwefel wegen seines an sich sehr geringen Gehaltes im Roheisen keine wesentliche Rolle.

Der Sauerstoff. Es steht wohl außer Zweifel, daß der Sauerstoffgehalt im Stahl einen ganz besonderen Einfluß auf Güte und Eigenschaften ausübt. Um so bemerkenswerter ist, daß die Anschauungen über die Zusammenhänge zwischen dem Eisenoxydulgehalt der Schlacke, dem Mangangehalt des Roheisens und Stahles und dem Sauerstoffgehalt am Ende von Thomasschmelzen doch recht unklar sind.

Es ist das unbestrittene Verdienst des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung in Düsseldorf, die Gleichgewichtsbeziehungen zwischen Eisen, Mangan und Sauerstoff im reinen System¹²⁾ und für Silikatschlacken unter Hinzuziehung des Kohlenstoffs¹³⁾ aufgestellt und die Desoxydationswirkung und den Desoxydationsvorgang durch die einzelnen Elemente¹⁴⁾ ermittelt zu haben. Alle bisherigen Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Stahles gründen sich auf der Anschauung, daß der im flüssigen Eisen gelöste Sauerstoff fast nur als Eisenoxydul gelöst sei, da alle anderen Oxyde, wie z. B. Manganoxydul, als solche im Eisen nur sehr wenig löslich sind. Danach ist der Sauerstoffgehalt des Stahles im Gleichgewicht annähernd verhältnismäßig dem (FeO)-Gehalt der Schlacke: $\frac{72}{16} [O] = L \cdot (FeO)$.

Dabei bedeutet L die Kennzahl der Verteilung des Eisenoxyduls zwischen der Stahlschmelze und der Schlacke. Sehr einfach sind auch die Beziehungen für die Desoxydationswirkung verschiedener Elemente, wie z. B.

$$[C] \cdot [O] = K_1, [Al]^2 \cdot [O]^3 = K_2, [Si] \cdot [O]^2 = K_3.$$

Das gilt für diese Beziehungen streng allerdings nur dann, wenn bei der ersten der Gasdruck des Kohlenoxyds unverändert bleibt, bei den beiden letzten das Aluminiumoxyd oder die Kieselsäure als reine feste Phase vorliegt. Im Laufe der Reaktion verändert sich dann nicht die Konzentration, nur die Menge der ausgeschiedenen Oxyde. Sind die Oxyde flüssig, so müssen zur Darstellung des Gleichgewichts die Schlackenkonzentrationen mit angegeben werden. Wie die Verhältnisse für die Gleichgewichtsbeziehungen zwischen Fe-Mn-Si-O liegen, zeigt sehr übersichtlich das von F. Körber und W. Oelsen¹⁵⁾ aufgestellte Raummodell des Desoxydationsdiagramms für Mangan und Silizium bei 1600°. Die Desoxydationswirkung des Mangans ändert sich grundlegend mit Aenderung der Schlackenzusammensetzung. Das geht besonders eindeutig hervor aus der starken Abhängigkeit des Gleichgewichtes der Manganreaktion $(FeO) + [Mn] = [Fe] + (MnO)$ vom Schlackencharakter (Bild 17)¹⁵⁾ 16). Ähnliches gilt für das Silizium. Daher hat man keineswegs am Ende der Schmelze bei gleichem Mangangehalt des Stahles auch einen gleichen Sauerstoffgehalt zu erwarten.

Die Höhe des Manganbuckels bei Thomasschmelzen und überhaupt der absolute Mangangehalt der Vorprobe ist also allein kein hinreichendes Kennzeichen für den Sauerstoffgehalt des Stahles. Bläst man zudem bei wechselndem Mangangehalt des Roheisens unter sonst gleichbleibenden Bedingungen, d. h. bei annähernd gleichbleibender Schlackenmenge und gleicher Reaktionskennzahl gegen Ende der Schmelze, stets auf gleichen Mangangehalt herunter, dann muß, wie O. Scheiblich²⁴⁾ in seiner Untersuchung bei Verblasen eines ungewöhnlich hohen mangan- und phosphorhaltigen Roheisens feststellte, der Eisenoxydulgehalt der Schlacke und damit der Sauerstoffgehalt des Stahles um so höher sein, je höher der Mangangehalt des Roheisens war. Es muß dann dem höheren Manganoxydulgehalt ein höherer Eisenoxydulgehalt entsprechen, da in der Gleichung $(MnO)_{100} = K$ sich die Reaktionskennzahl kaum verändert und der Mangangehalt des Stahles beibehalten wurde.

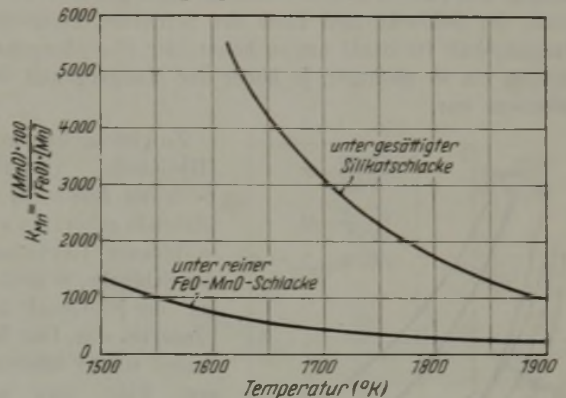


Bild 17. Reaktionskennzahl K_{Mn} in Abhängigkeit von der Temperatur für saure und basische Schlacke, nach F. Körber und W. Oelsen.

Der Thomaswerker bestimmt aber das Ende seiner Schmelzen nicht nach einem bestimmten Mangangehalt der Vorprobe, sondern nach einem hinreichend niedrigen Phosphorgehalt. Der Stahl wird, was den Sauerstoff anbelangt, um so reiner und besser sein, je weniger Eisen zum Erreichen des notwendig niedrigen Phosphorgehaltes verbrannt werden muß. Dabei ist das Mangan als zuletzt nach dem Phosphor (Manganbuckel) und vor dem Eisen verbrennend das ausgesprochene Schutzelement gegen den Abbrand des Eisens. Maßgeblich dafür, bei welchen niedrigen Phosphorgehalten im Metall zunächst Mangan und, anschließend an den Manganbuckel, schließlich auch merkbar Eisen abzubrennen beginnt, ist vor allem die Affinität der Phosphorreaktion. Diese Zusammenhänge wurden in der Arbeit von Scheiblich²⁴⁾ vielleicht nicht genügend hervorgehoben und beachtet. Bleiben die Konstanten der Verbrennungsreaktionen für Mangan und Phosphor die gleichen, dann muß bei Erhöhung des Mangans im Roheisen für gleichen Endphosphorgehalt der Mangangehalt des Stahles immer höher, der Eisenoxydulgehalt der Schlacke und damit der Sauerstoffgehalt des Stahles aber immer niedriger werden. Das kann man einfach begründen, wenn man sich überlegt, wie sich die Konzentrationen zu Blasende zwischen den drei zuletzt abzubrennenden Elementen verändern, wenn die Ausgangskonzentration des mittleren Elementes (Mangan) verschoben wird. Grundsätzlich zeigt es wieder der rechnerisch entwickelte Abbrandverlauf. Der Verbrennungsablauf zwischen drei Stoffen A, B und C bei Annahme nur flüssiger Oxydationsprodukte wurde bereits errechnet und in Bild 5 wieder-

²⁴⁾ Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 337/44 u. 365/71 (Stahlw.-Aussch. 274).

gegeben. Unter Beibehaltung der gleichen Reaktionskonstanten wurde der Schmelzablauf außerdem für einen Ausgangsgehalt an [C] der Legierung von 10, 20 und 30 % errechnet. Das Verhältnis zwischen [A] und [B] in der Ausgangslegierung blieb stets mit 5 : 3 gewahrt. Man kann hierbei nach der Verbrennungsreihenfolge Stoff B mit Phosphor, Stoff C mit Mangan und Stoff A mit Eisen vergleichen. Aus den Schmelzbildern lassen sich dann die Gehalte von [B] und [C] im Metall nach steigenden Gehalten von (A) der Schlacke auftragen (Bild 18). Es entspricht in diesem Bild dann (A) dem Eisengehalt der Schlacke, [B] dem Phosphorgehalt und [C] dem Mangangehalt des Metalls.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß (Schnitt a—a in Bild 18) bei festgehaltener Konzentration von (A) die Konzentration von [B] zu Blasende um so kleiner, die von [C] um so größer ist, je höher der [C]-Gehalt der Ausgangslegierung war. Das bedeutet in der Uebertragung auf Eisen, Mangan und Phosphor: Bläst man auf stets gleichen Eisengehalt der Schlacke zum Ende der Schmelze, so ist der Mangangehalt im Stahl um so höher, der Phosphorgehalt dagegen um so niedriger, je höher der Mangangehalt des Roheisens war.

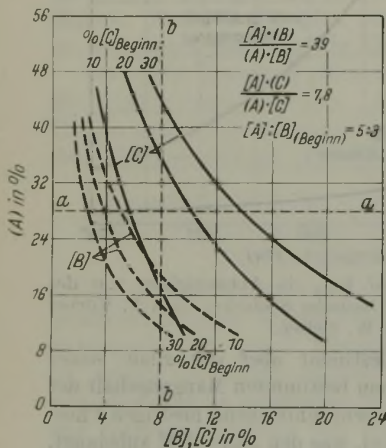


Bild 18. Zusammenhang zwischen der Schlackenkonzentration des Stoffes (A) und der Stoffe [B] und [C] im Metall für verschiedenartigen [C]-Gehalt der Ausgangslegierung.

(A)-Gehalt der Schlacke um so höher, je höher der [C]-Gehalt der Ausgangslegierung war. Uebertragen: Beendet man das Blasen bei gleichem Mangangehalt des Stahles, dann allerdings ist der Eisengehalt der Schlacke um so höher, je höher der Mangangehalt des Roheisens war.

Diese Ueberlegungen, die, wie hervorzuheben ist, für einen Reaktionsablauf bei währendem Gleichgewicht angesetzt wurden, lassen die Erfahrungen von J. Welter^{24a)} und O. Scheiblich²⁴⁾, daß ein höherer Mangangehalt des Roheisens zu einem höheren Eisengehalt der Endschlacke führten, unverstänlich werden. Von uns wurde immer wieder festgestellt, daß für gleichen Eisengehalt der Endschlacke der Sauerstoffgehalt im Stahl um so höher lag, je niedriger der Mangangehalt des Roheisens war [siehe auch W. Geller und A. Wilms²⁵⁾]. Daß sich der Eisengehalt der Schlacke nicht eindeutig mit dem Sauerstoffgehalt des Stahles verknüpfen läßt, zeigte eine überblasene Stahleisenschmelze, bei der der Sauerstoffgehalt des Stahles unverändert und fast geradlinig anstieg, obwohl der Eisengehalt der Schlacke zuletzt fast stehenblieb¹⁰⁾. Diese Erfahrungen

Zu gleichgehaltenem [B]-Gehalt (Schnitt b—b des Bildes 18) zu Blasende gehört ein um so höherer (A)-Gehalt der Schlacke, je niedriger der [C]-Gehalt des Einsatzes war. Das bedeutet wieder übertragen: Bläst man auf gleichen Phosphorgehalt im Stahl, so ist der Eisengehalt der Schlacke am Ende der Schmelze um so höher, je niedriger der Mangangehalt des Roheisens war.

Beendet man das Frischen dagegen stets bei gleichem [C]-Gehalt des Metalls, so ist der

beweisen, daß man auch am Ende von Thomasschmelzen von Gleichgewichten zwischen der Schlacke und dem Stahl nicht reden darf.

Und doch verlaufen während der letzten Blaseminuten die Bewegungen des Sauerstoffs im Metall eindeutig spiegelbildlich zu denen des Mangans. Dieses Verhalten des Sauerstoffs geht auch schon aus anderen Untersuchungen hervor²⁶⁾. Aus eigenen Versuchen wurde in Bild 19 für zwei verschieden lang blasende Schmelzen der Mangangehalt und der Sauerstoffgehalt im Stahl zum Phosphorgehalt aufgetragen.

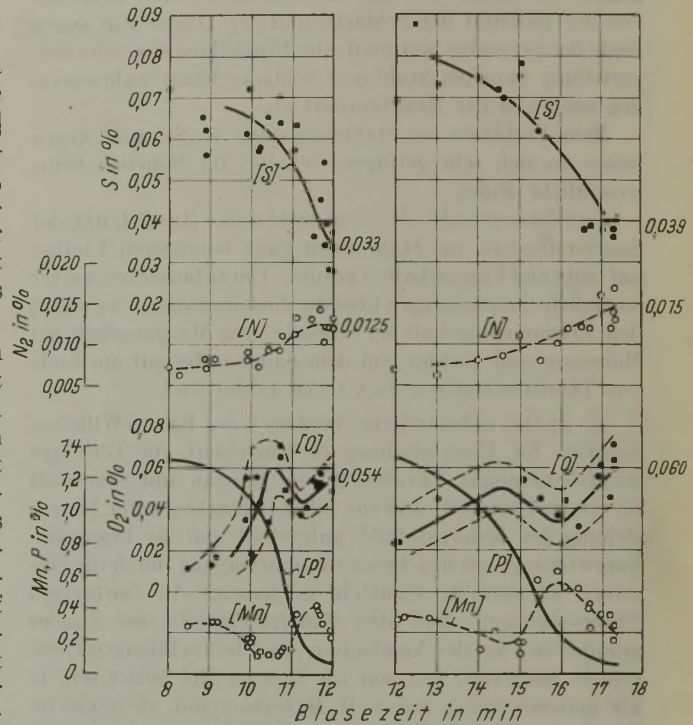


Bild 19. Der Verlauf von [P], [Mn], [O], [N] und [S] zum Schmelzenende in Abhängigkeit von der Blasezeit.

Einem höchsten Wert des Mangans im Manganbuckel entspricht ein niedrigster Wert des Sauerstoffs. Der endgültige Sauerstoffanstieg gegen Ende der Schmelzen beginnt erst, wenn Mangan nach Ueberschreiten des Manganbuckels, wieder abbrennt. Bei kurz blasenden Schmelzen ist der Höchstwert des Manganbuckels sehr weit nach rechts, nach niedrigen Phosphorgehalten hin, verschoben; ebenfalls beginnt der Anstieg des Sauerstoffs erst sehr spät. Sein Endgehalt liegt bei den kurz blasenden Schmelzen dann auch tiefer als bei den lang blasenden, die schon früher, bei höheren Phosphorgehalten, den Manganbuckel überschritten, und bei denen der Sauerstoffgehalt entsprechend früher anzusteigen beginnt. Dieser Zeitpunkt wird dadurch besonders wichtig. Von nun ab verbrennt Eisen, ohne sofort wieder reduziert zu werden, das erste Verbrennungserzeugnis, in seiner Zusammensetzung fast reines Eisenoxydul, behält seine Einwirkung auf das Metall und ist bestrebt, dem Stahl einen Sauerstoffgehalt aufzuzwingen, den seine Gegenwart in fast reinem Zustand fordert. Es kann nun um so mehr Sauerstoff vom Stahl aufgenommen werden, je länger diese eisenreiche Schlacke mit dem Stahl in Berührung steht, d. h. je länger nach Ueberschreiten des Manganbuckels noch geblasen werden muß, dann aber auch, je eisenoxydulreicher und manganärmer dieses erste Verbrennungserzeugnis in seiner mittleren Zusammensetzung ist, d. h. je niedriger gegen Ende der Schmelze der Mangangehalt im Stahl ist.

^{24a)} Stahl u. Eisen demnächst.

²⁵⁾ Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 337/49 (Stahlw.-Aussch., 382).

Der Stickstoff. Der Verlauf des Stickstoffanstiegs bei Thomasschmelzen geht in allen wesentlichen Zügen bereits aus der Arbeit von F. Wüst^{25a)} hervor. Spätere Untersuchungen brachten keine grundsätzlich neuen Ergebnisse. Der Stickstoffgehalt bleibt bis zum Uebergang ziemlich niedrig, der Hauptanstieg ist erst nach dem Uebergang zu beobachten. Die Stickstoffuntersuchungen auch an Stahleisenschmelzen¹⁰⁾ ließen für den Verlauf des Stickstoffanstiegs während des Blasens erkennen, daß neben der Temperatur auch die Entkohlungsgeschwindigkeit verantwortlich ist.

Die absolute Löslichkeit des Stickstoffs im schmelzflüssigen Eisen in Abhängigkeit von der Temperatur und dem Stickstoffpartialdruck konnte erst kürzlich zahlenmäßig angegeben werden²⁶⁾. Es folgt der Stickstoff auch im flüssigen Metall dem Quadratwurzelgesetz²⁷⁾. Der Einfluß der Temperatur auf den Stickstoffgehalt am Ende der Schmelze geht aus allen Untersuchungen eindeutig hervor²⁸⁾ ²⁹⁾ ¹⁰⁾. Die Entstickung im Siemens-Martin-Ofen²⁹⁾ in Abhängigkeit von der Entkohlungsgeschwindigkeit³⁰⁾ und der anscheinend völlig analoge Vorgang während der Entkohlung im Konverter sprechen für die Wirksamkeit des Partialdruckes auf den Stickstoffgehalt.

Dagegen ließ sich bei mehreren Versuchen, im Thomaswerk Ruhrort Schmelzen mit technisch reiner Kohlensäure fertigzufrischen, der bis dahin erreichte Stickstoffgehalt in keinem Fall auch nur geringfügig erniedrigen, sondern blieb bestenfalls stehen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei der Entkohlungsreaktion im Siemens-Martin-Ofen das Bad lange Zeit von einem sehr fein verteilten Strom von Gasblasen durchzogen wird. Auch im Konverter kann die zur Aufnahme des Stickstoffs wirksame Oberfläche der Gasblasen während der Entkohlung um ein Vielfaches höher sein als die Oberfläche des Gasstromes beim Durchblasen von Kohlensäure durch das Bad. Nach einer gemeinsamen Überlegung mit W. Oelsen sollte man beim Entkohlungsvorgang im Konverter auch daran denken, daß die Entwicklung des Kohlenoxyds aus einer kohlenstoffhaltigen Eisenschmelze, wenn Sauerstoff oder Eisenoxydul hinzutreten, unter außerordentlich hohen Drücken erfolgen muß. Bei 1600° und $p_{CO} = 1$ at entspricht dem Gleichgewicht $Fe_{flüssig} - FeO_{flüssig} - CO_{gasförmig}$ ein Kohlenstoffgehalt von etwa $\frac{0,0025}{0,33} = 0,008\%$ C. Aus einem Eisen mit nur

0,1% C, das mit reinem Eisenoxyd in Berührung kommt, könnte demnach der Entwicklungsdruck des Kohlenoxyds schon annähernd 12 at betragen. Das ausströmende Kohlenoxyd wirkt als Puffer und verdrängt den Stickstoff von der Oberfläche des Eisens. Mit den einfachen Anschauungen über die Wirkung des Partialdruckes allein kommt man jedenfalls nicht zum Ziel.

Außerdem darf man bei Annahme alleiniger Wirksamkeit des Teildruckes die Wirkung, die durch Verminderung des Stickstoffpartialdruckes erzielt werden kann, nicht überschätzen. Bei Verwendung sauerstoffangereicherter Windes mit einer Erhöhung von 21% O₂ auf 35% O₂ in dem

^{25a)} Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 4 (1922) S. 95/104; vgl. Stahl u. Eisen 43 (1923) S. 1476/77.

²⁶⁾ Kootz, Th.: Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 77/82.

²⁷⁾ Schenck, H.: Einführung in die physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse, Bd. 1. Berlin 1932. S. 172.

²⁸⁾ Schulz, E. H., und R. Frerich: Mitt. Versuchs-Anst. Dortmund. Union 1925, S. 251/57.

²⁹⁾ Bardenheuer, P., und G. Thanheiser: Mitt. K.-Wilh.-Inst. Eisenforsch. 16 (1934) S. 189/200; 17 (1935) S. 133/47.

³⁰⁾ Schwarz, C.: Arch. Eisenhüttenw. 11 (1937/38) S. 355/62.

Kohlenoxyd-Stickstoff-Gemisch würde während der Entkohlung der Stickstoffgehalt von etwa 65% auf etwa 48%, relativ um 26% abnehmen. Der Stickstoffgehalt des Stahles jedoch würde, wenn er der Wurzel aus dem Stickstoffgehalt des Gases entspricht, im besten Fall nur um relativ 14% abnehmen können. Das entspräche einer Stickstoffverminderung von 0,015 bis auf 0,013%.

Als weitere Einflußgrößen für den Stickstoffgehalt werden Winddruck und Windmenge vermutet, als besonders wichtig wurde die Blasezeit erkannt; eine neuere Untersuchung³¹⁾ zeigt den Einfluß von Konverteralter und Bodenalter, der auch bei eigenen Untersuchungen hinsichtlich des Konverteralters voll bestätigt werden konnte. Alle diese zunächst mehr oder weniger geheimnisvoll anmutenden weiteren Einflußgrößen für den Stickstoffgehalt im Thomasstahl lassen sich jedoch sehr leicht in ihrer Wirkung verstehen, wenn man eins herausstellt, daß zu Blasende der Stahl noch nicht so viel Stickstoff aufgenommen hat, als er den Gleichgewichtsbedingungen nach hätte aufnehmen können. Die Trägheit der Stickstoffaufnahme gibt dem Thomaswerker erst die Möglichkeit, den Stickstoffgehalt gegen Ende der Schmelze weitgehend zu beeinflussen. Sehr verständlich wird bei dieser Annahme, daß kürzer blasende Schmelzen, vor allem im Zeitraum des stärksten Stickstoffanstiegs, während der Entphosphorung einen niedrigeren Stickstoffgehalt erreichen als länger blasende Schmelzen. Hier erhält das Eisen einfach nicht die Zeit, den ihm zukommenden Stickstoffgehalt aufzunehmen. Ähnlich ist es mit dem Einfluß des Konverteralters oder besser gesagt der Badhöhe. Je länger der im Eisen aufsteigende Stickstoff des Abgases mit dem Metall in Berührung steht, um so mehr Zeit steht diesem zur Verfügung, den Stickstoff aufzunehmen. Das Bad wird immer niedriger, je stärker der Konverter verschlissen ist.

Zusammenfassung.

Die Konzentrationsverhältnisse sind im Konverter während des Blasens in der Metall- und in der Schlackenphase sowie auch in der Gasphase nicht einheitlich. Die starken Änderungen in der Zusammensetzung von Schlacke und Gasphase lassen sich zunächst in Beziehung bringen zur Weglänge des Windes durch das Bad.

Der Kalk des Zuschlages ist trotz der starken Durchwirbelung vorzugsweise im oberen Badraum anzutreffen.

Die Frischreaktionen verlaufen in zwei Stufen: Das Eisen und seine Beimengungen (Silizium, Mangan, Vanadin, Phosphor) verbrennen zunächst zu ihren Oxyden, deren Mischungen als erstes Verbrennungserzeugnis bezeichnet wurde. Diese Oxyde reagieren dann weiter mit dem Kalk und bilden die eigentliche Schlacke, die hauptsächlich in der Analyse erfaßt wird. Der Frischvorgang kann also in einen reinen Verbrennungs- und einen Verschlackungsvorgang unterteilt werden.

Ungeachtet dieser verwickelten Verhältnisse wurden zunächst rechnerisch die Oxydationsfolgen mehrerer Stoffe aus ihren Gemischen unter Annahme idealer Verhältnisse entwickelt; sie lassen die Bedeutung des Zustandes und der Konzentration der Oxydationsprodukte auf den Reaktionsablauf erkennen. Außerdem wurde berücksichtigt, daß sich die Affinitäten der einzelnen Reaktionen über den Verbrennungsablauf in verschiedener Weise während des Oxydationsvorganges ändern können.

Die Bilder der rechnerisch ermittelten Oxydationsfolge ähneln dem Reaktionsablauf der technischen Windfrisch-

³¹⁾ Böddeker, W.: Mitt. Forsch.-Anst. Gutehoffn. 7 (1939) S. 145/46.

verfahren. Sie erleichtern das Verständnis des wirklichen Ablaufs der Thomasschmelze.

Durch Untersuchung von Stahleisenschmelzen war es möglich, die Veränderlichkeit der Manganverbrennungsreaktion mit der Temperatur aufzuzeigen. Es gelingt bei Stahleisenschmelzen, eine bewußte weitgehende Verschiebung des Verbrennungsablaufes des Mangans gegenüber dem Kohlenstoff zu erzielen, die derjenigen entspricht, die nach den schematisch entwickelten Bildern der Oxydationsfolgen zu erwarten ist. Für Vanadin und auch für Silizium gilt grundsätzlich das gleiche wie für Mangan.

Das späte Einsetzen der Phosphorverbrennung läßt sich dadurch erklären, daß während der Entkohlung die den Kalk umgebende Schlackenhülle verfestigt wird und der Kalk der Berührung mit dem Phosphor entzogen bleibt. Nach Auflösung dieser festen Hülle während des Uebergangs gelangt der Phosphor in plötzliche Berührung und Reaktion mit dem Kalk. Die dabei auftretende starke Affinitätsänderung läßt sich erklären, wenn man die Wirkung der von W. Oelsen¹⁾ entdeckten Mischungslücke im System $\text{CaO}-(\text{FeO} + \text{MnO})\text{-P}_2\text{O}_5$ ausdeutet.

Die Blasgeschwindigkeit verändert den Ablauf der Reaktionen derart, daß lang blasende Schmelzen den rechnerisch entwickelten Bildern am nächsten kommen.

Zum Schluß wurden Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff im Reaktionsablauf von Thomasschmelzen untersucht als die Elemente, die die Eigenschaften des Stahles wesentlich beeinflussen können.

Die Untersuchung des Schwefels über den Schmelzverlauf zeigt, daß das Metall um so mehr Schwefel aus dem Kalk bis zum Uebergang aufnimmt, je langsamer die Schmelze bläst.

Bei Untersuchung des Sauerstoffgehaltes zu Schmelzende wird die Beeinflussbarkeit vom Mangangehalt des Roheisens theoretisch erörtert. Es läßt sich daraus folgern, daß im Gegensatz zu anderen Anschauungen dem Mangangehalt des Roheisens ein bedeutender hemmender Einfluß auf die Verschlackung des Eisens zukommt, damit auch auf die Sauerstoffaufnahme des Stahles.

Der Stickstoffgehalt im Stahl läßt sich weitgehend beherrschen, wenn man neben dem Einfluß der Temperatur die Trägheit der Stickstoffaufnahme durch das Eisen erkannt hat und in Rechnung stellt.

Umschau.

Fortschritte in der Erzeugung geschweißter Röhren nach dem Fretz-Moon-Verfahren.

In Erweiterung der bisherigen Veröffentlichungen¹⁾ berichten J. H. Loux und E. T. Trebilcock²⁾ über die inzwischen gemachten Fortschritte und Verbesserungen an derartigen Anlagen.

Bei der Anlage nach der ursprünglichen Anordnung (Bild 1) wird das vordere Ende des von dem Bund auf der Ablaufkrone sich abwickelnden, teilweise welligen Streifens in eine Rollenrichtmaschine gesteckt, gelangt dann in eine Abschmelzschweißmaschine, die das vordere Streifenende mit dem hinteren Ende des vorhergehenden Streifens verbindet, worauf durch eine mit der Schweißmaschine verbundene Vorrichtung der Schweißgrat von oben und unten abgehobelt wird. Wenn die Bunde nicht



Bild 1. Grundriß eines Walzwerkes für stumpfgeschweißte Röhren nach dem Fretz-Moon-Verfahren.

schon am Warmwalzwerk am vorderen Ende rechtwinklig beschnitten worden sind, so geschieht es hier vor dem Aneinanderschweißen durch eine Kaltschere. Die Treibrollen unmittelbar hinter der Schweißmaschine dienen nur dazu, das hintere Streifenende nach Verlassen der Richtmaschine zwischen die Klemmbacken der Schweißmaschine zu schaffen.

Nach dem Schweißen drückt die Rollenrichtmaschine den Streifen mit einer etwas größeren Geschwindigkeit als die Durchlaufgeschwindigkeit des Streifens im Ofen auf den Schlingenlauf, so daß sich eine so große Schlinge bildet, daß das Aneinanderschweißen der Streifenenden und das Abhobeln des Schweißgrates in Ruhe vor sich gehen kann. Der Streifen wird hierauf von den Vorrund- und Schweißwalzen in den Ofen gezogen, der eine Vorrückkammer von 12,20 m Länge ohne Brenner und eine 33,50 m lange Heizkammer mit Brennern hat, die in gegenseitigem Abstand von 229 mm angeordnet sind.

Damit der Streifen nicht auf dem Herd schleift und dort Schlacke aufnimmt, wird er über quer angeordnete vertieft gebogene und wassergekühlte Gleitrohre gezogen. Die Brenner erhalten vorgewärmte Luft und sind seitlich so angeordnet, daß die Flamme unmittelbar auf die Ränder des Streifens gerichtet sind. Bei einem Streifen für ein Rohr von 12,7 mm Dmr. und einer Geschwindigkeit von 2,03 m/s bedeutet dies, daß der Streifen aus dem kalten Zustand auf Schweißhitze in $2\frac{1}{2}$ s gebracht werden muß.

dazu, das Rohr in seinem Durchmesser etwas zu vermindern und ihm das richtige äußere Maß zu geben sowie den Streifen durch den Ofen und die Vorrundwalzen zu ziehen.

Eine fliegende Säge, die sich mit gleicher Geschwindigkeit wie das Rohr vorwärts bewegt, zerschneidet das Rohr in Längen von 6,10 oder 21,35 m, wenn die Fördermittel und Kühlbetten danach eingerichtet sind. Die abgeschnittenen Rohrstücke gehen über den Förderer Nr. 1 zum ersten Kühlrost, wo sie so weit abkühlen, daß sie mit Sicherheit entzündet und noch etwas in ihrem Durchmesser vermindert werden können. Der Förderer Nr. 2 bringt die Rohre dann zum Entzunder- und Maßwalzwerk, das drei Paar Walzen hat; das erste Paar drückt das Rohr etwas zusammen, damit sowohl der äußere als auch der innere Zunder sich ablöst. Das zweite und dritte Paar Walzen formen das Rohr wieder rund und vermindern den äußeren Durchmesser etwas.

Darauf geht das Rohr zu einem zweiten und breiteren Kühlbett, wo es abkühlt und dann in Hürden oder auf Böcke fällt, von wo es aus die Rohre zur endgültigen Fertigstellung zu Richtmaschinen, weiter wenn nötig zur Verzinkung gelangen, schließlich geprüft, mit Gewinde versehen und zum Versand fertig gemacht werden.

Die inzwischen an neueren Anlagen gemachten Fortschritte sind im Bild 2 angedeutet. Zunächst wurde das Abladen und Aufbringen der Streifenbunde von Hand auf die Ablaufkrone durch einen Auslegerdrehkran ersetzt, der die Bunde in einen selbsttätig arbeitenden Abwickelhaspel legt; dieser arbeitet mit der Rollenrichtmaschine zusammen und befördert das vordere

¹⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 345/46; 58 (1938) S. 918; 61 (1941) S. 375/76.

²⁾ Iron Steel Engr. 18 (1944) Nr. 2, S. 44/54.

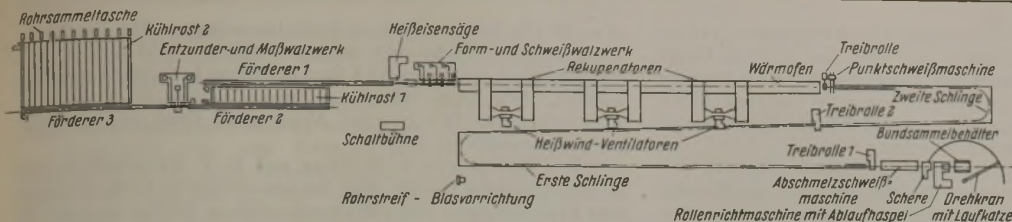


Bild 2. Entwicklung und Abwandlung einer Fretz-Moon-Anlage für stumpfgeschweißte Röhren bei neueren Einrichtungen.

Streifenende selbsttätig in die Richtmaschine, was besonders bei dickeren Streifen wichtig ist, während dies früher in mühsamer Weise von Hand geschehen mußte. Die Richtmaschine hat neun Rollen, die in Gruppen statt früher einzeln eingestellt werden können. Die Abschmelzschweißmaschine für Gleichstrom ist an Stelle von Drehstrommaschinen in einigen Anlagen neuerdings wieder als Regel eingeführt, nur wechselt ihre Größe nach dem Rohrdurchmesser. Die zu Störungen Anlaß gebende Schleife, die der Streifen bildet, wenn er beim Abholen des Grades in der Schweißmaschine festgehalten wird, während die Rollenrichtmaschine immer weiter läuft, wurde dadurch vermieden, daß die Bewegungsrichtung der Richtmaschine während der Zeit des Abholens umgekehrt wird.

Das unmittelbar auf die Schweißmaschine folgende Treibrollenpaar dient dazu, den Streifen beim Anschweißen an das Vorderende des nächsten Streifens festzuhalten. Statt der einfachen Schlinge (Bild 1) wird bei neuen Anlagen eine doppelte Schlinge (Bild 2) angewendet, die zwei Treibrollenpaare erfordert; dabei muß sich aber das zweite Paar mit der kürzeren zweiten Schleife im Gleichlauf bewegen, um die Länge der zweiten Schleife in gleichbleibender Größe und so einen stets gleichen Zug im Ofen zu halten, ohne Rücksicht auf die Länge der ersten Schleife. Außerdem wird durch die doppelte Schleife die Baulänge der Anlage kürzer als bei nur einer Schleife.

Die Vorwärmkammer des Ofens nimmt etwa den vierten Teil der Ofenlänge ein und wird durch die Abgase der Heizkammer erwärmt. Ursprünglich hatten die Öfen für Streifen zu Röhren von 76 mm Dmr. 300 kleine auf beiden Seiten des Ofens verteilte Brenner. Der Abstand zwischen den Seitenwänden beträgt etwa 610 mm. Auch in der Vorwärmkammer wird der Streifen über wassergekühlte, quer zur Ofenachse angeordnete Gleitrohre gezogen. Von den letzten zehn neuen Anlagen werden drei mit Naturgas, sechs mit gereinigtem Koksofengas und eine mit zerstäubtem Öl und vorgewärmter Luft betrieben. Eine genaue Beschreibung des Ofens wurde schon früher veröffentlicht³⁾. Zum Vorwärmen der Luft auf etwa 540° wurden zuerst Metallrekuperatoren, bei den neuesten Anlagen werden aber Rekuperatoren aus Karborundumröhren verwendet, die sich gut bewährt haben. Die Ofentemperatur wird durch Geräte selbsttätig so geregelt, daß sie unveränderlich und gleichmäßig bleibt; im allgemeinen wird eine oxydierende Atmosphäre als die geeignetste gehalten, doch arbeiten einige Anlagen auch mit leicht reduzierender Atmosphäre; wichtig aber ist, daß, einmal eingestellt, die gewählte Atmosphäre auch dauernd beibehalten wird. Die Ofentemperatur beträgt etwa 1480, die des Streifens ungefähr 1315°.

Während bei den ersten Anlagen für Röhre bis zu 76 mm Dmr. sowohl die senkrechten als auch waagerechten Walzenpaare getrennt angetrieben wurden, werden sie bei neueren Anlagen von einem einzigen Motor aus über ein Doppelvorgelege angetrieben. Bei den drei neuesten Anlagen jedoch für Röhre von 102 mm Dmr. hat jedes Paar Walzen seinen eigenen Antriebsmotor, d. h. sechs Motoren zu 25 PS statt eines Motors von 40 bis 50 PS bei den kleineren Anlagen. Bei den letztgenannten wurden dann die Unterschiede in der Umfangsgeschwindigkeit der Walzenpaare durch Anwendung verschiedener Walzendurchmesser ausgeglichen, bei den Anlagen mit sechs Motoren jedoch wird die Geschwindigkeit auf elektrischem Wege genau so wie bei den Bandblechstraßen gesteuert, was sich vorteilhaft auf die Verminderung des Walzenverschleißes auswirkt. Der Steuermann regelt die Walzgeschwindigkeit nach dem Aussehen des aus dem Ofen kommenden Streifens und nach dem Wegblasen des Zunders.

³⁾ Iron Steel Engr. 15 (1938) Nr. 8, S. 30/35.

Ist der Streifen zu heiß, so läßt der Steuermann die Walzen rascher laufen, ist er zu kalt, so verlangsamt er die Geschwindigkeit.

Mit der fliegenden Säge neuester Bauart kann man beim Sägen ein durchschnittliches Abmaß von ± 3,2 mm erreichen.

Der bewegliche Wagen mit der Säge wird gleichzeitig vom Walzenzugmotor mit in Bewegung gesetzt, während die Säge selbst von einem auf dem Wagen angeordneten feststehenden Motor durch Keilriemen angetrieben wird. Für nähere Einzelheiten über die verschiedenen neueren Arten des Antriebes und Steuerung der Säge sei auf den Ursprungsaufsatz hingewiesen.

Bei dem Entzunder- und Maßwalzwerk verwendet man in neuerer Zeit Walzen mit doppelten Kalibern für die kleinen Rohrabmessungen bis zu 51 mm Dmr. mit einer Einrichtung zum schnellen Uebergang von einem zum anderen Kaliber. Bei den Anlagen für Röhre von 102 mm Dmr. wird jedes der drei Walzenpaare für sich angetrieben.

Als Fördermittel werden verschiedene Bauarten angewendet, z. B. Rollgänge mit Rollen, die in Rollenlagern laufen, oder Kettenförderbahnen, die den Vorteil haben sollen, daß sie keine Einbeulungen auf dem Rohr verursachen, wie sie entstehen, wenn das heiße Rohr vom Kühlbett auf einen Rollgang fällt. Für den Förderer Nr. 1, der das Rohr von der Säge zum Kühlbett Nr. 1 bringt, werden anscheinend Rollgänge bevorzugt, weil die Röhre seitlich auf das Kühlbett abgeschoben werden müssen; das gleiche gilt für den Rollgang Nr. 3, der das Rohr vom Maßwalzwerk heranschafft und von dem es seitwärts zum Kühlbett Nr. 2 abgeschoben wird. Die Kühlbetten werden als Kettenschlepperbetten ausgeführt und von Gleichstrommotoren mit regelbarer Geschwindigkeit angetrieben.

Um den Streifen in den Ofen und in das Walzwerk einzuführen, wird an ein dünnes Rohrstück, „Nadel“ (Startrohr) genannt, ein Stift und an diesen der Streifen angeschweißt, dann durch den Ofen gezogen und in die Vorrund- und Schweißwalzen eingeführt; dieses Verfahren ist gegenwärtig das gebräuchlichste. Ein anderes Verfahren besteht darin, durch ein besonderes vor dem Ofen angebrachtes Rollenpaar die Kanten des Streifens etwas herunterzubiegen, so daß der Streifen steif genug ist, um ihn mit diesen Rollen durch den Ofen hindurch in das Walzwerk zu stoßen.

Um ein Reißen des Streifens möglichst zu verhindern und ihn mit gleichbleibendem Zug durch den Ofen zu ziehen, sind an verschiedenen Stellen magnetische Rollen, z. B. in der Schleife Nr. 1, angebracht worden. Bei einigen Anlagen wurde noch eine Treibrolle zwischen dem Walzwerk und der Säge angebracht, um die „Nadel“ aus dem Ofen zu ziehen.

Zahlentafel 1 gibt Auskunft über die in den Vereinigten Staaten und anderen Ländern bestehenden Fretz-Moon-Anlagen.

Zahlentafel 1. Uebersicht über ausgeführte Fretz-Moon-Anlagen.

Vereinigte Staaten von Nordamerika					
	Werk	Standort	Baujahr	Rohr-Dmr. mm	Geschätzte Leistung in t
1.	Fretz-Moon Tube Company	Butler, Pennsylvania	1922	3,2 bis 25,4	42 670
2.	Fretz-Moon Tube Company	Butler, Pennsylvania	1924	9,5 bis 63,5	76 200
3.	Spang-Chalfant Company	Etna, Pennsylvania	1938	9,5 bis 76,2	86 350
4.	Republic Steel Corporation	Youngstown, Ohio	1939	12,7 bis 76,2	86 350
5.	Youngstown Sheet and Tube Company	Youngstown, Ohio	1939	12,7 bis 76,2	86 350
6.	Bethlehem Steel Company	Sparrows Point, Maryland	1939	12,7 bis 76,2	86 350
7.	Youngstown Sheet and Tube Company	Indiana Harbor, Indiana	1939	12,7 bis 76,2	86 350
8.	Wheeling Steel Corporation	Benwood, West Virginia	1939	12,7 bis 76,2	86 350
9.	Bethlehem Steel Company	Sparrows Point, Maryland	1939	25,4 bis 102	152 410
10.	Spang-Chalfant Company	Etna, Pennsylvania	1939	25,4 bis 102	152 410
11.	Republic Steel Corporation	Youngstown, Ohio	1939	25,4 bis 102	152 410
Gesamtleistung der amerikanischen Anlagen					1 094 200
Andere Länder					
1.	Stewarts and Lloyds	Corby, England	1933	3,2 bis 25,4	42 670
2.	Stewarts and Lloyds	Corby, England	1933	19,0 bis 51,0	86 350
3.	Stewarts and Lloyds	Corby, England	1933	19,0 bis 51,0	86 350
4.	Stewarts and Lloyds	Corby, England	1933	3,2 bis 76,2	42 670
5.	Vereinigte Stahlwerke	Mülheim, Deutschland	1932	3,2 bis 25,4	86 350
6.	Vereinigte Stahlwerke	Mülheim, Deutschland	1933	9,5 bis 76,2	86 350
7.	Vereinigte Stahlwerke	Mülheim, Deutschland	1933	9,5 bis 76,2	42 670
8.	Page-Hersey Tubes	Welland, Ontario, Canada	1939	3,2 bis 76,2	86 350
Gesamtleistung der Anlagen in anderen Ländern					559 760
Gesamtleistung aller Anlagen					1 653 960
Die Walzgeschwindigkeit hängt vom Durchmesser der Röhre ab, die größte Geschwindigkeit bei 9,5 mm bis 76,2 mm Dmr. beträgt 2,03 m/s und bei 25,4 bis 102 mm Dmr. 1,52 m/s.					

Aus der Erörterung des Vortrages sei noch folgendes erwähnt: Eine der neuesten Anlagen mit einem Ofen von 47,55 m Länge und 334 Brennern stellt Rohre mit einem größten Durchmesser von 127 mm her; sie hat fast 203 t Rohre von 76 mm Dmr. in 8 h erzeugt und wird wahrscheinlich etwa 229 bis 254 t Rohre von 102 und 127 mm Dmr. in 8 h herstellen.

Die erste Vorbedingung für den einwandfreien Betrieb und eine hohe Leistung eines solchen Walzwerkes sind gleichmäßig gehaspelte Bunde eines genau geraden Streifens mit guten Kanten sowie mit ganz rechtwinklig abgeschnittenen Enden; die Streifenlängen sollen möglichst groß sein, um die Zeit zum Aneinanderschweißen der Enden zu vermindern. Auch die Anwendung eines maschinenmäßig betätigten Abwickelhaspels statt einer Ablaufkrone erleichtert die Behandlung der breiteren Streifen für Rohre von 38 und 51 mm Dmr. sehr. Der Boden, auf dem die Schleifen laufen, soll aus glattm Beton oder Platten bestehen, auch ist es vorteilhaft, lose Rollen, deren Oberfläche bündig mit dem Flur liegen, zum Tragen des ersten Teils des Streifens statt der magnetischen Rollen anzuwenden, um die Reibung des Streifens am Boden zu vermindern.

Die Ofen mit sechs Karborundum-Rekuperatoren sollen besser sein als die Ofen mit drei Metallrekuperatoren, weil sie die Wärme von den Brennern auf den Streifen schneller übertragen und den Gasen einen rascheren Durchgang durch den Ofen gestatten, wodurch eine schnelle Zerstörung des Mauerwerkes vermieden werden soll. Für die Haltbarkeit des Ofenmauerwerkes ist es wichtig, nur beste feuerfeste Steine anzuwenden.

Das Entfernen des vom Streifen herabfallenden Zunders aus dem Ofen bietet auch heute noch Schwierigkeiten, doch hat man mit Erfolg wassergekühlte Platten versucht, auf die der Zunder fällt, um ihn in stückigem Zustand zu erhalten und ihn leicht durch Krücken wegschaffen zu können.

Bei dem neuen Fretz-Moon-Walzwerk der Youngstown Sheet and Tube Co. in Indiana Harbor⁴⁾ ist bei Rohren von 51 mm Dmr. eine Leistung von über 500 t in 24 h erreicht worden.

Am günstigsten wird das Steuerpult zum Regeln der Walzgeschwindigkeit usw. gegenüber dem Vorrund- und Schweißwalzwerk aufgestellt, damit der Steuermann den aus dem Ofen kommenden Streifen und seine Temperatur durch die Bildung der Schweißtropfen beobachten kann.

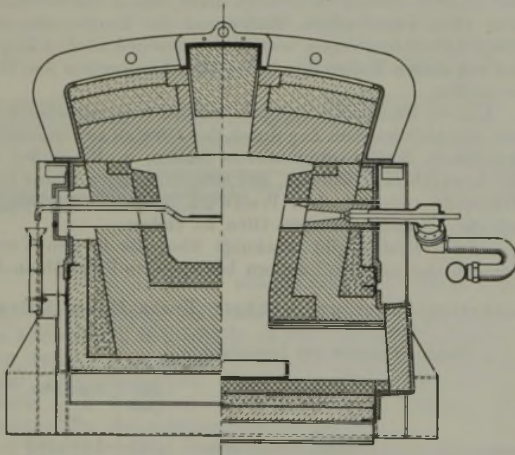


Bild 3. Querschnitt durch einen neuzeitlichen Wärmofen.

Bild 3 zeigt den Querschnitt durch einen neuzeitlichen Ofen³⁾, links ist eins der wassergekühlten Gleitrohre für den Streifen, rechts ein Brenner, die Ausziehhöpfung für den Zunder und die Schlacke dargestellt. Der Ofen ist 44,50 m lang, hat eine lichte Weite von 406 mm am Herdboden und 686 mm am oberen erweiterten Teil. Die Vorwärmkammer ist 9,14 m lang und wird mit den Abgasen der Brenner geheizt. Die Heizkammer ist 35,36 m lang und wird von 274 Mischbrennern beheizt. Das Naturgas hat 9799 kcal/m³, jeder Brenner eine Nennleistung von 4,95 m³ Gas/h. Die Luft wird in Chromstahl-Rekuperatoren auf 480° vorgewärmt. Der Gasdruck beträgt 204, der Winddruck 176 mm WS. Der Ofen hat alle Meß- und Regelgeräte für Temperaturen, für den Gas- und Winddruck, den Druck der Abgase und ihren Zug im Schornstein, für das Gas-Luft-Gemisch in den Brennern usw. Die Streifenkanten werden auf 1565° erhitzt. Der Ofen ist für Streifen zu Röhren von 12,7 bis 76,2 mm Dmr. eingerichtet und leistet

⁴⁾ Ess, T. J., und J. D. Kelly; Iron Steel Engr. 17 (1940) Nr. 9, S. 1—Y/19; vgl. Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 372/76.

etwa 20 t/h bei den größten Rohrabmessungen. Die Durchlaufgeschwindigkeit schwankt zwischen 0,38 bis 1,53 m/s, so daß die Wärmzeit auf die ganze Länge des Ofens bezogen 2 bis 1/2 min beträgt. Der Ofen steht beim Spang-Chalfant-Werk in Etna, Pennsylvania. Der gesamte Abbrand im Ofen und im Walzwerk zusammen ist 3%.

Der Bericht von J. H. Loux und E. T. Trebilcock könnte zu der Annahme führen, daß die beschriebenen Verbesserungen und Erweiterungen alle auf amerikanischen Einfluß und auf die Erfahrungen, die mit den ersten beiden Anlagen von 1922 und 1924 gemacht wurden, zurückzuführen sind. Der Gedanke, aus endlosen Streifen stumpfgeschweißte Rohre zu walzen, wurde nach langen Versuchen von der Fretz-Moon Tube Co. in Butler, Pennsylvania, erstmalig praktisch durchgeführt. Obwohl das Fretz-Moon-Verfahren besonders für amerikanische Verhältnisse geeignet ist, weil es große Mengen mit wenig Arbeitskräften erzeugt, so fand es zunächst in den Vereinigten Staaten keine weitere Verbreitung. Im Jahre 1930 erwarben die zur Gruppe der Vereinigten Stahlwerke gehörigen Stahl- und Walzwerke Thyssen in Mülheim-Ruhr (jetzt Deutsche Röhrenwerke A.-G., Werk Thyssen) das Nutzungsrecht des genannten Verfahrens für das europäische Festland. Die im Jahre 1931 in Mülheim erbaute Anlage lehnte sich aber nicht an die in Butler bestehenden Anlagen an, sondern es wurde nach eigenen Plänen⁵⁾ des Werkes in Mülheim etwas ganz Neues geschaffen. Lediglich das eigentliche Walzverfahren wurde von Amerika übernommen, während der ganze Ausbau der Anlage im Rahmen einer voll selbsttätigen Fließherzeugung vom gewalzten Röhrenstreifen bis zum versandfertig gebündeltem Rohr durchgeführt wurde. So wurde u. a. der Ofen erstmalig mit Rekuperatoren versehen, die Einzelantriebe der senkrechten und waagerechten Walzenpaare wurden zu einem Antrieb über ein Doppelvorgelege zusammengefaßt, die Arbeitsweise der Teilsäge zwangsläufig mit der Walzgeschwindigkeit verbunden und am Einsatzende des Ofens noch ein mit dem Walzwerksantrieb elektrisch gekoppeltes Treibrollenpaar angeordnet, um den veränderlichen Reibungswiderstand aufzuheben, der durch die sich ständig ändernde Schleifenlänge der Streifen vor dem Ofeneintritt hervorgerufen wird. Dadurch wird ein genaueres Schneiden der Teilsäge erreicht. Die Angaben der Verfasser über ein mögliches Abmaß von $\pm 3,2$ mm sind besonders anregend, dürften aber mit Rücksicht auf den hier vorliegenden Sägantrieb und die sonstigen Betriebsbedingungen doch einigem Zweifel begegnen. Drei entsprechend angeordnete Kühlbetten, über welche — völlig selbsttätig — die Rohre bis zur vollständigen Erhaltung wandern, verbinden die Zurichterei unmittelbar mit dem Walzwerk, so daß das gesamte Walzgut nicht eher zur Ruhe kommt, bis die Rohre versandfertig im Lager aufgestapelt sind. Nachdem die erste Anlage nach diesen neuen Plänen sofort einwandfrei arbeitete, wurde im Jahre 1933 eine zweite und 1935 eine dritte Anlage in derselben Ausführung hinzugefügt⁶⁾.

Anschließend wurden auch die von der englischen Firma Stewarts & Lloyds in Corby (England) und Broken Hill (Australien) im Jahre 1933/34 erbauten Anlagen nach den Entwürfen, Plänen und Patenten⁴⁾ des Mülheimer Werkes errichtet. Allerdings weichen die englischen Anlagen insofern von den Mülheimer Anordnungen ab, als auf ausdrücklichen Wunsch der englischen Firma die Zurichtereien sich nicht unmittelbar an die Walzwerke anschließen, sondern man nahm eine Unterbrechung vor, um auch die nahtlosen Rohre einer nebenan liegenden Stoßbankanlage durch dieselbe Zurichterei bearbeiten zu können, eine Aenderung, die sich aber nicht besonders bewährt hat.

Erst nachdem die Anlagen der deutschen Bauart so erfolgreich arbeiteten, wurde man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hellhörig und begann nun in den Jahren 1938 und 1939 mit dem Bau der in *Zahlentafel I* genannten Anlagen, und zwar unter Benutzung der Vervollkommnungen, die bei den Mülheimer Anlagen erstmalig durchgeführt worden waren.

H. Fey.

Nichtrostender Stahl für den Flugzeugbau.

Die Aufrüstung in den Vereinigten Staaten von Nordamerika stellt erhöhte Anforderungen an die Fertigung von Teilen aus Leichtmetall, die im großen Umfange im Flugzeugbau verwendet werden. Wenn auch genügend Rohaluminium verfügbar ist, so mangelt es doch an Walzwerken, um die benötigten Mengen an Blechen, Bändern oder Profilen herzustellen¹⁾. Auf

⁵⁾ Z. VDI 82 (1938) S. 1489/90 und Rdsch. dtsh. Techn. 19 (1939) Nr. 19, S. 3/4.

⁶⁾ DRP. 600 053, 601 600, 602 465, 611 648, 625 218, 637 051, 688 867, 711 877 und zwei Gebrauchsmuster.

¹⁾ Iron Age 147 (1941) Nr. 5, S. 95.

der Suche nach einem geeigneten Werkstoff, der an Stelle von Leichtmetall treten könnte, beschäftigt sich R. A. Lincoln²⁾ mit den Eigenschaften des nichtrostenden Stahles mit 18 % Cr und 8 % Ni, wobei dessen Festigkeitseigenschaften und nicht dessen chemische Eigenschaften nutzbar gemacht werden sollen.

Ausgehend von den Festigkeitseigenschaften des Duralumins im ausgehärteten Zustande mit einer Streckgrenze von über 30 kg/mm², einer Zugfestigkeit von über 44 kg/mm² und einer Bruchdehnung (L = 50 mm) von über 15 % kommt Lincoln zunächst zu dem Ergebnis, daß der Chrom-Nickel-Stahl Festigkeitseigenschaften haben muß, die im gleichen Verhältnis zu den Wichten von Chrom-Nickel-Stahl zu Duralumin stehen müssen. Die Wichte von Stahl mit 18 % Cr und 8 % Ni ist 7,95 g/cm³, die Wichte von Duralumin 2,80 g/cm³, das Verhältnis ist also 2,83. Der Chrom-Nickel-Stahl muß also eine Streckgrenze von mindestens 84 kg/mm² und eine Zugfestigkeit von mindestens 123 kg/mm² haben. Die Mindestbruchdehnung (L = 50 mm) von 15 % muß vorhanden sein, um eine genügende Verformungsfähigkeit des Stahles zu gewährleisten.

Zahlentafel 1. Festigkeitseigenschaften von nichtrostenden Chrom-Nickel-Stählen.

Stahl Nr.	C %	Cr %	Ni %	Behandlung	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Bruchdehnung (L = 50 mm) %
1	0,11	19	9	} kaltgewalzt	90	102	15
2	0,10	18	8		98	112	15
3	0,15	18	7		120	140	15
4	0,11	18,6	6,8	1060° Luft	27	87	86
				dann 12,5 %	42	107	55
				kalt- 22,5 %	83	124	37
				ge- 30 %	106	136	25
				walzt 41,5 %	130	151	16

Lincoln untersucht — wahrscheinlich auf den Arbeiten von V. N. Krivobok, R. A. Lincoln und R. Patterson jr.³⁾ fußend —, mit welcher Zusammensetzung des Stahles diese Forderungen am besten erfüllt werden. Nach Zahlentafel 1 kommt von den kaltgewalzten Stählen 1 bis 3 ein Stahl mit 0,15 % C, 18 % Cr und 7 % Ni den geforderten Eigenschaften am nächsten. Für Stahl 4 sind die Festigkeitseigenschaften nach verschiedener Querschnittsabnahme zusammengestellt. Nach etwa 25- bis 30prozentiger Abnahme werden die geforderten Werte sowohl für die Streckgrenze als auch für die Zugfestigkeit erreicht, ohne daß die geforderte Mindestbruchdehnung unterschritten wird. Dieser Stahl ist entsprechend seiner Zusammensetzung noch austenitisch, liegt aber sehr nahe am Austenit-Martensit-Gebiet des Schaubildes von E. Maurer⁴⁾. Durch die Kaltverformung kippt der Austenit in Martensit um, wodurch Streckgrenze und Zugfestigkeit steigen, ohne daß aber die Zähigkeit allzu stark beeinträchtigt wird. Der Stahl muß also so zusammengesetzt sein, daß der Austenit unbeständig bleibt. Er darf weder zu weit im Austenitgebiet liegen, wie z. B. ein Stahl mit 18 % Cr und 12 % Ni, noch darf er Ferrit enthalten, wie z. B. ein Stahl mit 21 % Cr und 7 % Ni.

Zahlentafel 2. Chemische Zusammensetzung von Chrom-Nickel-Stählen mit besten Festigkeitseigenschaften.

Stahl Nr.	% C	% Mn	% Cr	% Ni
5	0,13 bis 0,15	0,50 bis 0,70	17,0 bis 18,0	7,0 bis 7,2
6	0,10 bis 0,12	0,50 bis 0,70	17,9 bis 18,3	7,0 bis 7,2
7	0,10 bis 0,12	1,20 bis 1,40	17,0 bis 17,4	7,0 bis 7,2
8	0,09 bis 0,13	0,50 bis 0,70	18,0 bis 19,0	6,3 bis 7,0

Andererseits müssen aber die einzelnen Legierungselemente aufeinander abgestimmt sein. In Zahlentafel 2 sind unter Nr. 5 bis 7 Stähle zusammengestellt, mit denen beste Festigkeitseigenschaften nach entsprechender Kaltverformung erreicht werden. Die Analysengrenzen dieser Stähle liegen jedoch so eng, daß sie metallurgisch nur mit Schwierigkeiten einzuhalten sind. Auf Grund umfangreicher Versuche hat Lincoln festgestellt, daß diese Schwierigkeiten zu überwinden sind, wenn der Nickelgehalt unter 7 % gehalten wird. Unter Nr. 8 ist der Stahl angegeben, der nach seinen Ergebnissen und Erfahrungen allen Anforderungen am besten entspricht und bei Schwankungen innerhalb der angegebenen Grenzen stets gleichbleibende Werte erreichen läßt. Die Eigenschaften eines solchen Stahles sind bereits in Zahlentafel 1 (Stahl 4) wiedergegeben.

Die Verwendung dieser Stähle in entsprechend kaltgewalztem Zustand setzt voraus, daß für verschiedene Teile des Flugzeuges Konstruktionsänderungen vorgenommen werden,

um den damit verbundenen geringeren Wanddicken Rechnung zu tragen und weiterhin die notwendige Knicksicherheit, besonders der Teile für die Tragkonstruktion, zu gewährleisten. Nähere Angaben darüber, wie diese Teile herzurichten sind und welche Teile hauptsächlich aus diesem Stahl angefertigt werden können, ob die Herstellung aus Blechen, Bändern oder Profilen in Frage kommt, macht Lincoln nicht. Ebenso fehlen Angaben über die angewendete Schweißart, ferner Angaben darüber, wie und ob sich die Festigkeitseigenschaften durch das Schweißen verändern. Lincoln beschränkt sich auf den Hinweis, daß zur Zeit etwa 75 % des metallischen Werkstoffes im Flugzeugbau aus Aluminium und dessen Legierungen und etwa 10 % aus nichtrostendem Stahl ob gekennzeichnete Art bestehen.

Hans Hougardy und Franz Loib.

Archiv für das Eisenhüttenwesen.

Probenahme und Untersuchung von Vanadinschlacken.

Von Frohwald Petzold¹⁾ wurden an einer Reihe von Vanadinschlackenproben die verschiedenen Möglichkeiten der Probenahme kritisch überprüft. Ferner wurden von acht Laboratorien drei Schlackenproben nach dem Untersuchungsgang des Handbuchs für das Eisenhüttenlaboratorium sowie nach der von E. Piper, F. Petzold und A. Willing und E. Stengel mitgeteilten Arbeitsweise untersucht und ausgewertet.

Beitrag zur Analyse des Aufschweißbigeversuchs.

Den Einfluß der Werkstoffeigenschaften auf das Ergebnis des Aufschweißbigeversuchs untersuchte Otto Werner²⁾ an 38 Aufschweißbigeversuchen aus Walzprofilen aus St 52 vom Chrom-Kupfer-Typus. Es ergab sich, daß die Größe der beim Aufschweißbigeversuch gemessenen Biegewinkel mit einer Reihe von Werkstoffeigenschaften in mehr oder weniger guten Zusammenhang gebracht werden kann.

Wenig geeignet zur Kennzeichnung der Werkstoffeigenschaften scheint die Härteannahme der Werkstoffe beim Schweißen zu sein. Als wesentlich geeigneter erwies sich dagegen die Bestimmung des Hysteresisbereiches der A₁-Umwandlung zu einer solchen Kennzeichnung, da bei der bei diesem Versuch vorgenommenen Summierung über eine Versuchslänge von 50 mm neben der Aufhärtung auch die Neigung zu örtlicher Martensitbildung sowie die Neigung zur Ausbildung von Umwandlungsspannungen aus der Meßgröße A_{c1}-A_{r1} entnommen werden kann. Es gelang mit Hilfe der dilatometrischen Messungen ein halbquantitatives Maß für die Neigung bestimmter Stähle zur Martensitbildung unter den auch bei der praktischen Schweißung auftretenden Bedingungen zu entwickeln. Diese Neigung zur Martensitbildung zeigte sich in erster Linie bei den γ -Grobkornstählen. Es konnte durch einen Vergleich verschiedener Schweißverfahren gezeigt werden, daß bei Werkstoffen der eben gekennzeichneten Art der Einfluß des Schweißverfahrens gegenüber dem Werkstoffeinfluß weitgehend zurücktritt.

Durch Bestimmung der in der Härtungszone der verschiedenen Stähle feststellbaren Zahl der Mikrorisse in Zusammenhang mit dem Biegewinkel konnte ferner gezeigt werden, daß diese Zahl um so größer ist, je kleiner der erreichte Durchbruchbiegungswinkel ist. Augenscheinlich sind die plastischen Reserven in der wärmebeeinflussten Zone dieser Stähle sehr gering. Für die Wahrscheinlichkeit eines spröden Durchbruchs ist jedoch nicht allein das Vorhandensein einer mehr oder weniger großen Zahl von Kerben in Form von Mikrorissen erforderlich, es muß vielmehr von seiten des unveränderten Werkstoffes noch ein besonderes Maß von Kerbempfindlichkeit hinzukommen.

Die weiteren Versuche zur Bestimmung der Kerbempfindlichkeit des durch keinerlei Wärmeinwirkung veränderten Grundwerkstoffes ergaben, daß der DVM-Kerbschlagversuch mit Proben parallel zur Walzrichtung kein besonders geeignetes Maß zur Kennzeichnung der Kerbempfindlichkeit des Grundwerkstoffes darstellt. Etwas besser geeignet erwies sich die Schlitzkerbprobe in der von O. Graf vorgeschlagenen Form. Ein Nachteil der letztgenannten Probenform ist die verhältnismäßig große Streuung der Versuchswerte, die auf Ungleichmäßigkeiten im Kerbgrund der Probe zurückgeführt werden kann, und die nur bei sehr stark voneinander verschiedenen Stahlsorten (Grobkornstählen und Feinkornstählen) eine eindeutige Unterscheidung gestattet.

Überlegungen, die im Anschluß an die bekannten Erfahrungen mit Federstählen angestellt wurden, führten zu der

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 209/18 (Chem.-Aussch. 150).

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 219/34 (Werkstoff.-aussch. 561).

²⁾ Iron Age 147 (1941) Nr. 5, S. 35/40.

³⁾ Trans. Amer. Soc. Met. 25 (1937) S. 637/89.

⁴⁾ Krupp. Mh. 1 (1920) S. 129/46.

Erkenntnis, daß neben einem besonders feinkörnigen und kerbzäh Gefüge auch eine vielleicht nicht ganz so feinkörnige, dafür aber mehr zeilenförmige Ausbildung des Sekundärgefüges von günstigem Einfluß auf das Ergebnis des Aufschweißbiegeversuchs sein wird. Als ein verhältnismäßig einfach zu bestimmendes Maß für diese Gefügeanisotropie wurde die Bestimmung der Kerbschlagzähigkeit von Längs- und Querproben herangezogen. Diese unter Verwendung der DVM-Probe gemessene Verhältniszahl wurde als Sehnigkeit bezeichnet. In der Erwartung, daß neben einer verhältnismäßig hohen Sehnigkeit auch eine absolut hohe Kerbschlagzähigkeit der in der Längsrichtung entnommenen Proben wünschenswert erscheint, wurde das Produkt aus Kerbzähigkeit der Längsproben und der Sehnigkeit als ein Maß für die Neigung der verschiedenen Werkstoffe zum Trennungsbruch bzw. zum Verformungsbruch unter den Bedingungen des Aufschweißbiegeversuchs geprüft. Es ergab sich, daß die neue Kenngröße trotz Verwendung der DVM-Probenform eine bessere Kennzeichnung des voraussichtlichen Verhaltens der verschiedenen Werkstoffe ermöglicht als die DVM-Probe allein oder die Schlitzkerbprobe.

Es konnte ferner gezeigt werden, daß ein Gleichlauf besteht zwischen der neuen Kenngröße und der Einschnürung des gekerbten Zugstabes in der von W. Kuntze¹⁾ vorgeschlagenen Probenform.

Zur Kennzeichnung des voraussichtlichen Verhaltens verschiedener Baustähle St 52 beim Aufschweißbiegeversuch und zum Ersatz des Aufschweißbiegeversuchs in solchen Fällen, bei denen nicht genügend Werkstoff zur Ausführung des Aufschweißbiegeversuchs vorhanden ist (z. B. bei Schadensfällen), könnten also zwei Kenngrößen Verwendung finden: die Umwandlungshysteresis und die unter Verwendung der Gefügeanisotropie mit Hilfe der DVM-Probe abgeleitete Kenngröße $S \times a_k$.

Ferner wurde die Temperatur-Kerbschlagzähigkeitskurve für eine größere Zahl der untersuchten Stähle ermittelt und gezeigt, daß ein ungünstiges Verhalten beim Aufschweißbiegeversuch nicht notwendigerweise mit einer Hochlage des Steilabfalls der Kerbschlagzähigkeit parallel laufen muß. Zum Schluß wird gezeigt, daß zwischen der McQuaid-Ehn-Korngröße und der Größe der Umwandlungshysteresis ein weitgehender Gleichlauf besteht.

Die Versuche führen neben der Aufstellung zweier neuer Meßgrößen zur Kennzeichnung des voraussichtlichen Verhaltens verschiedener Stähle St 52 beim Aufschweißbiegeversuch ferner zu der Erkenntnis, daß alle bei der Schweißung von γ -Grobkornstählen zu beobachtenden Schwierigkeiten — starke Härteannahme beim Schweißen, Martensitbildung in der wärmebeeinflussten Zone, Neigung zu Umwandlungsspannungen, ungenügende Dehnfähigkeit der wärmebeeinflussten Zone, die zu Ribbildungen führen kann, Schwierigkeiten bei der Normalglühung umfangreicher Bleche und Profile und Kerbempfindlichkeit des unveränderten Werkstoffes — durch die allgemeine Einführung von γ -Feinkornstählen weitgehend vermindert bzw. vermieden werden können.

Beitrag zur Frage der Sicherheit von Kesselrohren gegenüber Innendruck bei hohen Temperaturen.

Carl A. Duckwitz und Herbert Buchholtz²⁾ führten Dauerstandversuche nach DIN-Vornorm DVM-Prüfverfahren A 117/118 und Innendruckversuche zur Ermittlung der Bruchzeit zwischen 450 und 600° an Rohren aus weichem unlegiertem Stahl durch. Die Rohre waren nach dem Kaltziehen zum Teil nur angelassen, zum Teil normalgeglüht. Im Dauerstandversuch nach DVM erwiesen sich die nur angelassenen Rohre infolge größeren Gefüges den normalgeglühten überlegen. Die Dauerstandfestigkeit nach DVM lag bis 600° über der 10 000-h-Bruchspannung des Innendruckversuches, die Bruchsicherheit war also befriedigend.

Durch Anlassen bei 550° unter Spannung wird durch Grobkornbildung die Dauerstandfestigkeit erheblich gesteigert, ohne

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 2 (1928/29) S. 109/17 (Werkstoffaussch. 129).

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 235/42 (Werkstoffaussch. 562).

daß jedoch die Bruchspannung erhöht wird; die Bruchsicherheit nimmt also trotz der zunächst einsetzenden Selbsthilfe bei Langzeitbeanspruchung ab. Eine ähnliche Züchtung höherer Dauerstandfestigkeitswerte wurde auch an Rohrstreifen beobachtet, die aus Rohren der Langzeit-Innendruckversuche entnommen waren. Die gemeinsame Wirkung von mechanischer Beanspruchung, erhöhter Temperatur und Zeit führt oberhalb des durch die Rekristallisationstemperatur begrenzten Verfestigungsbereiches zunächst zur Koagulation des Zementits, mit zunehmender Verformung dann zur Grobkornbildung. Damit ist zwar eine Entfestigung, jedoch eine Steigerung der DVM-Dauerstandfestigkeit verbunden. Mit wachsender Belastungsdauer beginnt oberhalb der Rekristallisationstemperatur die Korngrenze zu versagen, interkristalline Lockerstellen treten zahlreich auf, und der Bruchverlauf wird mehr und mehr interkristallin. Grobkörniges Gefüge scheint in stärkerem Maße zum interkristallinen Warmbruch zu neigen.

Das elektrolytische Polieren von Metallen.

Das elektrolytische Polieren, bei dem Metallproben in meist schlecht leitenden Elektrolyten unter Einhaltung bestimmter Stromdichten anodisch gelöst werden, macht nach den Feststellungen von Paul Schafmeister und Karl Erich Volk¹⁾ das mechanische Polieren keineswegs entbehrlich, bringt aber, seiner Eigenart entsprechend angewendet, auf manchen Gebieten wohl eine beachtliche Verbesserung. Das Hauptanwendungsgebiet wird die Herstellung glänzender Oberflächen sein. Auf dem Gebiet der metallographischen Schliffvorbereitung wird es auf Sonderfälle beschränkt bleiben, z. B. auf Vermeidung von Kaltverformung oder Herstellung von Schliffreifen von gleicher Zusammensetzung und Probengröße. In diesen beiden Fällen hat sich das Verfahren bereits vollauf bewährt. Vielleicht werden sich im Laufe der Zeit noch weitere Anwendungsgebiete für das elektrolytische Polieren erschließen lassen.

Glührisiken von Gußeisen in Kohlenoxyd-Kohlensäure-Gemischen.

Proben aus weißem und grauem Gußeisen wurden von Walter Baukloh und Ulrich Engelbert²⁾ bei 800 bis 1000° in Kohlenoxyd-Kohlensäure-Gemischen geglüht. Die Entkohlungsgeschwindigkeit nimmt durchweg mit steigender Temperatur und steigenden Kohlensäuregehalten des Gasgemisches zu. Auf Grund der besseren Vergasungsmöglichkeit von gebundenem Kohlenstoff wird weißes Gußeisen schneller entkohlt als graues. Deutlich erkennbare Randentkohlungszonen konnten nur an grauem Gußeisen ermittelt werden. Zwischen der Entkohlung des Gußeisens und der Wanddicke des Probekörpers besteht im Bereich von 5 bis 15 mm praktisch eine lineare Beziehung.

Beitrag zur Sortenkostenrechnung in Siemens-Martin-Stahlwerken. II. Teil: Verwertung der betrieblichen Unterlagen in der Betriebsbuchhaltung.

Die Sortenkostenrechnung erfordert zur gerechten Beurteilung der Betriebsverhältnisse genaue Unterlagen. Die Verwertung dieser Betriebsunterlagen in der Betriebsbuchhaltung durch geeignete Unterteilung der Kosten und die Möglichkeit der Betriebsüberwachung werden von Ludwig Kopaja³⁾ geschildert und durch Zahlentafeln und Beispiele erläutert.

Zu unterscheiden sind Kosten, die unmittelbar durch Wiegen auf die einzelnen Sorten zumeßbar sind, und solche, die insgesamt anfallen und nach einem durch die Betriebswirtschaftsstelle aufgestellten Verteilungsschlüssel auf die einzelnen Sorten umgelegt werden. Als Schlüssel dienen im Betrieb durch Zeitstudien und Wägungen festgelegte Normal-Soll-Werte. An einzelnen Beispielen wird die Ermittlung der Schlüssel gezeigt und damit auch, daß eine genaue Sortenkostenermittlung möglich ist, die darüber hinaus auch noch eingehende Vergleichsmöglichkeiten zur Betriebsbeurteilung und Ueberwachung bietet.

¹⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 243/46 (Werkstoffaussch. 563).

²⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 217/48.

³⁾ Arch. Eisenhüttenw. 15 (1941/42) S. 249/56 (Betriebsw.-Aussch. 187).

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen.

(Patentblatt Nr. 46 vom 13. November 1941.)

Kl. 7 a, Gr. 16/01, M 142 759. Gleichzeitiges Auswalzen von zwei oder mehr nahtlosen Rohren. Erf.: Dipl.-Ing. Ulrich Petersen, Buß (Saar). Anm.: Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf.

Kl. 10 b, Gr. 8, B 188 018. Verfahren zur Erhöhung des Aschenschmelzpunktes von Kohle bzw. Koks. Erf.: Dr. Georg Walter Kühl, Helmstedt. Anm.: Braunschweigische Kohlenbergwerke, Helmstedt.

Kl. 18 a, Gr. 4/01, K 151 157. Hochofen zur Verhüttung von zinkhaltigen Eisenerzen. Erf.: Dr.-Ing. E. h. Heinrich Koppers †, Essen. Anm.: Heinrich Koppers, G. m. b. H., Essen.

Kl. 18 c, Gr. 2/26, A 89 548. Verfahren zur Wärmebehandlung von aus einem härtbaren Stahl bestehenden Kappen für Panzergranaten oder Panzergeschosse. Aktiengesellschaft vormals Skodawerke in Pilsen, Prag (Protektorat Böhmen und Mähren).

Kl. 18 c, Gr. 9/01, K 156 670. Heizkörper für Glühöfen. Rudolf Klefisch, Efferen b. Köln.

Kl. 18 c, Gr. 12/10, A 92 300. Wärmebehandlung zur Erhöhung der Verformbarkeit von weißem Gußeisen. Erf.: Dipl.-Ing. Erich Folkhard, Leoben. Anm.: Reichswerke A.-G., Alpine Montanbetriebe „Hermann Göring“, Wien.

Kl. 18 d, Gr. 2/50, A 89 052. Verwendung einer Eisen-Chrom-Aluminium-Kobalt-Legierung als Werkstoff für elektrische Heizelemente. Erf.: Hans G. A. v. Kantzow und Gunner Nordström, Hallstahammar (Schweden). Anm.: Aktiebolaget Kanthal, Hallstahammar (Schweden).

Kl. 24 c, Gr. 5/01, K 145 335. Turmartiger regenerativer Gas- oder Lufterhitzer. Erf.: Willy Linder, Essen. Anm.: Heinrich Koppers, G. m. b. H., Essen.

Kl. 24 c, Gr. 7/03, R 100 778. Verfahren und Vorrichtung zur Umsteuerung für den Heizgas-, Luft- und Abgasstrom bei im Wechselstrom betriebenen Industriefenanlagen. Otto Reiner, Rheinhausen (Ndrh.)-Hochemmerich.

Kl. 31 c, Gr. 25/01, B 170 079; Zus. z. Pat. 712 326. Verfahren zur Verbesserung der durch nachfolgendes Magnetisieren erreichbaren Dauermagneteigenschaften von Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen. Robert Bosch, G. m. b. H., Stuttgart.

Kl. 40 b, Gr. 14, H 160 524. Verwendung eines Werkstoffes mit bestimmten physikalischen Eigenschaften als Bandagenwerkstoff. Heraeus-Vacuumschmelze, A.-G., Hanau a. M.

Kl. 42 k, Gr. 20/02, A 92 569. Vorrichtung zum Prüfen von Werkstücken, Bauteilen usw. auf ihre Zeitfestigkeit. Erf.: Rudolf Tschermak, Ammendorf b. Halle. Anm.: Arado-Flugzeugwerke, G. m. b. H., Potsdam.

Kl. 42 k, Gr. 20/02, M 147 804. Dauerprüfmaschine. Erf.: Albert Eier, Duisburg-Wanheimerort. Anm.: Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf.

Kl. 49 c, Gr. 13/02, D 76 337. Rotierende Schere zum Schöpfen und Unterteilen mehrerer parallel liegender Walzadern. Erf.: Heinrich Schmitz, Duisburg. Anm.: Demag, A.-G., Duisburg.

Kl. 49 c, Gr. 13/03, S 140 884. Anlage zum allseitigen Besäumen von warmen und kalten, schweren Blechen auf nur einer Blechschere. Erf.: Wilhelm Schönnenbeck und Heinrich Flender, Dahlbruch i. W. Anm.: Siemens, Siegener Maschinenbau-A.-G., Dahlbruch i. W.

Kl. 49 h, Gr. 14, S 133 070. Verfahren zur Herstellung kompakter Metallkörper aus Metallpulvern durch Pressen. Erf.: Dr. Franz Skaupy, Berlin-Lichterfelde. Anm.: Fried. Krupp A.-G., Essen.

Kl. 49 h, Gr. 24, Sch 120 115. Vorrichtung zum Richten von Rundkörpern. Erf.: Eugen Kreutz, Düsseldorf. Anm.: Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 49 h, Gr. 22, M 144 847. Kaltrichtmaschine mit hyperbolischen Schrägwalzen. Erf.: Johann Frehn, M.-Gladbach, Anm.: Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf.

Deutsche Gebrauchsmuster-Eintragungen.

(Patentblatt Nr. 46 vom 13. November 1941.)

Kl. 7 b, Nr. 1 510 437. Vorrichtung zum Profilieren von Rohren. Deutsche Schiff- und Maschinenbau-A.-G., Bremen 13.

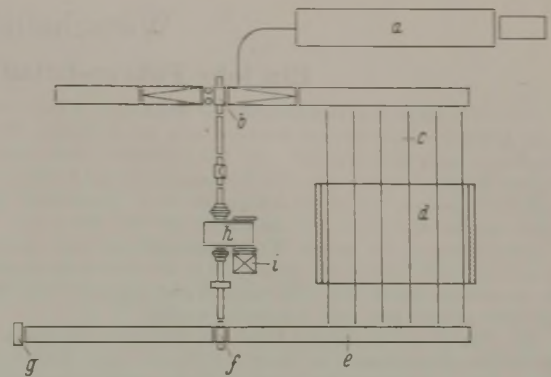
Kl. 20 c, Nr. 1 510 648. Verladevorrichtung zum Verladen von Schrott und Blechabfällen. Willy Seydlitz, Berlin-Britz.

Kl. 47 b, Nr. 1 510 566. Verbundguß-Walzwerkslager. Siegerländer Kupferwerke, G. m. b. H., Weidenau (Sieg).

Deutsche Reichspatente.

Kl. 7 a, Gr. 12, Nr. 707 792, vom 10. Mai 1935; ausgegeben am 3. Juli 1941. Schloemann, A.-G., in Düsseldorf. *Walzenstraße zum Auswalzen von breiten Streifen zu haspelfähiger Länge.*

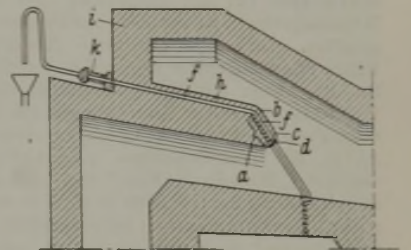
Die Brammen gelangen vom Stoßofen a zum Wipptisch des Vorgerüstes b mit Senkrechtwalzen und nach einer größeren Anzahl von Stichen über die Querfördereinrichtung c in den Durchlaufofen d, aus dem sie über die Förderbahn e zum Fertigerüst f gehen. Dieses streckt sie in mehreren Stichen auf die



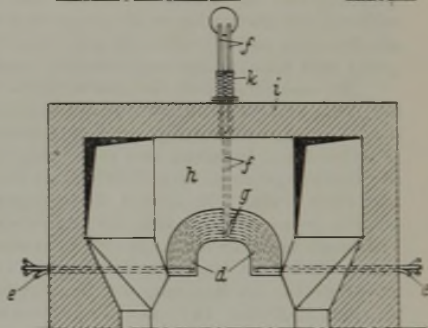
endgültige Länge aus, und der fertige Streifen wird auf dem Haspel g aufgewickelt. Beide Gerüste sind in einem Strang angeordnet und haben einen gemeinsamen Antrieb h, i.

Kl. 18 b, Gr. 14₀₅, Nr. 707 815, vom 26. August 1939; ausgegeben am 4. Juli 1941. H. A. Brassert & Co. in Berlin-Charlottenburg.

(Erfinder: Arthur Sprenger in Berlin.) *Kühlvorrichtung für den Ofenkopf von besonders Siemens-Martin-Öfen.*

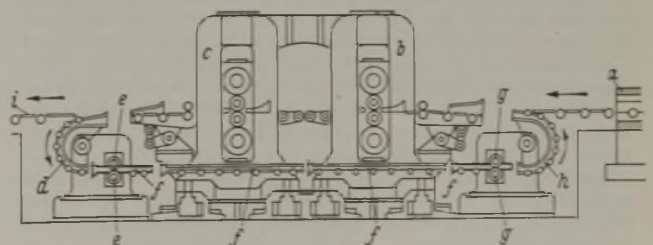


Die geneigt angeordnete Kühlrohrreihe a liegt an der Gaszugstirnfläche b an und wird durch eine Einkleidung c bedeckt. Während alle übrigen Kühlrohre in einer Ebene liegen, springt das Kühlrohr d aus der Ebene vor, wobei es auf dem untersten der übrigen Kühlrohre aufliegt. Es besteht aus zwei Teilen, die ihren Wasserzufluß von dem seitlich des Ofens gelegenen Rohrende e her erhalten. Die Äste f der bei g aufwärts gebogenen Rohre laufen, auf den anderen Kühlrohren aufliegend und in der Luftzugsohle h eingebettet, zum Ofenende, wo sie außerhalb der Wand i mit Hilfe von Federn k nach dem Ofenende gezogen werden, wodurch die Kühlrohrreihe a ständig gegen die Gaszugstirnfläche gedrückt wird.



Kl. 7 a, Gr. 5c₀₁, Nr. 707 845, vom 2. Oktober 1937; ausgegeben am 5. Juli 1941. Schloemann, A.-G., in Düsseldorf. (Erfinder: Karl Neuhaus in Düsseldorf.) *Kontinuierliche Walzenstraße zur Herstellung von Blechbändern großer Breite.*

Das aus dem Ofen a kommende Walzgut geht zuerst durch



die Arbeitswalzen des Gerüsts b, dann durch die des Gerüsts c, hierauf durch Umführung d, Treibrollen e, Führungsrinne f, Treibrollen g und durch Umführung h zu den Arbeitswalzen der Gerüste b und c, nachdem diese Walzen zwischen den einzelnen Durchlaufgängen entsprechend der Dickenabnahme nachgestellt wurden. Die Walzenpaare werden in der Walzrichtung mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit angetrieben. Das fertige Band wird auf dem Rollgang i abgeleitet.

Wirtschaftliche Rundschau.

Ein Jahr Führer-Erlaß zum sozialen Wohnungsbau.

Die Grundlage des Wohnungsbaues nach dem Kriege sind die im Erlaß des Führers „zur Vorbereitung des deutschen Wohnungsbaues nach dem Kriege“ vom 15. November 1940 niedergelegten Bestimmungen. Seit der Herausgabe dieses Erlasses ist ein Jahr vergangen. In dieser Zeitspanne ist im Bereich der Behörden, die für den Staat und die Partei die Verantwortung für die Durchführung der neuen Wohnungsbaugrundsätze tragen, und ebenso in der Wirtschaft, besonders in der Industrie, die sich von vornherein durch den Führererlaß mit angesprochen und aufgerufen gefühlt hat, rege gearbeitet worden.

Der Führer hat in seinem Erlaß die Erfüllung der von ihm aufgestellten Forderungen zu einer „Aufgabe des Reiches“ erklärt. Schon bisher hat das Reich im Wohnungsbau mancherlei Hilfsstellungen leisten müssen und mehr und mehr auch durch Lenkungsmaßnahmen aller Art das Baugeschehen wesentlich beeinflußt. Oberste Wohnungsbaubehörde war bis zum Herauskommen des Führererlasses das Reichsarbeitsministerium; neben ihm hatte sich im Zuge der sich von Jahr zu Jahr verschärfenden Baustoffkontingentierung der Generalbevollmächtigte für die Regelung der Bauwirtschaft als den Wohnungsbau wesentlich mitbestimmende Stelle herausgebildet. Die organisatorische Neuordnung, die durch den Führererlaß eingeleitet worden ist, betrifft vor allem den Bereich, für den bisher das Reichsarbeitsministerium und die mit der Durchführung seiner Anordnungen im Lande beauftragten behördlichen Stellen zuständig waren. Statt ihrer sind jetzt an der Spitze der neugeschaffene „Reichskommissar für den sozialen Wohnungsbau“ und in den Gauen für die gebietliche Lenkung die Gauleiter in ihrer neuen Eigenschaft als Gauwohnungskommissare herausgestellt. Im Zuge dieser Entwicklung und im Wesen der neuen, aufs engste mit der Partei verbundenen Stellen lag es allerdings, daß die nunmehr zuständigen Personen und Behörden mit größeren und umfassenderen Aufgaben und Einwirkungsmöglichkeiten ausgestattet worden sind.

Mit und neben dem Reichskommissar wird auch in Zukunft der Generalbevollmächtigte für die Regelung der Bauwirtschaft im Wohnungsbau wichtige und entscheidende Zuständigkeiten in seiner Hand behalten, und zwar einfach schon deswegen, weil der Wohnungsbau nur ein Teilstück im Gesamtbereich der Bauwirtschaft ist und in seinem Bewegungsspielraum aufs engste mit der gesamten Aufgaben- und Arbeitsgestaltung in der Bauwirtschaft verbunden ist. Dieser Zusammenhang wird auch im Führererlaß ganz eindeutig herausgestellt: „Der Generalbevollmächtigte für die Regelung der Bauwirtschaft ist dafür verantwortlich, daß der für das Jahr vorzusehende Umfang von Wohnungsbauten mit den allgemeinen Bauaufgaben im Reichsgebiet, die auf die jeweilige Leistungsfähigkeit der Bauwirtschaft abzustellen sind, in Einklang steht.“ An anderer Stelle des Erlasses wird festgestellt, daß die bauwirtschaftlichen Voraussetzungen für die Durchführung des Wohnungsbauprogramms von dem Generalbevollmächtigten geregelt werden. Alle noch so schönen Pläne würden also undurchführbar bleiben, wenn der Generalbevollmächtigte nicht die notwendigen Ausführungsmöglichkeiten bereitstellte. Am Rande sei hier nur erwähnt, daß ständig auch noch Abstimmungen mit anderen behördlichen Stellen notwendig sein werden, so wegen des Arbeitseinsatzes mit dem Reichsarbeitsminister und wegen der Finanzierung mit dem Reichsfinanzminister. Der Reichspreiskommissar kann und wird wesentliche Hilfsstellung auf dem Gebiete der Kostengestaltung leisten und hat einen wichtigen Schritt in dieser Beziehung z. B. schon durch seinen Runderlaß vom 10. Juni 1941 über „Preisbildung und Preisüberwachung bei Bauland, Festsetzung von Richtpreisen“ getan.

Für die Bauherren und die bauausführenden Unternehmungen im Wohnungsbau braucht und soll natürlich die in der Spitze bestehende Mehrgleisigkeit der Zuständigkeiten bei der Aufstellung und Vorbereitung der Programme nicht im einzelnen in Erscheinung zu treten. Sie haben vielmehr die durch den Führererlaß herbeigeführte behördliche Neuregelung vor allem in der Hoffnung begrüßt, daß sie in Zukunft nur noch mit möglichst wenigen Stellen bei der Herbeiführung der notwendigen behördlichen Entscheidungen zu tun haben werden, daß also der vor dem Kriege von Jahr zu Jahr größer gewordene Wirrwarr in den Zuständigkeiten und Verfahrenswegen verschwinden wird. Ihr Verlangen richtet sich vor allem auch auf weitgehende Verlagerung der Entscheidungen auf Stellen in den Gauen, die mit möglichst großen Vollmachten ausgestattet sind. Der wichtigste der in dieser Beziehung bisher unternommenen Schritte ist neben der im Führererlaß selbst vollzogenen Schaffung der Gauwohnungskommissare die Ver-

ordnung über die „Einrichtung und den Aufgabenbereich von Wohnungs- und Siedlungsämtern“ vom 30. August 1941.

Diese Verordnung klärt die wichtige Frage, welche Stellen den Gauleitern als Gauwohnungskommissaren zur Erfüllung der ihnen übertragenen Aufgabe der gebietlichen Lenkung des Wohnungsbaues und seiner Steuerung im Rahmen des gesamten Bauwesens in den Gauen zur Verfügung stehen. Schon mit Runderlaß vom 16. Januar 1941 hatte der Reichsinnenminister in Ausübung der ihm hierfür im Führererlaß gegebenen Vollmacht für die einzelnen Gauen „Lenkungs- und Steuerungsbehörden“ — als solche wurden am Sitze der Gauleiter befindliche Mittelbehörden der allgemeinen Verwaltung, in Preußen Oberpräsidien oder Regierungen, ausgewählt — und für die Durchführung der Aufgaben im einzelnen „Durchführungsbehörden“ (meist die schon bisher im Wohnungs- und Siedlungswesen tätigen Bewilligungs-, Durchführungs- und Anerkennungsbehörden) bestimmt. Es handelt sich dabei in allen Fällen um staatliche Behörden. Die gemeinsame Verordnung des Reichsinnenministers und des Reichskommissars für den sozialen Wohnungsbau vom 30. August 1941 füllt nunmehr den durch den Runderlaß vom 16. Januar geschaffenen Rahmen aus, indem sie bei den Lenkungs- und Steuerungsbehörden ein Wohnungs- und Siedlungsamt errichtet. Dieses Amt untersteht dem Gauwohnungskommissar, dem Leiter der Lenkungs- und Steuerungsbehörde und dessen allgemeinem Vertreter. Es ist Bestandteil der Behörde, bei dem es errichtet ist, hat aber andererseits eine verhältnismäßig weitgehende Selbständigkeit im Gesamtkörper dieser Behörde, was darin begründet liegt, daß das Wohnungs- und Siedlungsamt nach den Weisungen des Gauwohnungskommissars arbeiten soll. So sichert dieser verwaltungsrechtlich neuartige Aufbau dem Gauleiter als Gauwohnungskommissar die Durchführung seiner Absichten und Anordnungen durch eine staatliche Verwaltungsstelle und unterstreicht andererseits die Tatsache, daß es nicht das Ziel des Führererlasses war, das Wohnungs- und Siedlungswesen aus der ständigen staatlichen Betreuung herauszunehmen. Eine weitere Brücke zur Partei wird durch die Verordnung gleichzeitig dadurch geschlagen, daß dem Gauwohnungskommissar als Inspekteur der Gaubmann der Deutschen Arbeitsfront beigegeben wird. Der Inspekteur hat einen weitgehenden Auskunftsanspruch an die verschiedenen mit dem Wohnungsbau befaßten Stellen in Staat und Wirtschaft, kann ihnen Anregungen geben und den Gauwohnungskommissar über seine Beobachtungen laufend unterrichten. Wesentlich ist, daß diese Rechte an die Person des Gaubmannes gebunden sind und nicht an nachgeordnete Dienststellen oder Beauftragte weitergegeben werden können.

Die Wohnungs- und Siedlungsämter haben einen außerordentlich umfassenden Aufgabenbereich. Dieser wird in der Verordnung in 14 Punkten aufgezählt, unter denen sich u. a. befinden: Die Aufstellung des jährlichen Wohnungsbauprogramms, die Lenkung der Raumplanung und Standortwahl, die Lenkung des Einsatzes des privaten Kapitals und dabei auch der von der deutschen Wirtschaft zur Verfügung gestellten Mittel, Entscheidung über die Verwendung der öffentlichen Mittel, Gewährleistung einer angemessenen Preisgestaltung für Bauland, Förderung der technischen Maßnahmen zur Baukostenverbilligung, Sorge um die Bereitstellung von Baustoffen und Baugeräten, Überwachung der Mietentwicklung usw. Besonders weitgehende Eigenentscheidungen stehen ihnen auf baupolizeilichem, planerischem und städtebaulichem Gebiete zu. Es ist aber offenbar nicht der Sinn der Verordnung, daß die Wohnungs- und Siedlungsämter in alle Einzelheiten der in ihrem Aufgabenkatalog erfaßten Fragen hineinregieren sollen, sie sollen sich vielmehr überwiegend im Sinne der guten alten Verwaltungsüberlieferung auf die Lenkung und Führung und in manchen Fällen auf eine Mitwirkung beschränken.

Die Wohnungswirtschaft und die Bauwirtschaft dürfen aus allen bisherigen Maßnahmen seit dem Erscheinen des Führererlasses und auch aus wichtigen Erklärungen maßgebender Männer der neuen Wohnungsaufführung den Eindruck haben, daß auf ihren selbstverantwortlichen und schöpferischen Einsatz im Rahmen der durch den Führer gezogenen Richtlinien entscheidender Wert gelegt wird. In diesem Sinne sind die Organisationen der Wirtschaft und besonders der Industrie und im gleichen Zuge auch die Betriebe trotz ihrer starken Verpflichtung gegenüber den vordringlichen Aufgaben der Kriegswirtschaft sofort an die Vorbereitungsarbeit für den für die Nachkriegszeit anstehenden Gefolgschaftswohnstättenbau gegangen. Signal und äußerer Ausdruck dieser Arbeit war das vom

Leiter der Reichsgruppe Industrie und dem Vorsitzenden ihres Wohnungs-, Siedlungs- und Planungsausschusses am 1. Mai 1941 herausgegebene Rundschreiben über die „Beteiligung der Industrie am Wohnungsbau nach dem Kriege“, das allen in Betracht kommenden Werken durch die Industrieabteilungen der Wirtschaftskammern zugestellt worden ist. Dieses Rundschreiben knüpft an die große Ueberlieferung der Industrie im Arbeiterwohnstättenbau an und stellt den Grundsatz heraus, daß es der Fürsorgepflicht des Betriebsführers entspricht, wenn er vom Betrieb aus alle Maßnahmen zur Errichtung von Arbeiterwohnungen tatkräftig fördert.

Selbstverständlich ist es für die Mitarbeit der Industrie von größter Wichtigkeit, daß die Baukosten im Wohnungsbau baldmöglichst nach dem Kriege von den heutigen durch den Krieg verschärften, aber auch schon vor dem Kriege vorhandenen mannigfachen Uebertreibungen befreit werden. Uebertreibungen, wie sie heute vorliegen, müssen notwendigerweise den Wohnungsbau in den Bereich der staatlichen Subventionspolitik hineinzwängen. Erst wenn die Kostenverhältnisse wieder gesund sind, kann die Wirtschaft selbstverantwortlich den Wohnungsbau in die Hand nehmen. In dieser Ueberzeugung fördert die Industrie — diese Zielsetzung ist ihr selbstverständlich nicht neu — mit Nachdruck alle Möglichkeiten der Baukostenverbilligung durch Rationalisierung, durch Typisierung und Normung und begrüßt die in dieser Beziehung auch vom Reichskommissar entfalteten Bemühungen. Allerdings ist sie sich auf Grund ihrer besonderen Erfahrungen auch der Grenzen bewußt, die solchen Bemühungen gerade im Wohnungsbau als einer kulturellen und technischen Aufgabe besonderer Art gezogen sind. Große Hoffnungen für die notwendige Baukostenherabsetzung setzt die Industrie auf die eingangs bereits wiedergegebene Bestimmung des Führererlasses, daß in Zukunft der für das Jahr vorzusehende Umfang der Wohnungsbauten auf die allgemeinen Bauaufgaben im Reichsgebiet und die jeweilige — selbstverständlich weiter zu entwickelnde — Leistungsfähigkeit der Bauwirtschaft abzustellen ist. Der maßvolle Ansatz des Neubauprogramms mit 300 000 Wohnungen für das erste Nachkriegsjahr zeigt, wie sehr dieser für die Wirtschaftlichkeit im Wohnungsbau wesentliche Grundsätze eingehalten werden wird. Wenn für jedes bewilligte Wohnungsbauvorhaben die erforderlichen Baustoffe und Arbeitskräfte im Rahmen eines genau abgewogenen Gesamtprogramms rechtzeitig und ausreichend bereitgestellt werden, wenn so ein pausenloser Fortgang des Bauvorganges gewährleistet ist, so fällt damit eine wesentliche Quelle der Uebertuerung der letzten Jahre weg.

Das Rundschreiben der Reichsgruppe Industrie setzt die Durchschnittskosten einer Vierraumwohnung nach den im Führererlaß festgelegten Ausmaßen für die Nachkriegszeit mit 10 000 *RM* an, also wesentlich unter dem Satz der heute in manchen Gebieten teilweise um 50 und mehr Prozent höheren Kosten. Auf dieser Grundlage ist auch eine privatwirtschaftliche Finanzierung möglich; staatliche Mitfinanzierung, soweit sie teilweise noch als erforderlich erscheint, braucht ausschließlich im Bereich der eigentlichen Spitzenfinanzierungszone angesetzt zu werden. In diesem Zusammenhang verweist die Reichsgruppe Industrie besonders auch auf die vom Reichsfinanzminister beabsichtigten und in einer Denkschrift angekündigten steuerlichen Begünstigungen des in eigener Verantwortung der Betriebe vor sich gehenden Wohnungsbaues. Diese in feste Aussicht gestellten Pläne versprechen volle Bewertungsfreiheit für die zum Betriebsvermögen von buchführenden Gewerbetreibenden gehörenden Volkswohnhäuser, eine auf 30 Jahre befristete Befreiung der Einkünfte aus Volkswohnhäusern von der Einkommensteuer, der Volkswohnhäuser selbst von der Vermögensteuer, der Aufbringungsumlage und der Grundsteuer sowie weiter eine Befreiung des Erwerbs von Grundstücken von der Grunderwerbssteuer. Die Vergünstigungen werden die wichtigste Grundlage für eine tatkräftige Neubelebung der privaten Initiative im sozialen Wohnungsbau sein, ohne die eine erfolgreiche Bekämpfung der Wohnungsnot nach dem Kriege unmöglich erscheint. Für den Werkwohnungsbaubau wird mit dieser neuen Steuerpolitik überhaupt erst wieder eine aussichtsreiche Startmöglichkeit geschaffen, während er eigentlich seit dem Weltkrieg immer ein Stiefkind der staatlichen Wohnungspolitik gewesen ist. Selbstverständlich will aber die Industrie jetzt nicht wieder ausschließlich zum eigentlichen Werkwohnungsbaubau auf der ganzen Linie übergehen. Neben ihm wird vielmehr für viele große und kleine Betriebe die oft bewährte Zwischenschaltung gemeinnütziger Wohnungsunternehmen, besonders wenn sie, wie vielfach in der Eisen schaffenden Industrie, den Werken selbst kapitalmäßig nahestehen, zweckmäßig bleiben. Daher hat auch die Reichsgruppe Industrie dem Reichsfinanzminister

vorgeschlagen, die beabsichtigten steuerlichen Vorteile auch denjenigen Darlehen und Zuschüssen zuzuwenden, die von industriellen Betrieben an selbständige gemeinnützige oder private Wohnungsunternehmen zur Durchführung von Wohnungsvorhaben für Gefolgschaftsmitglieder der fördernden Betriebe gegeben werden.

Lebhaft begrüßt hat die Industrie noch eine weitere Maßnahme, die der Reichsfinanzminister für die Nachkriegszeit angekündigt hat und die ebenfalls im Rahmen der Bemühungen um die Schaffung und Erhaltung eines wirtschaftlich gesunden Wohnungswesens von größter Wichtigkeit ist. Das Reich will Einkommensempfängern mit einem Einkommen bis zu 2400 *RM* je Jahr einen nur zur Zahlung der Miete verwendbaren Mietzahlungsschein in Höhe von monatlich je 10 *RM* für das erste und das zweite Kind zur Verfügung stellen. Dieser Gedanke des Mietzahlungsscheines, mag seine Durchführung auch mancherlei heute noch nicht gelöste Schwierigkeiten aufwerfen, mag auch die bisher festgelegte Gehaltsgrenze gerade auch in Ansehung des Facharbeitereinkommens z. B. in der Eisen schaffenden Industrie revisionsbedürftig sein, macht die Aufrechterhaltung von Mieten möglich, die in der Linie einer normalen Wirtschaftsrechnung liegen und den Vermieter seine wirtschaftlichen Verpflichtungen erfüllen lassen. Gleichzeitig schützt er den Altbesitz vor schweren Rückschlägen, die bei einer zu niedrigen Festsetzung der kommenden Neubaumieten unvermeidlich gewesen wären.

Die Kennzeichnung der neuen im Wohnungsbau geschaffenen Sachlage hat die Reichsgruppe Industrie dazu benutzt, um gleichzeitig danach zu fragen, in welchem Umfange sich die Werke in der Nachkriegszeit am sozialen Wohnungsbau, genauer gesagt, am Wohnungsbau für ihre Gefolgschaftsmitglieder — der Zusammenhang Werk und Wohnung oder, anders ausgedrückt, das Besetzungsrecht der Werke für die von ihnen geförderten Wohnungen muß natürlich gewahrt bleiben — zu beteiligen beabsichtigen. Das Ergebnis der Befragung bestätigt das hohe Verantwortungsbewußtsein der Werke für ihre Gefolgschaftsmitglieder und beweist ferner, daß die Werke weitgehend erkannt haben, welche aussichtsreichen Wege ihnen für den Wohnungsbau der Nachkriegszeit eröffnet worden sind. Der Bauwille der Werke für das erste Nachkriegsjahr beläuft sich, soweit er zahlenmäßig festgestellt werden konnte, auf rd. 107 000 Wohnungen. Dabei haben eine ganze Anzahl von Werken im Hinblick auf die Sonderverhältnisse ihres Gewerbezweiges oder aus anderen verständlichen Gründen auf genaue Einzelangaben verzichtet und sich auf die allgemeine Erklärung ihrer Bereitschaft zur Mitarbeit beschränkt. Bei der Wertung der Zahlen muß im übrigen beachtet werden, daß die Zusagen der Werke auf der Grundlage ihrer heutigen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und Kapitalkraft abgegeben worden sind und vor allem auch die Erfüllung der im Rundschreiben der Reichsgruppe Industrie im einzelnen gekennzeichneten Voraussetzungen zur Vorbedingung haben.

Inwieweit sich die verschiedenen Wirtschaftsgruppen in den Wohnungsbau der Nachkriegszeit einschalten werden, läßt sich nach dem vorliegenden Meldeergebnis nicht ohne weiteres beurteilen, da nicht nach Wirtschaftsgruppen, sondern nach Bezirken gefragt worden ist. Was die Eisen schaffende Industrie angeht, so lassen aber z. B. die Ergebnisse der Industrieabteilungen im rheinisch-westfälischen Industriegebiet schon ohne weiteres die Vermutung zu, daß die Eisen schaffende Industrie wie in der Vergangenheit so auch in Zukunft mit an der Spitze in der Förderung des Wohnungsbaues in Deutschland stehen wird. Die drei im Siedlungsausschuß der rheinisch-westfälischen Industrie zusammengefaßten Industrieabteilungen Düsseldorf, Dortmund und Köln melden für das erste Nachkriegsjahr rd. 34 000 Wohnungen oder etwa ein Drittel der für das ganze Reich erklärten Bauabsichten. Die Bezirke Düsseldorf und Dortmund, in denen das Schwergewicht der westdeutschen Eisen schaffenden Industrie liegt, weisen allein ein Ergebnis von mehr als 31 000 Wohnungen auf. Auf Steinkohle und Eisen — sie lassen sich nicht trennen, da die großen Konzerne nur geschlossen gemeldet haben — entfallen davon reichlich 22 000 Wohnungen oder rd. 71 %. Einen Anhaltspunkt für die im Bereich der Eisen schaffenden Industrie vorliegenden Notwendigkeiten bietet auch die aus dem Ende des vorigen Jahres stammende Feststellung der Bezirksgruppe Nordwest, daß für ihre Mitgliedswerke für die Zeit nach dem Kriege ein Bedarf von 33 000 Wohnungen vorliegt. Im gleichen Zeitpunkt gab die Bezirksgruppe Steinkohlenbergbau Ruhr den Bedarf ihrer Zechen in den beiden ersten Nachkriegsjahren mit 35 000 Wohnungen an.

Der Führererlaß zur Vorbereitung des Wohnungsbaues nach dem Kriege bedeutet eine Einordnung des Wohnungsbaues in die Bestrebungen zur Schaffung der Voraussetzungen

für ein gesundes Leben kinderreicher Familien. In diesem Sinne soll die Vierraumwohnung in Zukunft eine bevorzugte Stellung im Wohnungsbau einnehmen. Für den Wohnungsbau der Betriebe der Eisenindustrie bedeutet diese Forderung ebenso wie für den Bergbau nur in geringem Umfange etwas Neues. Die Vierraumwohnung gehört für beide geradezu zur Ueberlieferung, das gilt besonders für den Wohnungsbau vor dem ersten Weltkrieg, während die Nachkriegszeit unter dem Zwang der Verhältnisse das gesunde Mischungsverhältnis der großen und kleinen Wohnungen manchenorts etwas verschlechtert hat. Nach Untersuchungen, die die Bezirksgruppe Nordwest Anfang des Jahres angestellt hat, enthielten 33 % der der Eisen schaffenden Industrie des Westens gehörenden Werkwohnungen vier Räume und 11 % fünf und mehr Räume. Auf Zweiraumwohnungen entfielen nur knapp 15 %, während die Dreiraumwohnung auf einen Anteil von 40 % kam. 18 % aller Werkwohnungen waren Einfamilienhäuser. Wenn auch die Eisenindustrie, deren Betriebsstätten in großem Umfange innerhalb der Städte liegen, nicht die gleiche Möglichkeit wie z. B. der Bergbau hat, großräumig zu siedeln, so wird doch ihr bevorzugtes Bemühen auch in Zukunft dahin gehen, soweit möglich Einfamilienhäuser für die Gefolgschaftsmitglieder zu erstellen und, wenn irgend zugänglich, diese in Eigenbesitz der Bewohner zu übertragen. Wenn bisher erklärlicherweise bei den Rationalisierungsbemühungen und be-

sonders bei den Grundrißarbeiten des Reichskommissars für den sozialen Wohnungsbau die Mietwohnung im Mehrstockhaus im Vordergrund gestanden hat, so hat doch die Industrie den lebhaften Wunsch, zur Verwirklichung der vom Führer gesteckten bevölkerungspolitischen Ziele in Fortführung und Ausgestaltung ihrer bisherigen Wohnungsbauüberlieferung den Wohnungsbau in Flachbauweise und die Eigenheimsiedlung weiter zu pflegen.
Dr. August Küster.

Vereins-Nachrichten.

Fachausschüsse.

Mittwoch, den 26. November 1941, 14.00 Uhr, findet im Eisenhüttenhaus, Düsseldorf, Ludwig-Knickmann-Str. 27, eine **Vollsitung des Ausschusses für Verwertung der Hochofenschlacke** statt mit folgender Tagesordnung:

1. Geschäftliches.
2. Verwendung von Hochofenschlacke in der Zementindustrie. Berichterstatter: Professor Dr. R. Grün, Düsseldorf.
3. Zukunftsaufgaben der Hochofenschlackenwirtschaft. Berichterstatter: Dr. F. Keil, Düsseldorf.
4. Verschiedenes.

Karl Reinhardt †.

Am 14. September 1941 ist der frühere Leiter der Firma Schüchtermann & Kremer-Baum A.-G., Dortmund, Dr.-Ing. E. h. Karl Reinhardt, durch den Tod abgerufen worden.

Geboren in Schernau bei Würzburg am 11. April 1866 und aufgewachsen in ziemlich beengten Verhältnissen, stellte sich Reinhardt sehr bald auf eigene Füße, und durch harte Arbeit verdiente er sich selbst die Mittel zur Durchführung seines Studiums. Nach dem Besuch der Industrieschule in Augsburg und nach mehrjähriger Tätigkeit bei der Maschinenfabrik Augsburg studierte er einige Jahre an der Technischen Hochschule in München und erwarb sich dort die feste Grundlage für seine bedeutenden wissenschaftlichen Arbeiten, die er später mit besonderer Freude betrieb. Sein Weg führte ihn von der Hochschule zur Maschinenfabrik G. Kuhn in Stuttgart und später zur Firma K. & Th. Möller in Brackwede. In beiden Werken beschäftigte er sich mit den damals vorliegenden Aufgaben des Dampfmaschinenbaues, der in dieser Zeit durch die Einführung der Ventilsteuerung seinen letzten, großen Entwicklungsschritt tat. Aus dieser Zeit stammen von Karl Reinhardt verschiedene Abhandlungen über Dampfmaschinensteuerung und Kondensatorluftpumpen. Wohl schon in Stuttgart angeregt, hatte sich Reinhardt mit den Fragen des Gasmaschinenbaues beschäftigt, und so wird er auch gern die Gelegenheit ergriffen haben, als Oberingenieur der Gasmotorenfabrik Deutz die Praxis des Gasmaschinenbaues kennenzulernen. Gerade in dieser Zeit begann die Gasmaschine sich vom Kleinmotor zur Großgasmaschine zu entwickeln, und an dieser Entwicklung hat Karl Reinhardt als einer der maßgebendsten Ingenieure sowohl konstruktiv als auch theoretisch mitgewirkt.

Als er im Jahre 1899 zum technischen Direktor der Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund berufen wurde, führte er auch bei dieser Firma den Bau von Großgasmaschinen ein und entwickelte eine Bauart, die sich einmal durch eine wohl-durchdachte Regelung, dann aber auch durch eine ganze Menge von neuartigen Einzelkonstruktionen auszeichnete und so einen wesentlichen Fortschritt darstellte.

Seine Erfahrungen auf diesem Gebiete legte er in einem großen Bericht nieder, den er im Jahre 1906 dem englischen Iron and Steel Institute erstattete. Dieser Bericht gibt einen vollständigen Ueberblick über den damaligen Gasmaschinenbau, über die Erfahrung im Betrieb mit Großgasmaschinen und zeigt gleichzeitig die Wege, auf die sich die Entwicklung auf diesem Gebiet bewegen würde und zum Teil auch bewegt hat.

Im Jahre 1914 wurde Karl Reinhardt zum Generaldirektor der Firma Schüchtermann & Kremer-Baum A.-G. berufen und widmete der Entwicklung dieser Firma bis zu seinem Ausscheiden im Jahre 1932 alle seine Kräfte. Auch auf dem Hauptarbeitsgebiet seiner Firma, der Kohlenaufbereitung, war er

forschend und richtungweisend tätig. Davon legen auch zwei Abhandlungen Zeugnis ab, durch die er in der ihm eigenen gründlichen Weise die Aufbereitung der Feinkohle wohl zum ersten Male auf theoretischem Wege anfaßte.

Mit ganz besonderer Freude hat sich aber Karl Reinhardt stets mit den Aufgaben der Festigkeitslehre befaßt und dabei immer seine Forschungen auf die Anwendung der Ergebnisse in der Praxis abgestellt. Seine Arbeiten auf diesem Gebiete über „Selbstspannende Kolbenringe“ und „Festigkeitsberechnung der Schwungräder“ sind geradezu klassische Beispiele theoretischer Ingenieurforschung.

In Anerkennung all seiner wissenschaftlichen Arbeiten verlieh ihm die Technische Hochschule zu Aachen im Jahre 1920 die Würde des Ehrendoktors.

Karl Reinhardt gehörte viele Jahre dem Vorstand des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute an und war bis zu seinem Tode Mitglied des Vorstandsrates. In den Jahren 1918 bis 1921 leitete er als Vorsitzender den Verein Deutscher Ingenieure und hat das große Verdienst, den Verein durch die schwere Zeit wohlbehalten hindurchgebracht zu haben. Seine Verdienste ehrte der Verein durch seine Ernennung zum Ehrenmitgliede. Er war u. a. auch Mitglied der Industrie- und Handelskammer in Dortmund und des Vereins Deutscher Maschinenbauanstalten.

Karl Reinhardt hatte die seltene Gabe, seine Mitarbeiter zu eigenem Forschen und konstruktivem Denken anzuregen, und manche wissenschaftliche Arbeit ist aus dieser „industriellen Lehrtätigkeit“ — wie man sie nennen könnte — hervorgegangen.

In seiner Firma pflegte er sorgfältig die fast familiäre Arbeitsverfassung des vornehmen Hauses und gewann in kürzester Zeit das uneingeschränkte Vertrauen aller Gefolgschaftsmitglieder. Entwicklungsfähige Kräfte förderte er mit Rat und Tat und hielt auch nach deren Ausscheiden aus den Diensten der Firma nach Möglichkeit die Hand über sie.

Ein fester Charakter, ein umfassendes Wissen und ein unermüdlicher Drang zum technischen Fortschritt waren die Grundlagen seines Wesens. Obwohl ihm das Leben, namentlich in seiner Jugend, seinen Weg nicht eben leicht machte, hat er sich ein gütiges und frohes Herz bewahrt. Seine Person strömte eine wohlthuende Wärme aus, und durch seinen prächtigen Humor war die Gesellschaft mit ihm für seine Freunde und Bekannten immer eine Freude.

So verliert denn neben seinen Kindern und Freunden auch der Verein Deutscher Eisenhüttenleute, dem er über 50 Jahre die Treue gehalten hat, an ihm einen guten Kameraden, einen nimmermüden Mitarbeiter und Berater und vor allem einen lieben Freund. Die deutschen Eisenhüttenleute werden Karl Reinhardt immerdar ein dankbares und ehrendes Gedächtnis bewahren.
R. Lorenz.



K. Reinhardt