

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute

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

unter verantwortlicher Mitarbeit von Dr. J. W. Reichert und Dr. M. Schlenker für den wirtschaftlichen Teil



HEFT 12

23. MÄRZ 1933

53. JAHRGANG

Reduktionsversuche mit Eisenerzen und Sinter unmittelbar am Hochofen.

Von Werner Feldmann und Julius Stoecker in Bochum und Walter Eilender in Aachen*).

[Bericht Nr. 136 des Hochofenausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.]

(Bildung des Schüttkegels bei hoch oder tief gehaltenem Ofen. Niedergang der Beschickung im Hochofenschacht. Reduktionsversuche mit verschiedenen Erzen und Sintern unter möglichster Anpassung an die Verhältnisse des Hochofenbetriebes nach Zusammensetzung, Menge, Strömungsgeschwindigkeit und Temperatur des Gases sowie Stückigkeit des Erzes. Verlauf des Sauerstoffabbaues bei den einzelnen Erzen. Schlechte Reduzierbarkeit des Dwight-Lloyd-Sinters durch Gas. Erklärung der guten Ergebnisse bei der Verhüttung von Sinter. Frage der notwendigen Schachthöhe.)

Der Arbeit lag die Aufgabe zugrunde, gleichzeitig mit einer allgemeinen Schachtuntersuchung Reduktionsversuche mit verschiedenen Eisenerzen und mit Sintergut unmittelbar am Hochofen durchzuführen, um dabei den Verlauf der indirekten Reduktion zu erfassen. Aus der Reduzierbarkeit und dem physikalischen Verhalten der einzelnen Erzsorten sollte deren Eigenart gekennzeichnet werden, um daraus Schlüsse über ihre Einwirkung auf den Ofengang zu ziehen.

Die übliche chemische Untersuchung allein reicht zur Kennzeichnung eines Erzes nicht aus. Für das Verhalten im Hochofen sind eben nicht nur chemische Zusammensetzung und Stückigkeit maßgebend, sondern auch die Reduzierbarkeit durch Gase, sowie ihre physikalische Beschaffenheit, wie Festigkeit, Porigkeit und Gasdurchlässigkeit.

Wie sich die Erze im allgemeinen bei der Reduktion durch Gase verhalten und wie weit die Reduktion auf indirektem Wege fortschreitet, darüber finden sich im Schrifttum zahlreiche Arbeiten¹⁾. Aber all diesen Untersuchungen haftet ein großer Mangel an: Entweder wurden sie mit Kohlenoxyd oder Wasserstoff oder einem beliebigen Gemisch von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserstoff durchge-

führt, nicht aber mit dem Gasgemisch, welches das Erz auf seiner Wanderung durch den Hochofen in den verschiedenen Zonen antrifft. Oder, wenn diese Bedingungen erfüllt waren, dann wurde mit feingepulvertem oder kleinstückigem Erz gearbeitet. Hierbei wird naturgemäß ein Reduktionszustand erzielt, der keineswegs dem des Hochofens entspricht. Das sind wohl auch die Gründe, weshalb der Betriebsmann die Ergebnisse zur Anwendung nicht aufgreift und lieber auf den eigenen Erfahrungen aufbaut.

Bei den hier beschriebenen Untersuchungen wurde deshalb eine möglichst weitgehende Anpassung an die wahren Ofenverhältnisse angestrebt. Sie wurden daher am Ofen selbst mit Erzen üblicher Stückgröße durchgeführt. Derartige Untersuchungen an einem in Betrieb befindlichen Ofen gestalten sich naturgemäß äußerst schwierig. Das Rohr, das für die Untersuchungen in den Ofen getrieben werden muß, ist sehr starken Beanspruchungen ausgesetzt. Wegen der vorhandenen Temperaturen muß es doppelwandig und wassergekühlt sein. In tieferen Ofenzonen lastet das große Gewicht der Erzsäule auf dem Rohr, und bei Stürzen der Beschickung besteht die Gefahr des Abknickens, so daß der Querschnitt des Rohres und seine Wandstärke nicht zu klein bemessen sein darf. Durch die großen Abmessungen wird wiederum das Eintreiben des Rohres in die Beschickung sehr erschwert. Für die Untersuchungen hat man stets nicht nur in verschiedenen Ofenzonen, sondern sogar an derselben Stelle mit wechselnder Gaszusammensetzung zu rechnen. Weiterhin ändert sich der Gasdruck von Minute zu Minute und von Zone zu Zone, ebenso die Temperatur. Deshalb weist auch H. Bansen²⁾ darauf hin, daß die Ergebnisse solcher Untersuchungen leicht zu Fehlschlüssen führen. Die Verwendung von normalstückigem Erz schafft auch verschiedene Bedingungen, da die freie Oberfläche verschieden ist und jedes Erzstück mehr oder weniger Gangart enthält. Somit streuen die Ergebnisse der Untersuchungen in gewissen Grenzen. Dennoch muß es möglich sein, durch Auswertung vieler Unterlagen ein klares Bild zu bekommen, das jedenfalls den Vorzug hat, den wahren Hochofenverhältnissen bis aufs äußerste gerecht zu werden.

Da für die Reduktionsversuche eine Kenntnis der Schüttverhältnisse des untersuchten Hochofens, d. h. der Ver-

* Vortrag von W. Feldmann auf der Wissenschaftlichen Haupttagung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute am 26. November 1932. Zugleich Auszug aus seiner von der Technischen Hochschule in Aachen genehmigten Dr.-Ing.-Dissertation. — Sonderabdrucke des Berichtes sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

¹⁾ Vgl. F. Wüst und P. Rütten: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 5 (1924) S. 1/12; St. Reiner und W. Feldmann: Mitt. Vers.-Anst. Dortmunder Union I (1922/25) S. 122/31; K. Hofmann: Z. angew. Chem. 38 (1925) S. 715/21; H. Kamura: J. Iron Steel Inst. 112 (1925) S. 279/98; Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engr. 71 (1925) S. 549/67; Trans. Amer. electrochem. Soc. 51 (1927) S. 305/22; H. Fleißner und F. Duftschmid: Berg- u. hüttenm. Jb. 74 (1926) S. 42/57; B. Kalling und G. Lilljekvist: Tekn. T. 56 (1926) Bergvetenskap, S. 1/6 u. 9/14; H. H. Meyer: Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseld., 10 (1928) S. 107/16; B. Stålhane und T. Malmberg: Jernkont. Ann. 113 (1929) S. 95/127; 140 (1930) S. 1/26 u. 609/22; S. Sugimoto: Proc. World Engng. Congress Tokyo 1929, Bd. 13: Min. & Metallurgy, Teil 1 (1931) S. 325/63 u. 365/87; J. Klärding: Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 129/38; vgl. Stahl u. Eisen 40 (1920) S. 335; 43 (1923) S. 1540/42; 45 (1925) S. 1574/75 u. 1857; 46 (1926) S. 151/52; 47 (1927) S. 1916; 48 (1928) S. 1786; 49 (1929) S. 1835; 50 (1930) S. 368, 969 u. 1507.

²⁾ Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1089.

teilung von Stück und Fein über den Ofenquerschnitt von großer Wichtigkeit war, wurde die Bildung des Schüttkegels bei hoch oder tief gehaltenem Ofen sowie das Niedergehen der Beschickung zuvor untersucht. Für diese Untersuchungen wurde rd. 5 m unterhalb der Gicht seitlich in den Ofen ein Rohr gebracht, durch das ein in seinem Ende beschwertes Drahtseil über eine Rolle lief. Durch Niederlassen des Drahtes auf die Beschickungsoberfläche wurde der Schüttkegel von 20 zu 20 cm abgetastet und die abgerollte Seillänge gemessen.

Der Höhenunterschied des Schüttkegels bei 6 m Teufe, d. h. 2 1/2 m unterhalb des geöffneten Parry-Kegels, beträgt 1,83 m und bei 8 m Teufe nur 1,04 m (vgl. Abb. 1). Bei getrenntem Gichten von Erz und Koks verflacht sich der Schüttkegel bei 6 m Teufe von 1,83 m durch die Koksgicht auf 1,46 m. Der Koks rollt eben auf der schiefen Ebene zum großen Teil zur Mitte hin ab. Der bedeutende Höhenunterschied des Schüttkegels bei verschiedenen Teufen und

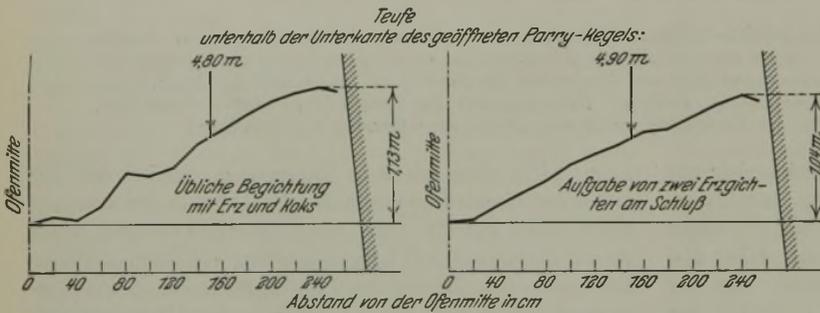


Abbildung 1. Ausbildung des Schüttkegels bei verschiedenen Begichtungsfolgen.

das Abflachen des Kegels durch die Koksgicht führt zu der notwendigen Folgerung, daß bei voller gehaltenem Ofen eine verhältnismäßig große Menge Erz am Rande liegen bleibt, das Verhältnis von Erzmenge zu Koks menge sich also ungünstig gestaltet. Andererseits wird bei tief gehaltenem Ofen und getrenntem Gichten durch den abgeflachten Schüttkegel eine Anhäufung von Koks in der Randzone bewirkt, die wiederum eine Randgängigkeit des Ofens zur Folge hat.

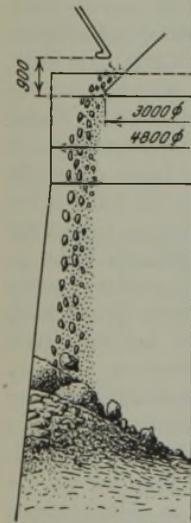


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Schüttkegelbildung.

Wie sich der Schüttkegel vermutlich aufbaut, soll Abb. 2 erläutern, die nach folgenden Beobachtungen skizziert wurde. Es waren in gleicher Höhe drei Versuchsrohre im Abstände von 0,25 und 1,5 m von der Ofenwand sowie in der Ofenmitte eingebaut. Beim Gichten erklangen und erschütterten die Rohre durch die aufschlagenden Erzteile so, daß sich daran deutlich die Unterschiede in der Stückgröße erkennen ließen. Bei dem sich langsam öffnenden Parry-Kegel rieselte zunächst durch den Spalt das Feinerz und traf außer dem bis zur Ofenmitte reichenden Rohr in der Hauptsache das 1,50 m weit in den Ofen hineinragende Rohr und ließ dieses stark erklingen. Das 0,25 m kurze Rohr

wurde fast gar nicht getroffen. Danach baut sich auf dem Schüttkegel zunächst ein kleiner Kegel von Feinerz auf, und zwar immer an derselben Stelle. Bei weiterem Öffnen des Kegelschlusses kommen nun die mittelgroßen Stücke mit dem Koks, die bei etwas größerer Beschleunigung auch etwas weiter fallen und den Raum zwischen dem letzten Kegel und dem Rande anfüllen und dann zur Mitte gleiten.

Erst zuletzt schlagen mit äußerster Heftigkeit die dicken Erzstücke auf, und zwar besonders stark auf das 0,25 m weit vorgeschobene Rohr. Diese rollen nun zum großen Teil auf der schiefen Ebene zur Mitte hin ab, und zwar um so stärker, je steiler der Schüttkegel ist, d. h. je voller der Ofen gehalten wird. Aus diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß durch das mittelstückige Erz und durch die Anreicherung von Koks in der Randzone eine Randgängigkeit bewirkt wird, daß rd. 1,50 m vom Rande durch fortwährendes Nachfallen von Feinerz eine dichte Zone entsteht,

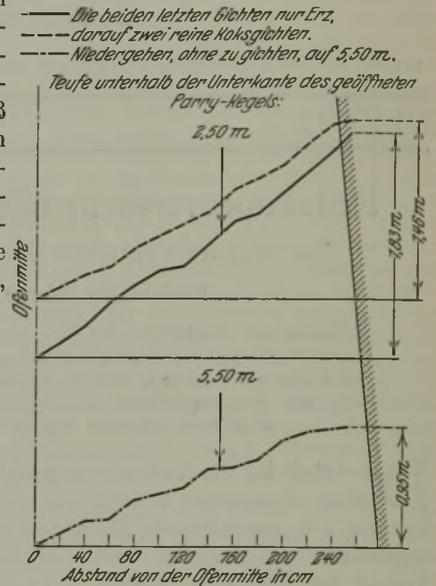


Abbildung 3. Ausbildung des Schüttkegels bei hoch und tief gehaltenem Ofen.

und daß die Mittelzone durch dicke Erzstücke und Koks aufgelockert wird. Diese Betrachtung stimmt mit den Feststellungen von J. Stoecker und H. Cornelius³⁾ überein, die eine dichte ringförmige Zone im Abstand von 1 bis 2 m vom Rande bei Messungen über Gasgeschwindigkeiten und Gasmenge in verschiedenen Zonen fanden. Der Ofengang ist also in außerordentlichem Maße von der Schüttung abhängig und diese wiederum von der Teufe. Der Betriebsmann hat somit im Höher- oder Tieferhalten, im gemischten oder getrennten Gichten ein einfaches, geeignetes Mittel, den Schüttkegel zu ändern und so den Gang des Ofens wünschenswert zu beeinflussen.

Die Oefen der Vereinigten Stahlwerke, A.-G., Abt. Bochumer Verein, werden bei den gegebenen Verhältnissen je nach der Höhe der Gichtgastemperatur auf 7 bis 8 m Teufe gehalten, d. h. 3 1/2 bis 4 1/2 m unterhalb des geöffneten Parry-Kegels. Dabei wird eine gewisse Randgängigkeit in den Schachtzonen erzielt. Vom rein wärmetechnischen Standpunkt aus könnte man die Forderung stellen, wie es auch W. Lennings⁴⁾ tut, eine Randgängigkeit möglichst zu vermeiden. Dem kann man aber entgegenhalten, daß bei einer Randgängigkeit eine Ansatzbildung an den Schachtwandungen nicht gefördert, somit ein gleichmäßiges Niedergehen der Beschickung gewährleistet wird. Dieses gleichmäßige Niedergehen der Beschickung ist für die Wirtschaftlichkeit des Ofenbetriebes von größter Bedeutung, hinter der kleine wärmetechnische Bedenken zurückstehen müssen. Das Maß der Randgängigkeit muß ausprobiert werden.

In einem folgenden Versuch ging der Ofen von 6 auf 9 m allmählich nieder, ohne daß gegichtet wurde. Der Schüttkegel verflachte sich dabei äußerst stark von 1,83 auf 0,95 m (vgl. Abb. 3), und zwar infolge des Voreilens der

³⁾ Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 1217/21 (Hochofenaussch. 114).

⁴⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 549/64 (Hochofenaussch. 92).

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der auf Reduzierbarkeit untersuchten Erze und Sinter.

Erzsorte	Fe ₂ O ₃ %	FeO %	Mn %	P %	S %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Cu %	Zn %	Pb %
Rif ¹⁾	89,80	1,74	—	0,064	0,095	4,35	0,68	0,20	0,18	—	—	—
Zakkar ¹⁾	79,50	—	1,45	0,041	0,020	4,90	0,61	3,92	0,45	—	—	—
Luossavaara-Kiirunavaara-A ²⁾	64,69	29,87	—	0,030	0,016	2,31	0,84	1,74	1,43	—	—	—
Blutstein ³⁾	67,99	5,38	—	0,031	0,024	24,70	0,18	1,96	0,91	—	—	—
Dwight-Lloyd-Sinter	58,87	21,35	0,47	0,013	0,048	5,96	0,60	8,98	1,14	0,13	0,28	0,27
Meggener Sinter ⁴⁾	49,74	24,50	—	—	—	—	—	—	—	—	5,79	0,08

1) Nordafrikanischer Roteisenstein. — 2) Nordschwedischer Magnetit. — 3) Mittelschwedischer Hämatit. — 4) Zur Entfernung des Zinks zweimal auf dem Dwight-Lloyd-Band gesintert.

Randzonen. Diese Tatsache wurde durch einen weiteren Versuch bestätigt. Durch die drei vorher genannten Rohre wurde je ein Drahtseil mit einem Eisenstück geführt, das durch sofortiges Setzen einer Gicht auf dem Schüttkegel

vorher erwähnte Nachfallen des Feinerzes die Beschickung dichter liegt.

Die weiteren Versuche gelten der Reduzierbarkeit einzelner Erzsorten, deren Zusammensetzung aus Zahlentafel 1 hervorgeht. Es wurde zu diesem Zweck die in Abb. 5 wiedergegebene Versuchseinrichtung geschaffen. Ein doppelwandiges, wassergekühltes Rohr von 5,8 m Länge, 210 mm Dmr. und mit einer Wandstärke von 15 mm, das innen mit Röhrensteinen ausgemauert ist, trägt am vorderen Ende zwei Schlitze von 60 × 120 mm. Zur Kühlung führen drei Rohre bis zur Spitze. Durch ein viertes Rohr führt ein Thermolement bis in den Schlitz. Am hinteren Ende ist ein T-Stück angebracht, durch das das Gas zu einem Teil in einen Gasbehälter, zum anderen Teil durch die Reduktionstrommel in einen zweiten Gasbehälter führt. Vor dem Gasentnahmestutzen ist ein Kamin aufgebaut, durch den während des Versuches eine große Menge Gas ins Freie strömt. Für die Versuche wird nur die erforderliche Teilmenge entnommen. Auf diese Weise ergab sich ein guter Gasdurchschnitt für die Reduktion, und es wurde eine zu starke Verstaubung der Erzprobe und Zinkablagerung vermieden, da die Staubteilchen infolge der größeren Geschwindigkeit durch den Kamin mit ins Freie flogen. Die Reduktionstrommel lag in einem für diese Versuche gebauten Silitstabofen. Zur Temperaturmessung war es erforderlich, eine sehr große Menge Gas an der Lötstelle des Elementes vorbei ins Freie strömen zu lassen, bis sich eine gleich-

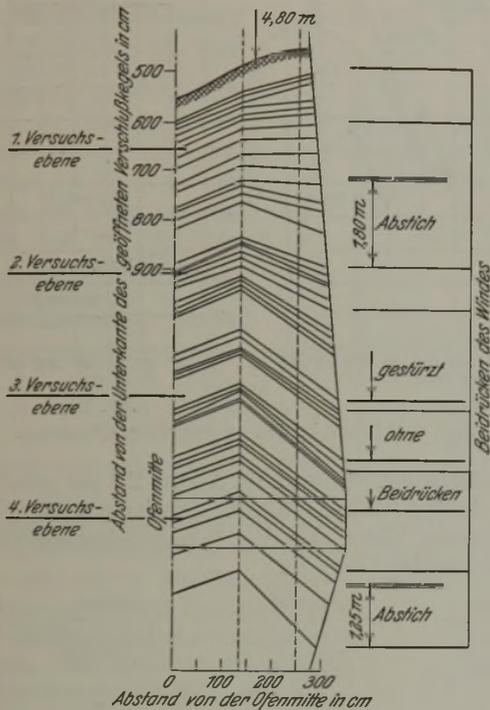


Abbildung 4. Niedergehen der Beschickung in den verschiedenen Zonen.

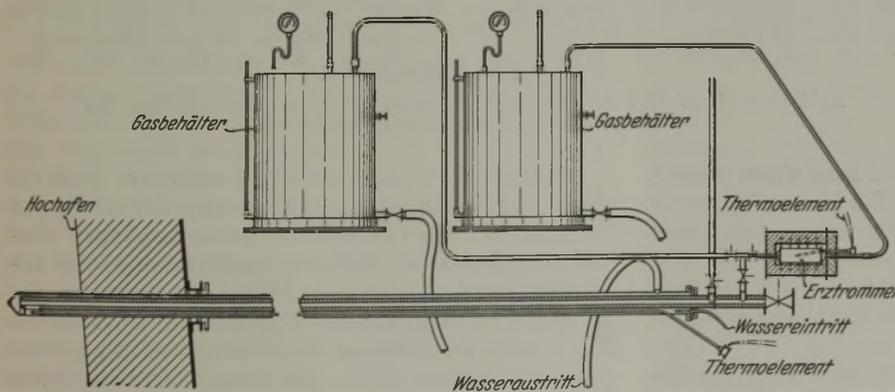


Abbildung 5. Versuchseinrichtung.

in den drei Zonen festgelegt wurde. Die Eisenstücke gingen mit der Beschickung nieder, und die Geschwindigkeit des Niedergehens wurde an den abrollenden Seilen gemessen und verfolgt. Abb. 4 gibt ein anschauliches Bild über das Voreilen der Randzonen sowie über das selbsttätige Niedergehen oder über die Einwirkung des Windbeidrückens. Deutlich erkennbar ist auch, daß die Zone in 1,50 m Abstand vom Rande genau so langsam niedergeht wie die Mittelzone, wodurch die Vermutung erhärtet wird, daß hier durch das

bleibende Temperatur eingestellt hatte. Das Einbringen der Lötstelle in den Hochofen allein genügte also nicht, vielmehr mußte das strömende Gas die Temperatur auf das Element übertragen.

Für die Versuchsanordnung wurde der Ofen von der Beschickungsfläche bis zum Kohlensack (Oberkannte Rast), etwa 10 m, in vier Ebenen geteilt und auf jeder dieser Versuchsebenen das Rohr in den Ofen getrieben. Als Versuchsdauer wurde die Zeit gewählt, die das Erz im Ofen

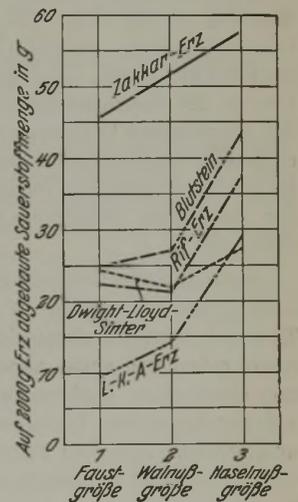


Abbildung 6. Einfluß der Stückgröße auf die Reduktion.

gebraucht, um von einer Versuchsebene bis zur nächsten niederzugehen. Um den verschiedenen Bedingungen je nach dem Abstand von der Ofenwand gerecht zu werden, wurde jeder Versuch von 20 cm bis 140 cm Abstand von der Ofenwand durchgeführt. Es wurde dann berechnet, wieviel Gas nach der im Hochofen in 24 h durchgesetzten Erzmengende und der in gleicher Zeit erzeugten Gichtgasmengende für 1 kg Erz bis zur Umwandlung in Roheisen zur Verfügung steht. Hiernach wurden entsprechende Teilmengen für die einzelnen Versuchsbühnen entnommen. Da bei der gegebenen Größe der Erztrommel und der gegebenen Gasmenge

zierbarkeit in etwa auszugleichen. Beim Sinter spielt die Stückgröße keine Rolle mehr, da er von großen Porenräumen schwammartig durchsetzt ist, so daß eine Verkleinerung in der Stückgröße kaum eine Vergrößerung der freien Oberfläche bringt. Schon rein äußerlich war an den Erzstücken, die der Reduktion unterworfen gewesen waren, deutlich zu erkennen, wie die Reduktion von außen nach innen fortschritt. Ein durchgeschlagenes Erzstück zeigte eine voluminöse, grauschwarze Außenschicht, die sich leicht entfernen ließ, während der Kern unverändert war. Luossavaara-Kiirunavaara-A- (L.-K.-A-) Erz und Sinter zeigten kaum

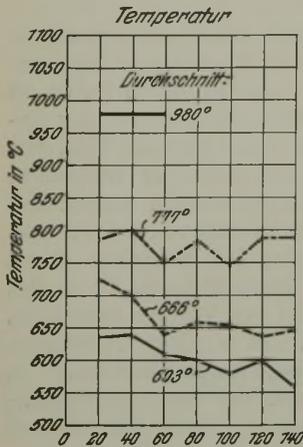


Abb. 7.

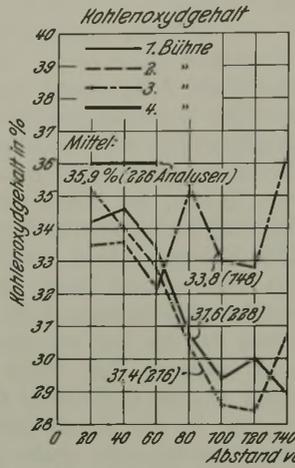


Abb. 8.

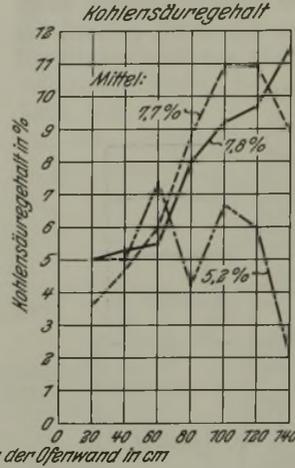


Abb. 9.

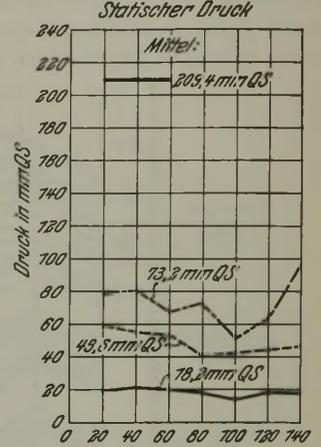


Abb. 10.

Abbildungen 7 bis 10. Temperatur, Zusammensetzung und statischer Druck des Gases in den untersuchten Ofenzonen.

die Geschwindigkeit der Gase im Hochofen nicht eingehalten werden konnte, wurde, um auch den Einfluß der Gasgeschwindigkeit zu erfassen, jeder Versuch mit 450, 900 und 1800 l/h durchgeführt.

Die Versuchsanordnung wurde demnach so getroffen, daß alle Ofenverhältnisse weitestgehend nachgeahmt waren. Die Reduktion in der Versuchstrommel, in der die jeweilige Ofentemperatur eingestellt werden konnte, bedeutet praktisch nur eine Verlegung der jeweiligen Ofenzone nach außerhalb.

Die reduzierte Erzprobe einer Versuchsbühne wurde in der Trommel luftdicht abgeschlossen und unter einem Wasserstrahl sofort von außen abgekühlt. Ein kleiner Teil wurde zur chemischen Untersuchung entnommen, das übrige auf der folgenden Versuchsbühne erneut der Reduktion unterworfen. Aus dem Unterschiede im Kohlenoxyd- und Kohlendioxidgehalt vor und nach der Reduktion wurde die abgebaute Sauerstoffmenge errechnet.

Zunächst wurde der Einfluß verschiedener Stückgrößen untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 6 dargestellt. Es tritt deutlich hervor, daß die am weitesten zerkleinerten Erze auch am stärksten reduziert werden, während zwischen den beiden anderen Größenklassen nur geringe Unterschiede bestehen. Der Grund hierfür liegt in der für die Reduktion „freien Oberfläche“. Aus diesen Untersuchungen ist festzustellen, wie sehr berechtigt die Forderung ist und wie es in den letzten Jahren auch üblich ist, nicht zu große Stücke zu verhüten und vor allem die schwer reduzierbaren Erze in kleine Stücke zu brechen, um durch stark vergrößerte Oberfläche die schwere Redu-

eine Veränderung, während bei Zakkar-Erz die reduzierte Schicht ziemlich tief in das Erzstück hineinragte. Der Grad der Reduktion hängt eben von der Diffusionsmöglichkeit des reduzierenden Gases ab.

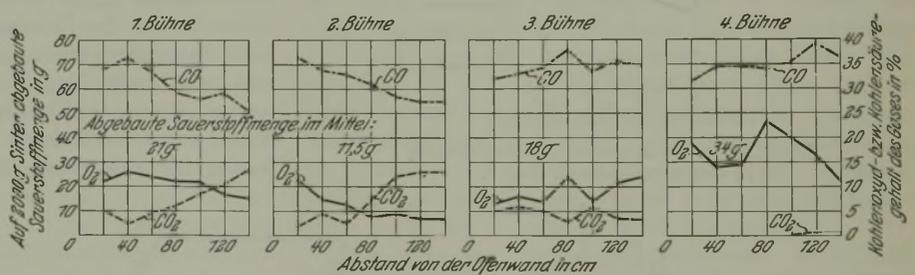


Abbildung 11. Einfluß der Gaszusammensetzung auf den Sauerstoffabbau des Dwight-Lloyd-Sinters (0,45 m³ h).

In Abb. 7 bis 10 sind die Temperaturen, Kohlenoxyd- und Kohlendioxidgehalte sowie die statischen Drücke in den einzelnen Versuchsebenen dargestellt, und zwar als Mittelwerte aus sämtlichen 500 Reduktionsversuchen, die sich über einen Zeitraum von 1½ Jahren erstreckten, somit jede Zufälligkeit ausschalten. Abb. 7 zeigt die auffällige Erscheinung, daß nur auf der ersten und zweiten Bühne die Temperaturen am Rande am höchsten sind und zur Mitte hin abfallen, während sie sich auf der dritten Bühne bereits auf annähernd gleicher Höhe halten. Der Grund hierfür liegt in der schon früher erwähnten Randgängigkeit des Oberofens. Die größere Gasmenge in der Randzone und ihre hohe Geschwindigkeit trägt an dieser Stelle die hohe Temperatur aus dem Unterofen in die Schachtzonen, ohne infolge ihrer Geschwindigkeit genügend Temperatur an die Beschickung abgeben zu können. Auch wird hier, bezogen auf die Gaseinheit, geringere Reduktionsarbeit geleistet. Dieser Gedanke findet seine Bestätigung in der Gaszusammensetzung (Abb. 8 und 9).

Auch hier zeigt sich auf den ersten beiden Bühnen in einer Randzone bis rd. 80 cm ein hoher Kohlenoxydgehalt, der nach der Mitte hin abfällt, der Beweis, daß die Gaseinheit eine geringere Reduktionsarbeit am Rande geleistet hat. Auf der dritten Bühne ist ein deutlicher Zusammenhang mit den Temperaturen gegeben. Ebenso eindeutig sind die Beziehungen zum statischen Druck (Abb. 10).

Das gänzlich andere Verhalten von Druck, Temperatur und Zusammensetzung des Gases auf der dritten Bühne gegenüber der ersten und zweiten Bühne findet seine Begründung in den Gasströmungsverhältnissen. Diese Erklärung wird auf folgender Beobachtung aufgebaut. Auf der vierten Bühne war die Beschickung bei rd. 1000° teigartig so fest zusammengebacken, daß sie sich mit dem Rohr nur bis zu einer Tiefe von 60 cm durchdringen ließ. Die Beschickung geht hier nicht gleichmäßig über den ganzen Querschnitt nieder, sondern baut sich in der Rast an der Wand auf, bleibt dort längere Zeit liegen oder geht langsam nieder. Das Erz wird deshalb weitgehend reduziert, wobei sich der Koks durch Reduktion bis zu haselnußgroßen Stückchen umsetzt. Diese Konglomeratschicht erreichte manchmal bei schwerem Ofengang eine Stärke von 1,50 m oder, besser gesagt, der schwere Ofengang war die Folge dieser Konglomeratschicht-Bildung. Diese Zone ist so fest zusammengesintert und dicht, daß das Gas nicht durchströmen kann; der Ofen geht nur in der Mitte gleichmäßig nieder, wodurch Entmischungs- und Hängeerscheinungen veranlaßt werden. Der Nachweis dieser stehenden Zone wurde dadurch erbracht, daß während eines Ofenstillstandes eine Stahlstange in einem Bohrloch bis zur Zone normalstückigen Kokes vorgetrieben wurde. Nach einer Blaszeit von 4 h zeigte es sich, daß die Stange in einer Tiefe von 1,50 m rechtwinklig abgebogen war. Die Konglomeratschicht war demnach in dieser Zeit noch nicht gewandert. Durch Tieferhalten des Ofens ist nach den vorerwähnten Versuchen über Schüttkegel die Möglichkeit gegeben, mehr Koks an den Rand zu bringen und so die Randzone aufzulockern, d. h. gasdurchlässiger zu machen. Auf diese Weise wurde dieser Zustand auch nach einigen Wochen beseitigt. Er tritt natürlich bei vollem Betrieb der Oefen nicht so leicht auf, weil bei der hohen Pressung eine gleichmäßige Gasströmung über den ganzen Ofenquerschnitt mehr gewährleistet ist und der flotte Betrieb die Massen nicht zur Ruhe kommen läßt. Die Ansatzbildung in der Rast ist demnach auch ein besonderer Fall gerade des untersuchten Ofens; schon bei steiler Rast ist die Gefahr dieser Erscheinung geringer.

In Abb. 11 ist der Sauerstoffabbau in den einzelnen Ofenzonen in Abhängigkeit von der Gaszusammensetzung dargestellt, und zwar beispielsweise für Sinter. Die Abbaukurve verläuft in den meisten Fällen mit der Kohlenoxydkurve gleichartig. Wenn der höhere Kohlenoxydgehalt am Rande des Ofens auch auf eine schlechtere indirekte Reduktion schließen läßt, so dürfte die Reduktion des Erzes im Ofen am Rande und in der Mitte doch gleich

weit vorgeschritten sein, da am Rande in der Zeiteinheit auch eine größere Menge Reduktionsgas an dem Erz vorbeiströmt und die höhere Wertigkeit auch eine stärkere Reduktion bewirkt.

In Abb. 12 und 13 ist der Reduktionsverlauf bei verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten für Sinter und Zakkar-Erz wiedergegeben. Diese Darstellungen lassen einmal den günstigen Einfluß großer Gasgeschwindigkeit erkennen, weiter die krassen Unterschiede in der Reduzierbarkeit von Sinter und Zakkar-Erz. Da der Trommelquerschnitt für alle Versuche gleich blieb, konnte die Geschwindigkeit nur durch Vergrößerung der Gasmenge in der Zeit-

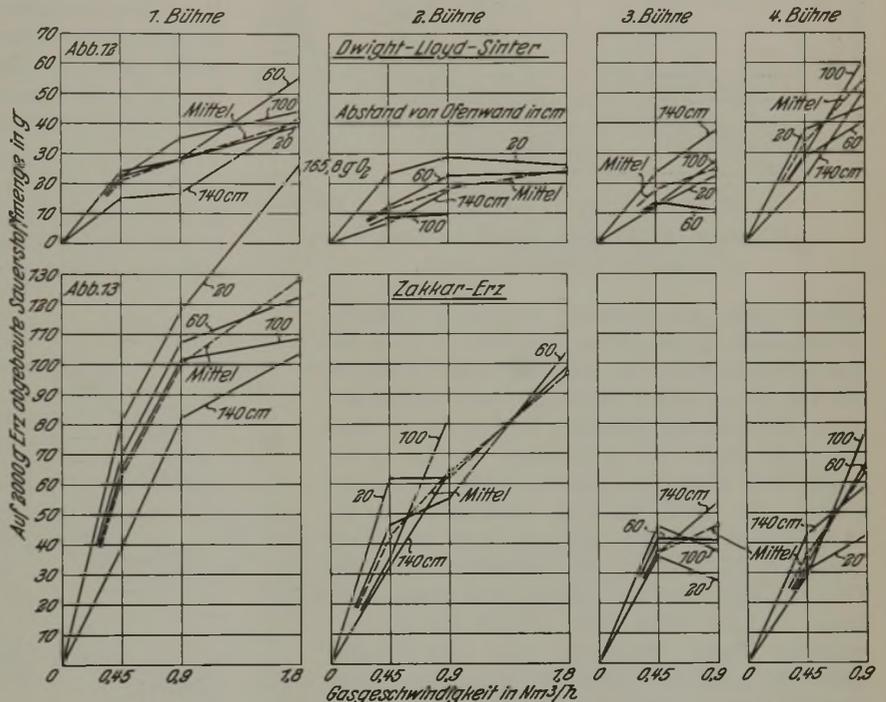


Abbildung 12 und 13. Einfluß der Gasgeschwindigkeit auf den Sauerstoffabbau von Sinter und Zakkar-Erz.

(Jeweils 1 h mit 450, 900 oder 1800 l Gas reduziert.)

einheit gesteigert werden. Das ist nicht gleichbedeutend mit stärkerem Blasen am Hochofen, wobei zwar auch eine größere Gasmenge mit einer größeren Geschwindigkeit durch den Ofen geführt wird, wobei aber auch eine entsprechend größere Menge Erz durchgesetzt wird, so daß die Gasmenge je kg Erz etwa gleich bleibt. Bei den Versuchen war bei gesteigerter Gasmenge je Stunde und dadurch gesteigerter Geschwindigkeit die Erzmenge dieselbe; das wäre gleichbedeutend mit einem Blasen bei entsprechend höherem Koksverbrauch. Es zeigt sich bei diesen Versuchen, daß bei einer bestimmten Temperatur mit einer bestimmten Gasmenge ein Höchstwert der Reduktion erreicht ist, daß es also zwecklos ist, die Gasmenge über dieses Maß zu steigern. Für den Betrieb kann daraus gefolgert werden, daß es ratsam ist, leicht reduzierbare Erze in den Möller zu nehmen, wenn z. B. wegen eines schweren Ofenganges vorübergehend mit einem höheren Koksverbrauch gefahren werden muß. Die leicht reduzierbaren Erze kommen so besser vorbereitet in den Unterofen und führen schneller zu einem warmen Gestell.

Einen Ueberblick über das Ergebnis aller Reduktionsversuche vermittelt Abb. 14. Die geringste Menge Sauerstoff wurde danach bei dem L.-K.-A-Erz abgebaut. Es folgen die beiden Sinter, weiter Rif-Erz, Blutstein und zuletzt Zakkar-Erz, das in der Höhe der Reduktion weit über den anderen Erzen steht. Besonders auffällig

tritt bei allen Erzen die Erscheinung hervor, daß auf der ersten Bühne die Reduktion trotz der niedrigsten Temperatur bedeutend größer ist als auf den folgenden Bühnen. Nur bei den schwer reduzierbaren Erzen ist die Reduktion auf der vierten Bühne am stärksten. Hierfür wäre folgende Erklärung zu geben: Rein äußerlich lassen sich an den

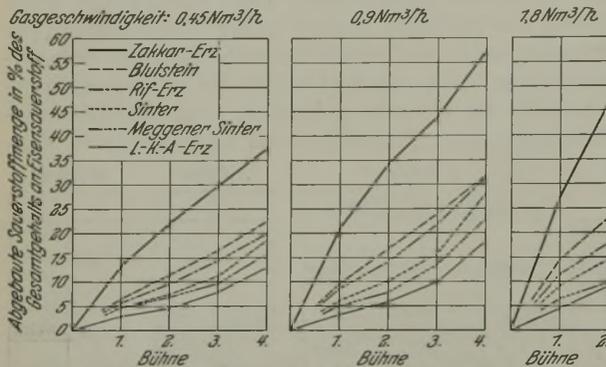


Abbildung 14. Ergebnisse der Reduktionsversuche an den untersuchten Erzen.

Flächen der zerschlagenen Erzstücke deutliche Unterschiede in der Dichte erkennen. L.-K.-A-Erz und Blutstein zeigen ein ausgesprochenes Feinkorn, frei von Rissen und Porenräumen oder eingeschlossenen Hohlräumen, während Rif-Erz wenn auch dicht, so doch von Hohlräumen durchsetzt ist. Zakkar-Erz zeigt ein lockeres, fast voluminöses Gefüge, und Sinter ist zwar großporig, aber die Oberfläche ist durch die Sinterung dicht und glasig geworden. Nun erfolgt die Reduktion durch das Gas, wie schon früher erwähnt, von außen nach innen. Auf der ersten Bühne ist das Erz in seiner gesamten freien Oberfläche dem reduzierenden Gasstrom ausgesetzt. Auf der folgenden Bühne muß das Gas, da die Reduktion vorerst nur bis zur Oxydulstufe erfolgt, durch die bereits reduzierte Schicht hindurchdiffundieren, um weitere Reduktionsarbeit leisten zu können. Diese Schicht wird auf den folgenden Bühnen immer stärker, woraus die beträchtliche Abnahme der Reduzierfähigkeit bei Zakkar-Erz folgt. Nur bei den schwer reduzierbaren Erzen kann sich die höhere Temperatur in den tieferen Ofenzonen entsprechend auswirken, da ihr Reduktionszustand bis dahin noch wenig geändert ist und die höhere Temperatur eine Auflockerung des Gefüges mit sich bringt. Hier zeigt sich also deutlich die Unvollkommenheit früherer Arbeiten, in denen bei steigender Temperatur zunehmende Reduktion festgestellt wurde. Es ist eben nicht angängig, bei Versuchen in Nachahmung der Hochofenverhältnisse bei steigenden Temperaturen jeweils neues Erz zu nehmen, sondern das bereits vorreduzierte Erz muß bei der nächst höheren Temperatur erneut der Reduktion unterworfen werden.

Es ist weiter bemerkenswert, daß der Blutstein in der Reduzierbarkeit gleich hinter dem Rif-Erz folgt, obwohl er als Schwedenerz ein gleich dichtes Gefüge wie L.-K.-A-Erz zeigt. Er hat im ungeglühten Zustand auch eine ähnliche Festigkeit. Sobald er jedoch geglüht ist, ist er so bröckelig geworden, daß er sich mit der Hand zerreiben läßt. Der Blutstein wird demnach auch im Hochofen durch die Beanspruchung während des Niedergehens infolge der Zermalmung dem Gasstrom fortgesetzt eine vergrößerte Oberfläche bieten.

Nach diesen Untersuchungen wurde erkannt, daß Sinter verhältnismäßig schwer durch Gas zu reduzieren ist. Auf der anderen Seite wurde aber bei einem Möller mit 70 % Sinter und 2,5 % Schrott ein Trockenkoksverbrauch von rd. 690 kg/t Roheisen erreicht. Danach erhebt sich die Frage, wie trotz der großen Porigkeit die schwere Reduzierbarkeit des Sinters und weiterhin trotz der schweren Reduzierbarkeit der niedrige Koksverbrauch bei seiner Verhüttung zu erklären ist. Einer der Hauptgründe für den geringen Brennstoffverbrauch ist wohl der, daß der Sinter eine gleichmäßige Gasströmung über den ganzen Ofenquerschnitt herbeiführt; er wirkt durch seine Poren gewissermaßen wie ein Sieb, das die Gasströme in in feine Fäden auflöst. Der Sinter kommt auf Grund seiner günstigen physikalischen Beschaffenheit gut vorbereitet in der Schmelzzone an, so daß die Bedingungen für eine direkte Reduktion äußerst günstig sind.

Die schwere Reduzierbarkeit des Sinters durch Kohlenoxyd führt weiterhin zu der Frage, wie trotz hohen Anteils an Sinter im Möller der Kohlen säuregehalt des Gichtgases so groß werden kann, daß nach früheren Verfahren eine indirekte Reduktion von rd. 60 % berechnet wurde. Eine

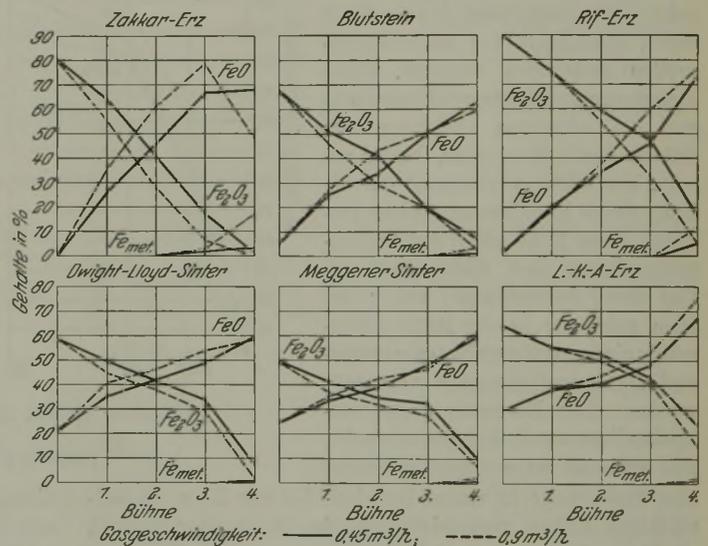


Abbildung 15. Zusammensetzung der Erze nach der Reduktion.

Erklärung hierfür gibt H. Bansen⁵⁾ in dem Vorschlage, drei Arten der Reduktion zu unterscheiden:

	Koks notwendig zum		Im Endgase
	Heizen	Reduzieren	
1. Unmittelbare Gasreduktion (indirekte Reduktion)	nein	nein	CO ₂
2. Mittelbare Gasreduktion (direkte Reduktion mit Spaltungskohlenstoff)	ja	nein	CO ₂
3. Direkte Reduktion mit Koks-kohlenstoff	ja	ja	CO

Der Heizkoksverbrauch für den Vorgang 2 und 3 ist sehr verschieden je nach der Ofen- und Temperaturzone, in der die direkte Reduktion stattfindet. Der Sinter ist infolge seiner äußeren Beschaffenheit für die Aufnahme des Spaltungskohlenstoffs ganz besonders geeignet. Das Gas dringt in alle Porenräume und durchsetzt den ganzen Agglomerat-

⁵⁾ Unveröffentlichte Erörterung zum Bericht von A. Mund, J. Stoecker und W. Eilender: Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1449/62 (Hochofenaussch. 124).

brocken in seinen Porenflächen mit Spaltungskohlenstoff, im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Erzbrocken, an dem sich der Kohlenstoff nur an seinen äußeren Flächen ablagern kann. Da der Sinter nun, wie bereits vorher geschildert, besonders gut vorbereitet in die höheren Temperaturzonen gelangt, wird auch schon dort die direkte Reduktion infolge der innigen Berührung mit dem feinen Spaltungskohlenstoff einsetzen, wo Kohlensäure noch beständig ist. Die direkte Reduktion erfolgt so bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen und entlastet dadurch das Gestell. Die „mittelbare Gasreduktion“ muß also gerade bei Sinter bedeutend sein und erklärt so, außer der geringen Schlackenmenge, den günstigen Einfluß auf den Koksverbrauch.

Die bisher genannten Ergebnisse wurden alle auf den Gasanalysen aufgebaut. Es wurde aber gleichzeitig bei jedem Versuch nach der Reduktion dem Erz eine kleine Probe zur chemischen Untersuchung entnommen, um den Sauerstoffabbau verfolgen zu können. Als Beispiel sei Abb. 15 gebracht, in der die Gehalte an Eisenoxyd, Eisenoxydul und metallischem Eisen auf den vier Versuchsbühnen bei zwei Strömungsgeschwindigkeiten wiedergegeben sind. Es ist hier deutlich zu erkennen, daß erst fast die gesamte Menge des Eisenoxys bis zur Oxydulstufe abgebaut wird, bevor die weitere Reduktion bis zum metallischen Eisen stattfindet. Auf den ersten drei Bühnen treten nur Spuren von metallischem Eisen auf; erst auf der vierten Bühne sind bei den leichter reduzierbaren Erzen nennenswerte Mengen von Metall vorhanden. Auch läßt sich hier erkennen, daß bei dem schwer reduzierbaren L.-K.-A-Erz und Sinter die Hauptreduktion erst auf der vierten Bühne erfolgt, d. h. bei Temperaturen von rd. 1000°. Nach diesen Untersuchungen muß festgestellt werden, daß man ganz allgemein für das Maß der indirekten Reduktion einen bestimmten Prozentsatz, also eine bestimmte Reduktionsziffer nicht angeben kann. Dieses Maß richtet sich vielmehr ganz nach der Zusammensetzung des Möllers. Ist für jedes Erz des Möllers der Anteil der indirekten Reduktion durch Versuche ermittelt, so kann das Maß der gesamten indirekten Reduktion des Möllers aus dem prozentualen Anteil der Erze bestimmt werden.

Aus den Untersuchungen läßt sich ein einfaches Betriebsverfahren zur Prüfung der Reduzierbarkeit ableiten. Da die Gaszusammensetzung in den einzelnen Höhen des Ofens keine bedeutenden Unterschiede zeigt — mit Ausnahme des Kohlensäcks, wo keine Kohlensäure vorhanden ist —, kann man sich für derartige Untersuchungen mit dem gewöhnlichen Hochofen-Reingas begnügen. Die Hauptsache ist, daß für die Untersuchungen das Erz in gewöhnlicher Stückgröße verwendet wird. Weiterhin muß bei der Reduktion die Durchsatzzeit auf dem Wege von der Beschickungsoberfläche bis zur Rast eingehalten werden. Während dieser Zeit müssen Temperaturen bis rd. 1000° durchlaufen werden bei einer Gasmenge, die sich für 1 kg Erz aus der im Hochofen erzeugten Gasmenge errechnet. Für die Untersuchungen kann die hier beschriebene Erztrommel mit dem Silitstabofen verwendet werden. Die Untersuchung aller verhütteten Erze unter diesen gleichen Bedingungen ergibt für den Betrieb verwertbare Vergleichszahlen.

Im Anschluß an die Untersuchungen, die sich auf eine Reduktion des Erzes nur durch Gas beschränkten, wurden noch einige Reduktionsversuche in Gegenwart von Koks durchgeführt, und zwar mit Zakkar- und L.-K.-A-Erz. Für diese Versuche wurde das Gas auf der vierten Bühne dem Kohlensäck entnommen; es wurden 2000 g Erz mit 1600 g Koks gemischt. Eine neue Zakkar-Erzprobe

ergab, nur im Gasstrom reduziert, einen Sauerstoffabbau von 17,8 % des ursprünglichen Eisensauerstoffs; bei Mischung mit Koks stellte sich der Abbau auf 42 %, wobei schon 25 % metallisches Eisen vorlagen. Das Erz, das auf den vier Bühnen bereits im Gasstrom reduziert worden war, ergab noch einmal in Gegenwart von Koks reduziert, einen Abbau von 65,3 % mit 50 % metallischem Eisen. Die Versuche mit L.-K.-A-Erz zeigten wiederum dessen schwere Reduzierbarkeit. Während bei Zakkar-Erz mit Koks und

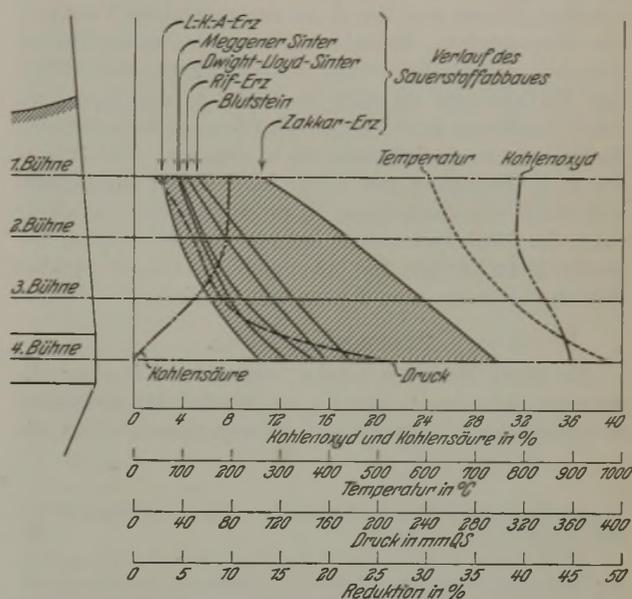


Abbildung 16. Aenderung der Temperatur, des statischen Druckes, des Kohlensäure- und Kohlenoxydgehaltes des Gases sowie Fortschreiten der Reduktion verschiedener Erzsornten in Abhängigkeit vom Abstand über der Formenebene.

Gas Eisenoxyd fast vollkommen reduziert wurde, lagen bei L.-K.-A-Erz unter denselben Bedingungen noch rd. 25 % als Oxyd vor; der Sauerstoffabbau betrug 16,3 %. Das auf den vier Versuchsbühnen um 18,7 % vorreduzierte Erz ergab bei der Reduktion mit Koks einen Sauerstoffabbau von 41,7 %. L.-K.-A-Erz wird also hauptsächlich direkt mit Kohlenstoff reduziert.

Zuletzt wurde in der Rast noch eine größere Menge der Beschickung aus dem Ofen geholt. Trotz der Versinterung ließen sich nach Erkalten der Proben im Wasser die einzelnen Stücke als Schlacken, Erze oder Agglomerat erkennen. Sie wurden daher einzeln analysiert und ergaben eine ausgezeichnete Uebereinstimmung mit den Versuchsergebnissen.

Die Untersuchungen, deren Ergebnisse in Abb. 16 zusammengestellt sind, haben nun gezeigt, daß eine verhältnismäßig geringe Reduktionsarbeit im Schacht geleistet wird; bei dem am schwersten reduzierbaren L.-K.-A-Erz wurden nur 13,1 % und bei dem am leichtesten reduzierbaren Zakkar-Erz 37,3 % des ursprünglich vorhandenen Eisensauerstoffs durch Gas abgebaut. Nach dieser Feststellung könnte man der Forderung von E. Cotel⁶⁾ beistimmen, mit Rücksicht auf die großen Ersparnisse für Bau und Wartung von den großen Höhen der Oefen abzugehen. Man kann aber diese Forderung nicht verallgemeinern. Wenn zweifellos auch an einzelnen Oefen auf einige Meter in der Höhe verzichtet werden kann, so ist jedoch zu berücksichtigen, daß der Schacht neben der Reduktionsarbeit viel wichtigere Vorbereitungsarbeit zu leisten

⁶⁾ Mitt. berg- u. hüttenm. Abt. kgl. ung. Hochschule Berg- u. Forstwes., Sopron 1931, S. 23/30.

hat. Bei einem Möller mit gasdurchlässigen Erzen kann der Ofen niedriger sein als bei einem Möller mit dichten Erzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine weitgehende Kenntnis der Erze für den Betrieb von großer Wichtigkeit ist. Für den Betriebsmann genügt nicht die Kenntnis der Stückverhältnisse und der chemischen Zusammensetzung seiner Erze, sondern er muß sich durch geeignete Untersuchungen über die Reduzierbarkeit und das physikalische Verhalten der Erze im Ofen ein Bild verschaffen. Hierzu wird ihm durch das angegebene Verfahren ein Weg gezeigt. Weiterhin lassen die Untersuchungen erkennen, daß die Ermittlung des Schüttkegels jedes Ofens dem Betriebsmann ein einfaches Mittel an die Hand gibt, durch Aenderung der Schüttung den Ofengang in bestimmten Richtungen zu beeinflussen, d. h. gegebene Verhältnisse wie z. B. Randgängigkeit oder dichte Zonen abzuändern. Nur durch eine ausgedehnte Kenntnis all dieser Umstände kann der Hochöfner seiner Aufgabe gerecht werden, besonders in der heutigen Zeit, wo er durch den eingeschränkten Betrieb vor immer neue Fragen gestellt wird.

Zusammenfassung.

An einem Hochofen wurden, verbunden mit einer allgemeinen Schachtuntersuchung, rd. 500 Reduktionsversuche an verschiedenen Erzsorzen und Sintergut durchgeführt, die

* * *

An die Vorträge von H. Poetter⁷⁾ und W. Feldmann schloß sich folgende Erörterung.

M. Zillgen, Wetzlar: Es ist den Hochöfnern im allgemeinen der Unterschied zwischen leicht und schwer reduzierbaren Erzen bekannt gewesen und auch die Tatsache, daß durch das Brechen grobstückiger Erze der Reduktionsgrad verbessert wurde. Man konnte diese Werte aber nicht zahlenmäßig erfassen. Die von Herrn Poetter durchgeführte Arbeit hat nun hier Klarheit geschaffen und es auch ermöglicht, in der Erzbewertung den von der Stückgröße abhängigen Reduktionsgrad richtig einzusetzen. Ich möchte nun kurz darlegen, wie wir vorgegangen sind, um diese wertvollen Ergebnisse in die Praxis umzusetzen.

Unser Möller besteht beim Erblasen von Gießereirohisen I mit einem Gehalt von 2,5 bis 4 % Si im allgemeinen aus einem Drittel Brauneisenstein in der gewünschten Stückgröße und einem entsprechend günstigen Reduktionsgrad. Zwei Drittel des Möllers bestehen aus den schwerer reduzierbaren Rot- und Flußeisensteinen, die teils gebrochen, teils aber auch ungebrochen angeliefert werden, weshalb auf der Sophienhütte ein Backenbrecher aufgestellt wurde, um sämtliche Rot- und Flußeisensteine zunächst auf 80 mm brechen zu können. Wir gingen später dazu über, einen Teil dieser Erze bei 55 mm Backenstellung zu brechen, und als sich der Ofengang hierauf günstig eingestellt hatte, wurden sämtliche Rot- und Flußeisensteine bei einer Backenstellung von 55 mm gebrochen.

Nachdem weitere Untersuchungen ergeben hatten, daß sich die Kohlensäureaustreibung aus dem Kalkstein bei etwa 1050° erst vollständig erreichen läßt, wenn die Stückgröße des Kalksteins etwa 30 mm in der Kugelform unterschreitet, gingen wir auch dazu über, den vorgebrochenen Kalkstein weiter zu brechen. Wir haben auf diese Weise die von Herrn Poetter angegebenen Zahlen weiter verbessert. Der Koksverbrauch ist im ganzen gegenüber der Zeit, wo wir den Erzbrecher noch nicht aufgestellt hatten, um rd. 10 % gefallen und entspricht der aus den Untersuchungsergebnissen errechneten Koksanzahl.

Als weitere wesentliche Vorteile des Brechens auf die gewählte Stückgröße sind noch anzuführen: Die Roheisenbeschaffenheit ist infolge des annähernd gleichmäßigen Reduktionsgrades der Erze bei regelmäßigem Ofengang äußerst gleichmäßig, so daß im Gegensatz zu früher keine ungenügend reduzierten Erzstücke mehr vor den Formen erschienen. Der Winddruck ist um etwa 0,1 atü gestiegen; die Gichtgastemperatur ist um etwa 100° gefallen; die Gichtgasanalyse hat sich bedeutend verbessert. Der Gichtstaubentfall ist geringer geworden. Während früher unter gleichen Betriebsverhältnissen etwa 10 g Staub je m³ Gichtgas entfielen, ist dieser Staubentfall auf etwa 6 bis 7 g/m³ zurückgegangen,

⁷⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1154/62 (Hochofenausssch. 134).

über das Maß der indirekten Reduktion und über die Reduzierbarkeit der Erze Aufschluß geben sollten. Gleichzeitig wurden die Verteilung der verschiedenen Stückgrößen und das Niedergehen der Beschickung im Ofen beobachtet. Gegenüber den bisher bekannten Reduktionsversuchen wurden die vorliegenden Untersuchungen unmittelbar am Hochofen mit normalstückigem Erz und dem Gasgemisch durchgeführt, das das Erz jeweils in der zu untersuchenden Ofenzone angreift. Aus den Ergebnissen wurde ein Bild über den stufenweisen Abbau des Eisensauerstoffs gewonnen sowie über seine Abhängigkeit von der Gaszusammensetzung und der Gasgeschwindigkeit. Auf Grund der Ergebnisse wurde eine Anregung für ein einfaches Verfahren zur Bestimmung des Reduktionsgrades gegeben. Es wurde weiter festgestellt, daß das Agglomerat auf indirektem Wege infolge seiner durch den Sintervorgang glasig gewordenen Oberfläche schwer reduzierbar ist; jedoch wird durch seine physikalische Beschaffenheit eine gute Vorbereitung der Beschickung gewährleistet und die Wirtschaftlichkeit eines agglomeratreichen Möllers gesichert. Aus der Rast entnommene Stoffproben ließen ebenfalls erkennen, wie verschieden weit die Reduktion bei den verschiedenen Erzsorzen vorgeschritten war, so daß die Untersuchungsergebnisse einen wertvollen Beitrag zur richtigen Bewertung der Eisenerze liefern.

und zwar in der Weise, daß der Entfall an Feinstaub, der erst in der Gasreinigung ausgeschieden wird, etwa der gleiche geblieben ist, während der Grobstaubentfall aus den Staubsammlern entsprechend zurückgegangen ist. Es ist dies zum Teil auf die um 100° niedrigere Gichttemperatur und die um etwa 17 % geringere Gasgeschwindigkeit zurückzuführen, in der Hauptsache aber auf den dichteren Erzmöller, wodurch die groben Staubteilchen in dem Ofen zurückgehalten werden.

Das erste Ziel, das wir uns gesteckt hatten mit der Aufgabe: „Auf welche Stückgröße müssen wir unsere verschiedenartigen Erze brechen, um etwa denselben Reduktionsgrad zu erzielen?“, haben wir erreicht. Während früher beim Erblasen der verschiedenen Roheisensorzen je nach den dazu verwendeten Erzen ein erheblicher Unterschied in dem Verhältnis Erz zu Koks bestand, ist heute der Möllersatz für die verschiedenen Erzsorzen annähernd der gleiche. Wir sind aber mit den praktischen Ergebnissen noch nicht am Ende. Wieweit wir an Hand der Untersuchungsergebnisse mit dem Erzbrechen gehen können, ohne den jetzigen günstigen Ofengang zu stören, bleibt weiteren Betriebsversuchen vorbehalten.

H. Bansen, Rheinhausen: Daß Versuche über das Reduktionsverhalten der Eisenerze unter Hochofenbetriebsbedingungen angestellt werden müssen, ist heute keine umstrittene Frage mehr. In der Durchführung dieses Gedankens weichen die Herren Poetter und Feldmann voneinander ab.

Herr Poetter legt wie ich⁸⁾ die Gasbelastung in Nm³ je m² Schachtquerschnitt und h zugrunde; er läßt jedoch das vorgewärmte Gas nicht durch eine Erzsäule, sondern unter und über eine Erzschicht streichen und verläßt so wesentliche Betriebsbedingungen. Herr Feldmann vermindert hingegen die aus der Stoffbilanz, also für die ganze Durchsatzzeit, errechnete Gasmenge je kg Eisen im Verhältnis der Aufenthaltszeit in der Beobachtungsstrecke zur Durchsatzzeit; er arbeitet danach nur mit $\frac{1}{37}$ bis $\frac{1}{9}$ der tatsächlich den Querschnitt durchströmenden Menge. Der Sauerstoffabbau ist jedoch nach seinen eigenen Versuchen stark von der Gasgeschwindigkeit abhängig.

Gas und Erz müssen in der Versuchsstrecke ungefähr gleiche Temperatur wie im Hochofen haben. Wenn auch Herr Poetter zur Erwärmung des Gases den Rohrfang mit Schamottebrocken ausfüllt, so hat er dabei noch nicht die Gewähr völliger Gasaufheizung. Die untersuchten Temperaturbereiche müssen weiter den Verhältnissen im Hochofen entsprechen, in dem die Temperatur des Erzes von 0° und die des Gases von 200 bis 300° an der Gicht mit der Ofentiefe ansteigt; sonst erhält man nicht die be-

⁸⁾ Wärmewertigkeit, Wärme- und Gasfluß, die physikalischen Grundlagen metallurgischer Verfahren (Düsseldorf: Verlag Stahleisen m. b. H. 1930).

zeichnende Kohlenstoffabscheidung. Herr Feldmann schaltet sie aus, wenn er das Erz erst bis auf 600° aufheizt.

Herr Poetter wie Herr Feldmann bestätigen den Einfluß der Stückigkeit, also der Reaktionsoberfläche je kg Erzsauerstoff. Man kann die gleiche Sauerstoffabbaukurve für ein schwer und ein leicht reduzierbares Erz erhalten, wenn man das erste entsprechend kleinstückiger wählt. Verschiedene Erze können daher nur unter den gleichen Bedingungen verglichen werden, d. h. bei Untersuchung einer Säule gegebenen Durchmessers von Erz gleicher Stückigkeit unter den Bedingungen von Zeit, Temperatur, Gasmenge und Gaszusammensetzung wie im Hochofen. Nach der Poetterschen Oberflächenreduktions-Linie entspricht einem bestimmten Porenraum ein ganz bestimmter Reduktionsgrad, zum wenigsten bei Korngrößen über 40 mm; unter 10 mm sind alle Erze in gleicher Weise gut reduzierbar. Dieses Verfahren zeigt nicht, daß bei Feinerzen durch den verschlechterten Gasdurchgang der rechtzeitige Reduktionseintritt ebensowenig erreicht wird wie bei Groberzen infolge der mangelhaften Wärmeleitung. Man erfährt auch nichts über den Verlauf der direkten Reduktion bei Kohlenstoffabscheidung und Berührung mit Koks. Nach Zahlentafel 6 wird von Herrn Poetter der Reduktionsgrad hauptsächlich durch den Gehalt an Korn unter 8 mm bestimmt. Man nimmt den Einfluß des Porenraumes also überhaupt nur wahr, wenn sehr viel grobes Erz von höchstem Reduktionsgrad, z. B. Minette, beigemischt wird. Feinerze stehen nach diesem Verfahren über dem daraus hergestellten Sinter.

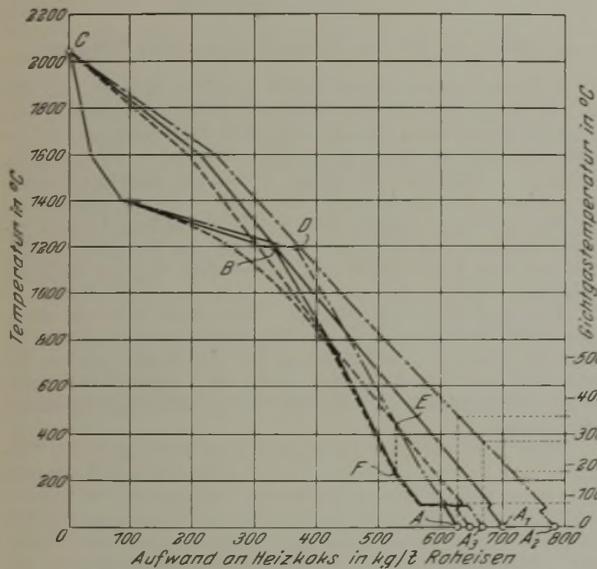


Abbildung 17. Schaubild zur Darstellung des Einflusses verschiedener Betriebsänderungen auf den Heizkoksbedarf.

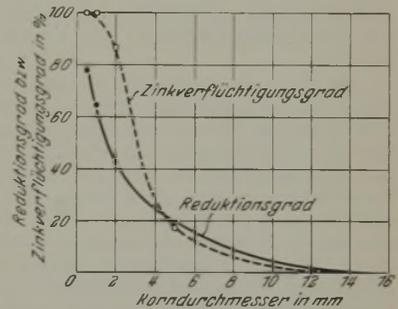
Was nützt aber die genaueste Feststellung der Reduzierbarkeit durch Gas bis auf 1 %, wenn bei Berechnung des Koksverbrauches 34 % als fest angenommen werden? Gerade die Abgastemperatur wird durch den Wärmeverbrauch im unteren Ofen, also durch die direkte Reduktion, weitgehend beeinflusst. Dies zeigt das Wärme-Temperatur-Schaubild eines Hochofens (Abb. 17). Linie ABC zeigt den Verlauf des Wärmebedarfes eines Möllers bei 600° Windtemperatur und 50 % Reduktion durch Gas an. Verläuft die direkte Reduktion von 1200° ab, so gibt die Wärme-Temperatur-Leitlinie des Kokses A₁BC einen Heizkoksverbrauch von 700 kg/t Roheisen an. Verringert sich der Reduktionsgrad um 10 %, so wird der Wärmeverbrauch bei B höher und reicht bis D. Die neue Wärme-Temperatur-Leitlinie des Kokses A₂DC gibt eine Steigerung des Koksverbrauches um A₂-A₁ = 80 kg/t Roheisen an. Dazu kommt ein Mehrbedarf von etwa 35 kg für Reduktionskoks. Man spart ihn, wenn der Kohlenstoff durch Kohlenoxydzerfall geliefert wird. Die bei EF frei werdende Spaltungswärme erhöht aber nur die Abgastemperatur von 280 auf 340°. Auch hierbei ist der Heizkoks erforderlich.

Will man eine Erklärung für das Verhalten des Sinters finden, dessen niedriger Koksverbrauch jedem Reduktionsversuch widerspricht, so muß man annehmen, daß es infolge einer besseren Verteilung und Vorwärmung eher zur Reduktion kommt. Beginnt sie bereits bei 800°, so weicht der Verlauf der Wärmeverbrauchslinie AGC um A₃-A = 60 kg Koks je t Roheisen zurück; zugleich sinkt die Gichttemperatur auf 80°.

Die vorgetragenen Untersuchungen geben wohl eine wertvolle Bestätigung mancher Hochofenvorgänge. Die Arbeitsverfahren genügen aber vorläufig noch nicht, um eine eindeutige zahlenmäßige Bewertung des Koksbedarfes zu gestatten.

M. Paschke, Clausthal: Herr Poetter hat ähnlich wie ich⁹⁾, wenn auch auf anderem Wege, den besonderen Einfluß der physikalischen Beschaffenheit eines Erzes auf seine Reduktionsfähigkeit festgestellt. Will man hieraus eine Nutzenanwendung ziehen und dabei als obersten Grundsatz für die Durchführung eines metallurgischen Verfahrens den der Gleichmäßigkeit wahren, so muß man der Stückgröße der Rohstoffe für den Hochofen größte Aufmerksamkeit schenken, wie es bereits von A. Wagner¹⁰⁾ und von den Herren Feldmann und Poetter gekennzeichnet worden ist. Es müßten, wie es von mir schon früher zum Ausdruck gebracht worden ist¹¹⁾, die verschiedenen Erze eines Möllers so zerkleinert werden, daß sie annähernd alle die gleiche Reduzierbarkeit, die sich aus chemischer und physikalischer Reduktionszahl zusammensetzt, ergeben. So wird man ein chemisch schwer reduzierbares und dichtes Erz auf die kleinste Stückgröße bringen, während die leichter reduzierbaren und weniger dichten Erze so gebrochen werden, daß sie dem Reduktionsgrad des ersten Erzes entsprechen.

Abbildung 18. Abhängigkeit des Reduktionsgrades und der Zinkverflüchtigung von Drehrohrofensinter aus Meggener Kiesabbränden von der Stückgröße.



Beachtlich ist die Reduktionswirkung von Hochofengas auf verschieden stückigen Drehrofensinter. Trotz anderer Versuchsbedingungen ähneln die im Jahre 1927 angestellten Ermittlungen denen des Herrn Poetter (vgl. Abb. 18). Bei einem Korndurchmesser von 15 bis 20 mm wird bei der angewandten Reduktionszeit zunächst kein Sauerstoff abgebaut, bei 5 mm ist der Betrag noch verhältnismäßig gering und steigt dann entsprechend der Verkleinerung des Durchmessers schnell an.

Bemerkenswert ist auch die Kurve der Zinkverflüchtigung¹²⁾. Der Ausgangssinter enthielt 9,14 % Zn. Der Verflüchtigungsgrad des Zinks bleibt bis zu 5 mm Korngröße unter dem Reduktionsgrad und übertrifft ihn bei weiterer Korngrößenverringern, so bei 2 mm Dmr. um das Doppelte. Bei etwa 1 mm Dmr. ist die Zinkverflüchtigung bereits beendet, während der Reduktionsgrad 64,7 % beträgt. Hierbei ist also bemerkenswert, daß erst durch Zusammenwirkung des Hochofengases mit dem entstehenden Eisenschwamm das überraschende Ergebnis der Zinkverflüchtigung bei verhältnismäßig niedriger Temperatur erhalten wird.

Folgendes ist noch zu beachten: Geschlossene Poren werden die Reduktionsfähigkeit eines Erzes zunächst nicht erhöhen; erst wenn der Sauerstoffabbau entsprechend weit vorgeschritten ist, werden sie für das Gas aufgeschlossen. Dies kann auch durch thermische und mechanische Zerklüftung des Erzes geschehen, wodurch die Reaktionsoberfläche je nach den Verhältnissen mehr oder weniger vergrößert wird.

G. Bulle, Hagen-Haspe: Wir müssen uns immer wieder fragen, wieweit Theorie und Praxis durch die neuen Arbeiten einander angenähert worden sind. Sie wissen alle, daß wir vor acht Jahren mit gewissen Bedenken mit praktischen Versuchen am Hochofen begonnen haben. Die meisten Hochofner waren der Ansicht, daß zwischen Theorie und Praxis eine Kluft besteht, die jedoch erfreulicherweise in diesen acht Jahren unter Führung des Unterausschusses für Hochofenuntersuchungen weitgehend überbrückt worden ist. Die Amerikaner sind uns ja vorangegangen mit ihren inneren Untersuchungen der Hochofen. Sie haben zuerst mit Rohren das Hochofeninnere angezapft, sie haben auch zuerst das Verfahren angewandt, das Herr Feldmann mit so

⁹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. I (1927/28) S. 389/91 (Hochofenaussch. 88).

¹⁰⁾ Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1109/18 (Hochofenaussch. 131).

¹¹⁾ Erörterung zu R. Baake: Stahl u. Eisen 51 (1931) S. 1277/83 u. 1314/19 (Hochofenaussch. 122).

¹²⁾ Vgl. hierzu W. Feldmann: Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 1290.

großem Erfolge zur Untersuchung des Hochofeninneren benutzt hat. Aber ich glaube, wir haben heute die Amerikaner überholt. Wir müssen es begrüßen, daß die Werke, besonders der Bochumer Verein und Buderus in Wetzlar, so weitgehend diese wichtige Arbeit der theoretischen und praktischen Untersuchungen mit großen Mitteln und großem Entgegenkommen unterstützt haben.

Aber sind wir jetzt wirklich so weit, daß wir die Brücke zwischen Theorie und Praxis schließen können? Ich habe aus den Arbeiten von Herrn Feldmann und Herrn Poetter den Eindruck gewonnen, daß wir doch noch nicht ganz fertig sind. Die beiden Herren haben mit Recht gesagt, die Reduktionszahlen ändern sich in dem Augenblick, wo sich die Möllierung ändert. Die Herren können in ihren Verfahren nur Reduktionsgrade von Eisenerzen ermitteln, also nicht von Erzen im Möller, in dem es schneller oder langsamer zur Reduktion kommen kann. Herr Feldmann will den Gesamtreduktionsgrad aus dem Kohlendioxidgehalt des Gichtgases errechnen und ihn nach den Einzelmessungen unterteilen. Wie denkt sich Herr Poetter die Unterteilung? Ist dieses Verfahren nachgeprüft? Ueber die in den beiden Verfahren liegenden Fehlerquellen bin ich mit Herrn Bansen einig. Wie stimmt die Betriebsverbesserung von 10% beim Brechen von Erz in Wetzlar nach den Angaben von Herrn Zillgen mit den rechnermäßig ermittelten 7% überein? Ich schlage vor, alle Reduktionsermittlungen des Versuchs im Hochofen nachzuprüfen.

A. Wagner, Völklingen (nachträgliche schriftliche Äußerung): Im Jahre 1930 habe ich gelegentlich der Hauptversammlung¹³⁾ auf den Mangel von laboratoriumsmäßigen Reduktionsversuchen hingewiesen, daß wirkliche Stückgröße, Oberfläche und Dichte des Eisenerzes überhaupt nicht oder nur unvollkommen berücksichtigt werden. Von Herrn Poetter und Feldmann ist die Forderung, die Reduktionsversuche möglichst an die Verhältnisse des Hochofenbetriebs anzupassen, weitgehend erfüllt worden. Herrn Poetters Feststellungen führen zu dem weitgehenden Schluß, daß die Reduktionsfähigkeit eines Erzes aus der Stückgröße und Porenoberfläche ermittelt werden kann, während Herr Feldmann in seinen Schlußfolgerungen zurückhaltender ist und die örtlichen Betriebsverhältnisse in den Vordergrund rückt. Mir selbst sind mittlerweile Zweifel gekommen, ob es überhaupt möglich ist, die Aufgabe einer allgemeingültigen wissenschaftlichen Prüfung der Reduzierbarkeit eines Eisenerzes restlos zu lösen. Auf der letzten Vollversammlung des Hochofenausschusses¹⁰⁾ konnte ich zeigen, daß bei der Verhüttung ein und desselben Möllers, einmal nach chemischen Gesichtspunkten, das andere Mal nach physikalischen Grundsätzen aufgegeben, Unterschiede im Koksverbrauch von 90 kg/t Roheisen erreicht worden sind. Durch bestimmte Maßnahmen, die sich in der gleichen Richtung bewegen, konnte dieser Unterschied im Brennstoffaufwand in letzter Zeit noch vergrößert werden. So betrug im Oktober 1932 der Verbrauch aller Thomasöfen der Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke an trockenem Koks 650 kg/t Roheisen bei einem Möllerausbringen von 41,1%; dabei war für einen vierzehntägigen Betrieb aller Öfen der Trockenkoks-Verbrauch nur 630 kg bei einem Möllerausbringen von 40%! Die Öfen konnten dabei allerdings nicht auf Höchstleistung getrieben werden. Als die Erzeugung wegen erhöhter Anforderung des Stahlwerks auf Normalleistung gesteigert werden sollte, kam der Hochofenbetrieb nicht mehr mit. Die Öfen gingen sehr schwer, und zwar wahrscheinlich zum Teil aus dem gleichen Grunde, auf den Herr Feldmann schon hinwies, weil nämlich eine gewisse Randgängigkeit, die für einen störungsfreien Ofenbetrieb von größter Bedeutung ist, nicht mehr vorhanden war. Die Tatsache, daß mit demselben Möller nur durch Beachtung bestimmter physikalischer Gesichtspunkte so beträchtliche Unterschiede im Koksverbrauch erreicht werden können, läßt den Zweifel an der Möglichkeit einer allgemein gültigen befriedigenden Erzbewertung berechtigt erscheinen.

Aus den angeführten Betriebszahlen läßt sich weiter der Schluß ziehen, daß das Streben nach möglichst großer Leistung der Ofeneinheit auf Kosten des Koksverbrauchs gehen kann. Entweder treibt man einen Hochofen auf immer weiter gesteigerte Leistung und verzichtet dann bewußt auf einen guten Koksverbrauch, oder man arbeitet auf Brennstoffersparnis ohne Rücksicht auf Spitzenleistungen. Beide Forderungen sind nicht miteinander zu vereinigen. Die Richtigkeit dieser Ansicht ist ja zur Genüge gerade durch den Notbetrieb des letzten Jahres auch im rheinisch-westfälischen Industriebezirk bewiesen worden.

J. Klärting, Münster (nachträgliche schriftliche Äußerung): Herr Poetter macht in erster Linie die physikalischen

Unterschiede für die verschiedene Reduzierbarkeit der Eisenerze verantwortlich. Wenn auch der Einfluß der physikalischen Eigenschaften auf die Reduzierbarkeit nicht bestritten werden soll, so dürfte die chemische Seite der Reduzierbarkeit ebenso wichtig sein. Zu den bisherigen in Anmerkung 1 erwähnten Arbeiten über die Reduktion von Eisenerzen bemerken E. Diep-schlag und Mitarbeiter, daß sie den Reduktionsvorgängen im Hochofen nicht genügend Rechnung tragen. Abgesehen davon, daß ich in meiner Arbeit¹⁴⁾ nicht die Absicht hatte, die Reduktionsvorgänge im Hochofen zu beschreiben, lassen sich meine Versuchsergebnisse doch für den Hochofen nutzbar machen.

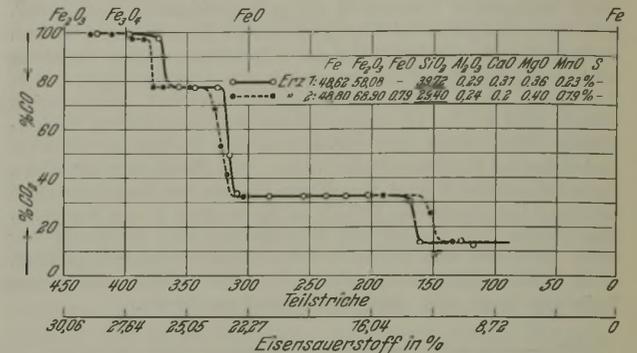


Abbildung 19. Sauerstoffabbaukurven zweier Eisenerze.

So kann man auf Grund meiner Arbeit z. B. sagen, daß sich die von Herrn Poetter beschriebenen Reduktionsversuche vereinfachen lassen, wenn man nur mit einem Gase reduziert, das der zuletzt angegebenen Zusammensetzung von 40,4% CO, 1,3% H₂, 58,3% N entspricht. Allerdings würde die Einwirkungs-dauer entsprechend der Durchsatzzeit länger als 6 min zu wählen sein. Die Reduktionszeit müßte also durch einmaligen Versuch ermittelt werden. Der Stickstoff vermindert im Hochofen nur den Teildruck von Kohlenoxyd und Wasserstoff, dagegen nicht die Reduktionsmöglichkeit, die bekanntlich von dem Verhältnis CO : CO₂ und H₂ : H₂O abhängt. Man würde also mit einem Gasgemisch von Kohlenoxyd und Wasserstoff, dessen Kohlenoxyd-Teildruck (nach den Angaben aus der chemischen Analyse des Erzes und dem Ueberdruck berechnet) 426,6 mm QS und dessen Wasserstoff-Teildruck 13,7 mm QS beträgt, dieselben Ergebnisse erzielt haben.

Wenn auch der Reduktionsgrad eines Erzes nach den Versuchen von Poetter für einen Bereich verschiedener Korngröße gleich ist, so kann es sich nach früheren Versuchen von R. Schenk und Mitarbeitern bei einem derartigen hohen Eisensauerstoffgehalt des Erzes, entsprechend einem Reduktionsgrad von 84% unter einer kohlen-säure- und wasserfreien Gasatmosphäre nicht um ein Gleichgewicht handeln, wie von den Forschern angenommen wird. Vielmehr ist die geringe Diffusionsgeschwindigkeit der einzelnen Bodenkörperphasen bei dieser Sauerstoffkonzentration wohl als Ursache für den ungefähr gleichen Reduktionsgrad anzusprechen.

Bei der Zusammenstellung der Versuchsergebnisse sind die Eisen-, Eisenoxydul- und Eisenoxydgehalte graphisch aufgetragen. Ich habe bereits früher darauf hingewiesen, daß die Angabe der Eisenoxydul-Eisenoxyd-Gehalte im Reduktionsgute nicht viel besagt. Freies Eisenoxyd läßt sich bedeutend besser reduzieren als chemisch gebundenes Eisenoxyd, also etwa ein Kalkferrit 2 CaO · Fe₂O₃. Das gleiche gilt für Eisenoxydul, das in Form von Wüstit (Fe₃O₄ · FeO) leichter zu reduzieren ist als in Form von Fayalit (2 FeO · SiO₂).

Es ist ferner auf die Abhängigkeit der Porosität von dem Reduktionsgrad hingewiesen worden. Ich halte es für sehr schwierig, Mikrohöhlräume zu planimetrieren, die eine im Verhältnis zum Gasmolekül beachtliche Größe aufweisen. In einem Aufsatz über die Bewertung von Eisenoxyden¹⁵⁾ habe ich die Möglichkeit einer Bewertung an Hand von Abbauschaubildern besprochen. Wie die bisher unveröffentlichten Kurven in Abb. 19 zeigen, sind selbst bei Verwendung gepulverter Erzproben größere Unterschiede in der Reduzierbarkeit möglich, die für die Bewertung von Wichtigkeit sind. Bei einer Beurteilung des Reduktionsverhaltens kommt es nicht nur auf die chemische Analyse der fein gepulverten Erze an. Die Erze 1 und 2 sind stark kiesel-säurehaltig. Würde sämtliche Kieselsäure an der Reduktionsreaktion teilnehmen, dann müßte der Anteil an normal reduzier-

¹³⁾ Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 660 (Hochofenaussch. 112).

¹⁴⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 5 (1931/32) S. 129/38.

¹⁵⁾ Int. Bergwirtsch. Bergtechn. 25 (1932) S. 105/06.

barem Eisen geringer sein, was sich in den Abbaukurven durch eine kürzere Wüst-Metall-Horizontale bemerkbar machen müßte. Ein großer Teil der in beiden Erzproben enthaltenen Kieselsäure ist also tatsächlich an der Reaktion unbeteiligt.

Im Einklang mit diesen Versuchen steht der von Diepschlag und Mitarbeitern gefundene größere Reduktionsgrad bei Erzen mit uneinheitlicher chemischer Zusammensetzung. Eine geringere Reaktionsfähigkeit der bei der Reduktion gebildeten Eisenoxyde mit der Gangart ist als Ursache für diese Tatsache anzusehen. Diese Frage ließe sich vielleicht durch eine mineralogische Analyse des Reduktionsgutes entscheiden. Es wäre nur wissenswert, ob die Porenzahl oder die Porigkeit eines mit Quarz oder anderen Fremdoxyden durchwachsenen Erzes zwangsläufig größer ist als die eines Erzes, das Kieselsäure oder andere Fremdoxyde in feinerer Verteilung aufweist. Als dann wäre die direkte Abhängigkeit von Porenoberfläche und Reduktionsgrad, wie sie durch die Porenoberflächen-Reduktions-Kurve von den Verfassern angegeben ist, verständlich. Durch Brechen, Zerkleinern und Sieben wird die chemische Zusammensetzung der einzelnen Kornklassen gegenüber der Durchschnittszusammensetzung verschoben, eine Tatsache, die als Aufbereitungsgrundlage für verschiedene Erze von K. Drescher¹⁶⁾ verwertet worden ist. Es wäre möglich, daß der Reduktionsgrad durch die verschiedene chemische Zusammensetzung beeinflusst worden ist.

H. Poetter, Wetzlar: Ich möchte kurz auf die Einwände und Bedenken eingehen, die zu unseren Ausführungen geltend gemacht worden sind. Zunächst beanstandet Herr Bansen, daß bei mir eine einzige Erzsicht vorliege und mithin der Reduktionsversuch doch nicht ganz dem Hochofenvorgang entspreche. Ich habe gleiche Versuche gemacht mit nur einem Erzstück und mit einer ganzen Ofenfüllung gleich großer Erzstücke und bin zu demselben Ergebnis gekommen. Außerdem kann die Übereinstimmung meiner Zahlen mit denen des Herrn Feldmann dafür sprechen, daß den Betriebsverhältnissen unbedingt Rechnung getragen worden ist. Ich habe die Ergebnisse eines von Herrn Feldmann untersuchten Schwedenerzes, das einem von mir behandelten Erz entspricht, auf meine Weise umgerechnet und schaubildlich aufgetragen und dabei einen Unterschied von nur 2 % gefunden.

Dann wurde beanstandet, daß trotz Vorwärmung die richtige Temperatur nicht gewährleistet sei. Ich habe auf Anregung von Herrn Professor Diepschlag besonders viele Vorversuche gerade zur Feststellung der Temperatur gemacht. Ich habe verschiedene Verfahren mit mehreren Thermoelementen, die zum Teil im Erz lagen, angewandt und dabei vor allem nach Vorwärmung mit den Füllkörpern einwandfreie Ergebnisse bekommen, die ich jederzeit gern zur Verfügung stelle.

Zu der Vermutung, daß nach unseren Arbeiten das Agglomerat einen niedrigeren Reduktionsgrad besitze als die Feinerze, kann ich mich nicht äußern, weil wir das Agglomerat noch nicht bearbeitet haben. Vielleicht bietet sich später Gelegenheit, darauf zurückzukommen. Ferner wurde gesagt, daß ich ein Drittel des Koksbedarfes als konstant angenommen hätte. Das ist nur der Einfachheit halber in meiner Erzbewertungstafel angegeben, weil ich mir nur die Aufgabe gestellt hatte, die Lücke der genauen Bestimmung der indirekten Reduktion auszufüllen. Es handelt sich hier um die Summe des Koksbedarfs für Zersetzung des Wasserdampfes im Gebläsewind, für Verluste durch Kühlung und Strahlung und für die fühlbare Gaswärme; das sind Werte, die für jeden Betrieb selbstverständlich anders sind. Daß die indirekte Reduktion durch Brechen des Erzes verändert werden kann, haben wir gezeigt. Durch dieses Brechen findet eine Temperaturverschiebung statt, sowohl durch das Brechen des Erzes als auch durch das Brechen des Kalksteins, und zwar wird die Wärme im oberen Teil des Ofens besser ausgenutzt, d. h. wir drücken die Temperatur im Schacht und konzentrieren die Wärme im Gestell, also im unteren Teil des Ofens; darin liegt ein besonderer Vorteil des Brechens.

Dann möchte ich noch kurz auf den Einwand des Herrn Klärting über die vermutlichen Fehler des Integrationsverfahrens eingehen. Mit dem Integrationsverfahren kann man in kurzer Zeit eine sehr große Anzahl Poren auszählen und messen, so daß man sehr genaue Durchschnitte bekommt. Den Einwand glaube ich am besten widerlegen zu können durch Anführung meiner Ergebnisse von vier Erzen, bei denen der Gesamtporenraum einmal in der bisherigen Weise aus den spezifischen Gewichten und einmal nach dem Integrationsverfahren ermittelt wurde. Die verhältnismäßig gute Übereinstimmung geht aus folgenden Zahlenwerten hervor:

Erzsorte	Aus den spezifischen Gewichten %	Nach dem Integrationsverfahren %
Brauneisenstein	30,94	30,16
Minette	28,92	29,42
Roteisenstein	0,78	0,68
Flußeisenstein	1,72	1,85

Sodann ist es selbstverständlich, daß sich der Gesamtreduktionsgrad des Möllers aus den Reduktionsgraden der einzelnen Erze errechnet. Das wurde von uns bereits betont und braucht deshalb nicht noch einmal erörtert zu werden.

Auf die Fragen des Herrn Bulle wegen der weiteren Verbesserung unserer Betriebsergebnisse habe ich zu bemerken, daß auch in dem neuen, von Herrn Zillgen angeführten Fall eine gute Übereinstimmung mit unseren Reduktionskurven erzielt wurde. Daß wir inzwischen von 7,5 % auf 10 % Koksersparnis gekommen sind, liegt daran, daß wir heute etwa 70 % der Erze brechen gegenüber 55 % bei den ersten Versuchen.

Zu der Äußerung des Herrn Wagner, meine Feststellungen führten zu dem weitgehenden Schluß, daß die Reduktionsfähigkeit eines Erzes aus der Stückgröße und Porenoberfläche ermittelt werden kann, während Herr Feldmann in seinen Schlußfolgerungen zurückhaltender sei und die örtlichen Betriebsverhältnisse in den Vordergrund rückte, möchte ich auf die Stelle meines Vortrages verweisen, in der es wörtlich heißt: „Diese Feststellungen zeigen, daß es möglich ist, die Reduktionskurven aller Erze allein mit Hilfe des Mikroskops und des Integrationsstiches zu ermitteln, wenn man sie für ein Erz durch einen Versuch entsprechend den gegebenen Betriebsverhältnissen festgelegt hat.“ Dieser Satz weist eindeutig auf die Wichtigkeit der Berücksichtigung örtlicher Betriebsverhältnisse hin.

Herr Klärting wendet sich gegen meine Äußerung, daß alle bisherigen einschlägigen Versuche den Reduktionsvorgängen im Ofen nicht genügend Rechnung tragen. Während meiner Arbeiten die Ermittlung der chemischen und insbesondere der physikalischen Einflüsse zugrunde lag, befaßt sich die Arbeit Herrn Klärtings nur mit Gleichgewichtsuntersuchungen, wobei die durch die physikalischen Eigenschaften bedingten Unterschiede durch feines Pulvern der Proben ausgeschaltet wurden, um lediglich den Einfluß der chemischen Zusammensetzung auf den Reduktionsverlauf zu erfassen. Seine Ausführungen bestätigen meine Ergebnisse oder bilden eine willkommene Ergänzung. Darauf, daß sich die von mir beschriebenen Reduktionsversuche wesentlich vereinfachen lassen, habe ich bereits in meinem Vortrag hingewiesen.

Für die Tatsache, daß der Reduktionsgrad eines Erzes für einen Bereich verschiedener Kornklassen gleich ist, lassen sich zahlreiche Erklärungen finden; ich habe deren drei angeführt. Herr Klärting fügt eine vierte hinzu, indem er die geringe Diffusionsgeschwindigkeit der einzelnen Bodenkörperphasen bei dieser Sauerstoffkonzentration als Ursache anspricht.

Zu der Beanstandung meiner graphischen Auftragungen der Eisen-, Eisenoxydul- und Eisenoxydgehalte möchte ich darauf hinweisen, daß diese Auftragungen besonders geeignet sind, die chemische Natur der Erze erkennen zu lassen. Daß man sowohl beim Planimetrieren als auch bei Reduktionsversuchen einzelner Erzstücke verschiedene Ergebnisse bekommt, ist selbstverständlich; darauf habe ich bereits in meinem Vortrag hingewiesen, indem ich sagte, daß zur Ermittlung von Durchschnittswerten eine größere Anzahl Proben aus den verschiedensten Stückgrößeklassen untersucht werden müssen.

Die zum Schluß von Herrn Klärting aufgeworfene Frage ist dahin zu beantworten, daß die Porenzahl und Porigkeit eines mit Quarz oder anderen Fremdoxyden durchwachsenen Erzes zwangsmäßig größer ist als die eines Erzes, das Kieselsäure oder andere Fremdoxyde in feinerer Verteilung aufweist, ein Beweis für den gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen Porenoberfläche und Reduktionsgrad. Die durch Brechen, Zerkleinern und Sieben bedingte Verschiebung der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Kornklassen gegenüber der Durchschnittszusammensetzung beeinflusst den Reduktionsgrad so unwesentlich, daß darauf in der Praxis keine Rücksicht genommen zu werden braucht.

Zusammenfassend kann ich daher wohl sagen, daß wir den Weg zu einer wissenschaftlichen Bewertung eines Eisenerzes in bezug auf die indirekte Reduktion klar gezeigt haben.

W. Feldmann, Bochum: Herr Bansen weist darauf hin, daß ich bei den Reduktionsversuchen das Erz zunächst bis 600° aufgeheizt und damit die Kohlenstoffausscheidung ausgeschaltet habe. Ich habe das bewußt getan, zumal da der Hochofen auf der

¹⁶⁾ Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 773/79 (Erzaussch. 30).

ersten Versuchsbühne diese Temperatur aufwies, da ich bei der Verfolgung des stufenweisen Sauerstoffabbaues auf die Kenntnis der Veränderung des Kohlenoxydgehaltes im Gase angewiesen war. Ich war mir aber über die Bedeutung des Spaltungskohlenstoffs durchaus klar, wie ich es in den Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit des Agglomerats auch ausgeführt habe. Aus diesem Grunde verlangte ich bei dem Untersuchungsverfahren zur Bestimmung des Reduktionsgrades, daß hierbei die Temperaturen von 0 bis 1000° zu durchlaufen sind. Hierdurch wird die Wirkung des Spaltungskohlenstoffs im Endzustande erfaßt. Und damit verweise ich noch einmal auf die Bedeutung dieses Verfahrens, das in seiner Einfachheit alle beeinflussenden Umstände erfaßt, wie Porigkeit, Gasdurchlässigkeit, Stückigkeit, Spaltungskohlenstoff, Veränderung der mechanischen Beschaffenheit des Erzes durch Glühen, Austreibung von Hydratwasser und Kohlen-säure.

Zu den Ausführungen von Herrn Bulle, daß nur die Reduzierbarkeit des einzelnen Erzes erfaßt würde und nicht die des Möllers, möchte ich sagen, daß ich mit Absicht das Verhalten des einzelnen Erzes bei der Reduktion erfasse, um das eine Erz gewissermaßen als Medizin gegen das andere bei Temperaturverschiebungen im Hochofen einsetzen zu können. Zur Ermittlung der Reduktion des gesamten Möllers bleibt es mir jedoch überlassen, ihn in seiner Gesamtheit der Reduktion zu unterwerfen und so den Reduktionszustand am Ende des Versuches zu erfassen.

Wenn sich wegen möglicher Fehlerquellen auch kein absoluter Wert ermitteln läßt, so sollte man dennoch nicht auf eine solche Bestimmung verzichten. Für den Betriebsmann ist es zweifellos von Vorteil, wenn er die Kenntnis seiner Erze dadurch erweitert, daß er Vergleichswerte für die Reduzierbarkeit bekommt, die immerhin den absoluten Werten angenähert sind.

Entwicklungslinien der Walzenstraßen.

Von Johann Puppe in Düsseldorf.

[Schluß von Seite 270.]

(Vielwalzen-Walzwerke. Die Anordnung im Raum verteilter Gerüste: die gestaffelte Anordnung von Walzgerüsten, die kontinuierliche Anordnung von Walzgerüsten, halbkontinuierliche Walzenstraßen und Sonderstraßen. Schlußbetrachtungen.)

d) Vielwalzen-Walzwerke.

Die von R. Daelen im Jahre 1848 auf der Hermannshütte bei Hörde geschaffene erste brauchbare Bauart eines Universalwalzwerkes verdient darum besonders hervorgehoben zu werden, weil sie erstmalig praktisch den Weg wies, das Walzgut seitlich zu bearbeiten, ohne es wenden zu müssen. Das Universalwalzwerk dieser Art wird entweder als Lauthsches Trio meist für leichtere Werkstücke, für schwere in der Regel als umkehrbares Duo ausgebildet; in beiden Fällen sind entweder zwei oder nur ein Stehwalzenpaar vorgesehen⁵⁾. Unverkennbar hat jedoch in den letzten zwanzig Jahren das Universalwalzwerk zur Herstellung von Universaleisen in Europa, namentlich aber bei uns, an Bedeutung eingebüßt, ein Entwicklungszustand, für den kennzeichnend sein mag, daß in dem erwähnten Zeitraum keine einzige Neuanlage mehr entstand. Die Begründung hierfür ergibt sich aus dem sehr stark zurückgegangenen Bedarf an Universaleisenstreifen infolge der fast restlosen Aufgabe der Erzeugung patentgeschweißter Rohre und der stark an Bedeutung gewonnenen Breitflanschträger gegenüber den früher ausschließlich gebräuchlichen genieteten Trägern, für deren Steg meist Stehbleche Verwendung fanden, die in Universaleisenwalzwerken hergestellt wurden. In England, vor allem aber in Amerika hat dieser wohl in ähnlicher Form zu erwartende Entwicklungsgang bei weitem noch nicht diesen Stand erreicht, da überlappt geschweißte Rohre noch in großen Mengen erzeugt werden.

Im besonderen Maße eignet sich das Universalwalzwerk zum Walzen von Brammen, und hierfür werden diese Walzwerke hauptsächlich in Amerika angewendet. Ihr wesentliches Merkmal besteht in nur einem Stehwalzenpaar, das von einer selbständigen Maschine betrieben wird. Eine Wiederbelebung der ältesten Daelenschen Bauart kann man neuerdings in der kontinuierlichen Anordnung gleichlaufender Duo-Universalwalzwerke im Rahmen von kontinuierlichen Streifenstraßen erblicken. Der Antrieb der Stehwalzen wird entweder vom Kammwalzengerüst des vorher liegenden Waagrechtwalzenpaares abgeleitet, oder er erfolgt unmittelbar von einem besonderen Motor; im erstgenannten Falle hat man es mit einer vollständigen Universalwalzwerksgruppe

zu tun, die zweite Bauart entspricht etwa den vorgenannten Universalbrammenwalzwerken.

Die zweite große Gruppe von Walzwerken, die gleichfalls als Universalwalzwerke bezeichnet werden, unterscheidet sich jedoch grundsätzlich von der Daelenschen Bauart dadurch, daß mehr als zwei, meist vier Walzen in einer Ebene liegen und gemeinsam ein Kaliber bilden. Die erste praktische Form dieser Walzwerksbauart reicht bis in die vierziger Jahre des vorigen Jahrhunderts zurück, wo Vierwalzenkaliber-Universalwalzwerke in Schweden und England zum Auswalzen von Rohrluppen zu Rohren dienten, eine Anwendungsform, die neuerdings auch als Reduzierwalzwerk mit Erfolg Anwendung findet.

Von großer wirtschaftlicher Tragweite waren diese Bauarten für die Herstellung von Breit- und Parallel-I-Trägern. Es bedurfte mehrerer Jahrzehnte, ehe das in den sechziger Jahren erstmalig in Frankreich errichtete Träger-Universalwalzwerk im Jahre 1902 in Differdingen seine erste praktisch brauchbare Form erreicht hatte, der in der Vorkriegszeit ähnliche Anlagen in Bethlehem und Peine folgten. Während in der darauf folgenden Zeit in Europa keine Neuanlagen dieser Art entstanden, bauten amerikanische Werke im Zeitraum der letzten sechs Jahre nicht weniger als drei Universalwalzwerksanlagen zur Herstellung von Breit- und Parallelflansch-I-Trägern, die wegen ihrer großzügigen Ausbildung eine besondere Beachtung verdienen⁶⁾.

Nicht unerwähnt sei, daß das Universalwalzwerk in hohem Maße auch zur Walzbearbeitung der Fahrbahnflächen von Schienen geeignet ist. Daß dieser Gedanke nicht neu ist, geht aus einem Ende der sechziger Jahre in Ungarn vorgenommenen praktischen Versuch hervor. Diese Tatsachen lassen die Vermutung zu, daß dem Universalwalzwerk auch auf diesem Arbeitsgebiet eine weitere Entwicklung beschieden sein wird.

Von größter Tragweite war die richtige Erkenntnis der Bedeutung des Walzendurchmessers. Die ursprünglich vornehmlich aus Gründen der Festigkeit hervorgegangenen Erwägungen für die Bemessung des Walzendurchmessers führten schon im ersten Drittel des achtzehnten Jahrhunderts durch den Schweden Christopher Polhem⁷⁾ zu einer völlig neuen Auffassung, der als erster zwei dünne Arbeits-

⁵⁾ Im Laufe der Entwicklung des Universaleisenwalzwerkes sind etwa 16 verschiedene Ausführungsformen zur Anwendung gelangt; Näheres hierüber siehe J. Puppe und G. Lobkowitz: Das Walzen von Universaleisen. In: Handbuch des Walzwerkswesens.

⁶⁾ Vgl. hierzu die eingehende Schilderung aller Anlagen nach J. Puppe und G. Lobkowitz: Das Walzen von Breit- und Parallelflansch-I-Trägern (Universalträger). Handbuch des Walzwerkswesens.

⁷⁾ Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 243.

und zwei dicke Stützwalzen zur Herstellung dünner Bleche verwendete. Die außerordentlichen Vorzüge eines kleinen Arbeitswalzendurchmessers haben fast durch eineinhalb Jahrhunderte kaum eine Würdigung erfahren, bis im Jahre 1862 B. Lauth dieser längst bekannten Tatsache zu neuen Erfolgen verhalf. Auch dann mußten Jahrzehnte vergehen, bis erst in neuester Zeit die dünnen Streckwalzen weitgehende Verbreitung fanden. Wohl konnte man in Europa schon vor fünfzig Jahren Ansätze beobachten, die auf einen vielseitigeren Gebrauch kleiner Arbeitswalzen, besonders zum Polieren von Metallen, hinzielten, doch blieben diese wenigen Versuche fast nur auf Feinbleche beschränkt. Auch als dieses Arbeitsverfahren in Amerika zum Auswalzen von Grobblechen im Stückgewicht bis zu 36 t angewendet worden war, war eine Uebertragung auf andere Walzwerksarten nicht zu beobachten. Erst im letzten Jahrzehnt hat die Verwendung dünner Arbeitswalzen mehr und mehr Eingang gefunden. Diese Entwicklung hat bei der Herstellung dünner, bandförmiger Walzsorten nicht haltgemacht, sondern neuerdings wiederum auch zur Herstellung von Panzerplatten und zum kontinuierlichen Walzen von Grobblechen eine Erweiterung erfahren. Das Anwendungsgebiet dünner Streckwalzen scheint gegenwärtig noch nicht erschöpft zu sein, verspricht vielmehr auch auf anderen Gebieten des Walzwerkswesens diesen zu bedeutenden Fortschritten zu verhelfen.

e) Die Anordnung im Raum verteilter Gerüste.

Die bisherigen Betrachtungen haben sich lediglich auf ein- oder mehrgerüstige, aber stets einachsige angeordnete Walzwerke erstreckt. Eine derartige Teilung wurde getroffen, um in besonderer Weise die nun folgenden Ausführungen über mehrachsige angeordnete Walzwerke in den Vordergrund zu rücken.

1. Die gestaffelte Anordnung von Walzgerüsten.

Dem Westfalen Friedrich Thomée⁹⁾ blieb es vorbehalten, den von Hazledine im Jahre 1798 zuerst vorgeschlagenen Gedanken der Achsenauflösung von Walzenstraßen praktisch zu verwirklichen. Von der bis dahin zum Drahtwalzen allein gebräuchlichen belgischen Straße trennte Thomée im Jahre 1838 das Vorgerüst und stellte es in Staffelanordnung vor den einachsigen beibehaltenen Fertigstrang. Während es bei den bis dahin einachsigen angeordneten und gemeinsam angetriebenen Walzgerüsten mit Rücksicht auf den Walzvorgang im ersten Vorgerüst nicht möglich war, die Walzgeschwindigkeit der weiteren Gerüste zu steigern, behält Thomée für das vorgesezte Gerüst die gleiche Walzgeschwindigkeit bei, ermöglicht jedoch durch diese Gerüsttrennung eine ganz bedeutende Erhöhung der Walzgeschwindigkeit des Fertigstranges. Obwohl die Thoméesche Gerüstanordnung gegenwärtig nicht mehr zum Drahtwalzen gebaut wird, ist sie in annähernd der gleichen Form in Europa bis in die Gegenwart zur Herstellung von leichtem Stabeisen und mittelschwerem Walzgut gebaut worden. Wenn gegenwärtig die Thoméesche Anordnung für Mittel- und Feineisensorten in manchen Fällen als unzweckmäßig bezeichnet werden muß, so trifft dies für dieselbe Straßenart nicht mehr zu, wenn schweres Walzgut darauf erzeugt wird. So weisen die meisten europäischen Grobeisen-Walzwerksanlagen die grundsätzliche Form der zweigestaffelten Vor- und Fertigstraße auf, wobei als Vorwalzwerk ein Blockwalzwerk vorhanden ist. Der Fertigstrang hat dann vielfach zwei bis fünf Duo-Umkehr- oder Triogerüste, die sehr vorteilhaft mit regelbaren Geschwindigkeiten betrieben werden.

Der Amerikaner William Garret setzte in den achtziger Jahren den von Thomée begonnenen Weg großzügig fort, indem er den einachsigen Fertigstrang mehrfach staffelte und hierdurch eine zweckmäßige Steigerung der Walzgeschwindigkeiten erzielte. In den folgenden Jahren bis in unsere Gegenwart wird die Garret-Straße vielfach zum Teil noch in ihrer ursprünglichen Form angewandt. Schon die ersten Ausführungen bedienten sich reichlich mechanischer Umführungen, die für die Entwicklung dieser Straßen von maßgebender Bedeutung waren. Obgleich die Endwalzgeschwindigkeit dieser Walzwerke infolge Handarbeit beschränkt ist, erreicht man mit diesen Straßen Erzeugungen von stündlich 25 t und mehr, da man mit sechs bis sieben Adern gleichzeitig walzen kann. Diese Leistungen werden auch heute von keiner anderen Anordnung der Gerüste übertroffen, da zur Zeit das mehradrige Walzen von Draht in rein kontinuierlichen Straßen noch nicht befriedigend vervollkommen werden konnte.

Kennzeichnend für die Entwicklung der gestaffelten und späterhin der kontinuierlichen Gerüstanordnung ist, daß die Auflösung der einachsigen angeordneten Gerüststränge immer zunächst in jenen Straßen erfolgte, in denen kleinste Walzquerschnitte, wie beispielsweise Draht, hergestellt wurden. So sehen wir, wie die praktische Brauchbarmachung der Staffellung von Drahtstraßen bald auch auf Straßen übertragen wurde, die zum Walzen von Feineisen, Mitteleisen und schließlich schwerem Walzgut diente.

2. Die kontinuierliche Anordnung von Walzgerüsten.

Weit über sechzig Jahre mußten vergehen, ehe von den zahlreichen Patenten und sonstigen Vorschlägen für kontinuierliche Walzwerke seit Hazledine das im Jahre 1861 Charles While erteilte Patent auf ein kontinuierliches Walzwerk mit liegenden und stehenden Walzen in den folgenden sechziger Jahren in mehrfachen Ausführungen zum Vorblocken von Schweißstahlpaketen seine praktische Brauchbarkeit nachweisen konnte. Georges Bedson vervollkommnete weitestgehend denselben Grundgedanken in seinem Patent aus dem Jahre 1862, das sowohl ein Walzwerk mit liegenden und stehenden Walzenpaaren betrifft als auch die Verwendung von Drehführungen zwischen nur liegenden Walzen.

Für die weitgehende Entwicklung des kontinuierlichen Walzwerkes waren neben der vollständigen Mechanisierung des Walzvorganges vor allem die Möglichkeit höchster Walzgeschwindigkeiten maßgebend. Während z. B. die Austrittsgeschwindigkeit einer von Hand bedienten Garret-Straße mit etwa 9 m/s begrenzt erscheint, ist man bei der kontinuierlichen Drahtstraße bis auf 17 m/s und neuerdings sogar auf 23 m/s⁹⁾ gegangen. Beim Auswalzen von Bandeisen und Röhrenstreifen sowie Stabeisen arbeitet man mit Austrittsgeschwindigkeiten von 10 bis 12 m/s, bei schmalen Bandeisen sogar bis 16 m/s¹⁰⁾. Aus diesen hohen Geschwindigkeiten ergeben sich in Verbindung mit der Mechanisierung des Walzvorganges die großen Erzeugungsmengen und niedrigen Verarbeitungskosten. Diese Vorzüge haben dazu geführt, daß die kontinuierliche Gerüstanordnung besonders in Amerika häufig Anwendung gefunden hat, und zwar zunächst für das Walzen von Knüppeln, Platinen, Streifen und Bandeisen sowie neuerdings auch zum Auswalzen von Grob- und Mittelblechen, Stab- und Profileisen. In einzelnen Fällen wählte man die kontinuierliche Gerüstanordnung auch zum Vorblocken schwerer Blöcke. Diese Bauart ist nur dort angebracht, wo es sich um die Erzeugung ganz besonders

⁹⁾ Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 210.

¹⁰⁾ Stahl u. Eisen 49 (1929) S. 1409.

⁸⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 1006/08.

großer Mengen in der Zeiteinheit handelt; sie dürfte für europäische Verhältnisse vorläufig nicht in Frage kommen.

Das kontinuierliche Walzwerk fand in Deutschland verhältnismäßig spät Eingang. Durch Eduard Böcking im Jahre 1896 erstmalig als Vorwalzwerk für eine Drahtstraße angewandt, folgte im Jahre 1904 die Gewerkschaft „Deutscher Kaiser“ in Dinslaken mit einer rein kontinuierlichen Walzwerksanlage für Bandeisen. In den folgenden Jahren kamen mehrfach Ausführungen von kontinuierlichen Walzwerken in Europa in Betrieb, doch beschränkte sich deren Anwendung nur auf die Herstellung von Halbzeug sowie als Vorwalzwerk für Fein- und Stabeisenwalzwerke sowie in einzelnen Fällen auch als rein kontinuierliche Straßen

führung, der in den folgenden Jahren weitere Straßen folgten. Da solche Anlagen aus den Veröffentlichungen der letzten Zeit bekannt sind, erübrigt es sich, auf sie einzugehen. Der Bau dieser Walzwerke hat in den Kreisen europäischer Fachleute großes Aufsehen erregt infolge der außerordentlich hohen Erzeugung, die bis zu 35 000 t monatlich betragen soll. Das kontinuierliche Walzen der Feinbleche dürfte in Zukunft weitere Verbreitung finden, wengleich sich die alten Feinblechstraßen für die Erzeugung dünner Blechstärken und für die Herstellung von Sonderblechen auch künftig behaupten werden, wohl aber nur in einer veränderten Betriebsführung. Damit sind vor allem die mit Erfolg in den letzten fünf Jahren unternommenen Versuche der

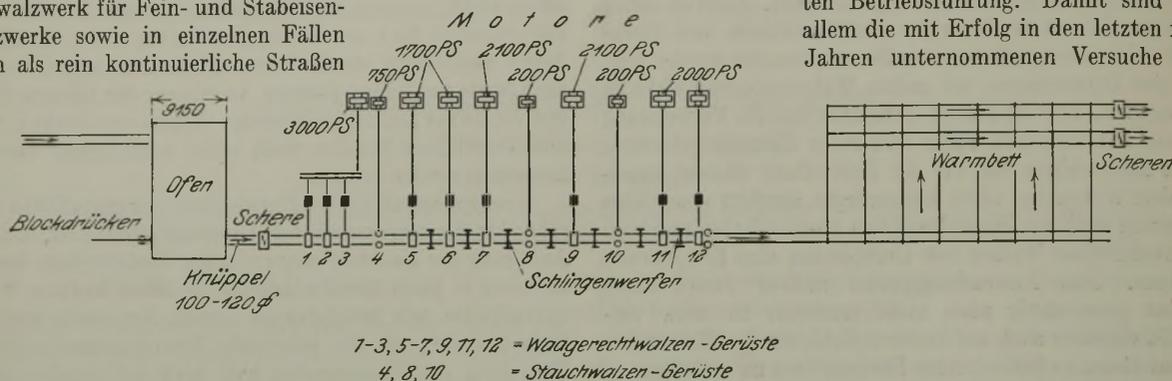


Abbildung 4. 750er kontinuierliches Walzwerk der Jones and Laughlin Steel Co. in Aliquippa zur Herstellung von Streifen, Winkleisen und Sonderträgern. [Nach J. Puppe: Die Anordnung von Walzgerüsten zu Walzenstraßen. In: Handbuch des Walzwerkswesens (Düsseldorf: Verlag Stahleisen m. b. H. 1929) Bd. I, Abb. 41.]

für Draht. Das kontinuierliche Walzwerk für Halbzeug und Platinen sowie Bandeisen hatte in seiner ursprünglichen Form einen gemeinsamen Antrieb für alle Gerüste. Dieser bewährt sich gut, solange der Querschnitt des Walzgutes noch verhältnismäßig groß ist, so daß Zerrungen oder Stauchungen den Walzvorgang, die Einrichtungen und das Aussehen des Werkstückes nicht wesentlich beeinträchtigen. Diese Erscheinungen machen sich jedoch sehr unangenehm beim Auswalzen dünner Querschnitte wie Draht, Streifen und Stabeisen bemerkbar. Die Notwendigkeit einer genauen Geschwindigkeitsregelung jedes einzelnen Gerüsts wächst ferner mit zunehmender Walzgeschwindigkeit beträchtlich. Der Hauptsache nach können hier zwei Wege zu praktisch sicheren Lösungen führen, und zwar einmal, indem man die genannten Gerüste in eine Anzahl von Gruppen aus wenigen Gerüsten gliedert und zwischen den Gruppen Abstände läßt, um das Walzgut wenigstens auf einem Teil seiner Länge frei auslaufen lassen zu können oder, indem weitestgehend eine Geschwindigkeitsregelung durch viele Einzelantriebe getroffen wird. Der erste Fall gestattet die Anordnung der Gerüstgruppen hintereinander oder gestaffelt nebeneinander, das letzte allerdings nur dann, wenn das Walzgut eine Schleifenbildung ermöglicht.

Etwa in den neunziger Jahren entstanden in Amerika die ersten kontinuierlichen Bandeisen- und Streifenwalzwerke. Der Entwicklungsgang dieser Walzwerksbauarten gleicht grundsätzlich dem der kontinuierlichen Drahtstraße.

Nicht immer hatten die Amerikaner die Führung in der Erweiterung des kontinuierlichen Walzverfahrens. Angeregt durch die Erfolge kontinuierlicher Band- und Streifenwalzwerke kam im Jahre 1902 auf der Rudolphshütte in Böhmisch-Teplitz das erste kontinuierliche Feinblechwalzwerk in Betrieb. Die Amerikaner verfolgten seit dem Jahre 1902 denselben Gedanken, erreichten aber erst im Jahre 1924 mit der Inbetriebsetzung der bekannten Anlage der American Rolling Mill Co. in Ashland¹¹⁾ eine praktisch brauchbare Aus-

elektrischen Warmhaltung des Werkstückes gemeint, die gerade dort sehr aussichtsreich erscheinen, wo beschränkte Absatzbedingungen den Bau teurer Großerzeugungsanlagen nicht rechtfertigen.

Nicht unerwähnt bleiben möge die Erweiterung des kontinuierlichen Walzbetriebes auf die Herstellung von Röhren, dessen erste praktische Versuche in die neunziger Jahre fallen. Außer den nur noch vereinzelt gebräuchlichen in Deutschland entwickelten kontinuierlichen Röhrenstreckwalzwerken mit mitlaufendem Dorn hat das kontinuierliche Röhrenwalzen eine praktische Anwendung lediglich in den sogenannten Reduzierwalzwerken gefunden. Wie kaum in einem anderen Walzwerkszweig ist die Herstellung eines Rohres zufolge der großen Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung an kürzeste Bearbeitungszeiten gebunden. Dieser Umstand drängt zu einer in kleinsten Zeitspannen aufeinanderfolgenden Querschnittsabnahme unter Beibehaltung einer linearen Walzrichtung.

Gegenwärtig kann als letzte Entwicklungsstufe des kontinuierlichen Walzverfahrens seine Anwendung auf das Walzen von Form- und Stabeisen bezeichnet werden. Das 450er kontinuierliche Walzwerk der Jones and Laughlin Steel Co. in Aliquippa nach Abb. 4 dient zum Walzen von Streifen, leichten Stabsorten und I-Trägern. Die Anlage verwertet bereits die Erfahrungen, die man bei der Gerüstgruppierung und Walzgeschwindigkeitsregelung in anderen Walzwerkszweigen gemacht hat.

Aehnliche Anlagen sind in den letzten Jahren in Amerika gebaut worden; sie geben ein beredtes Bild von dem sehr fortgeschrittenen Stand der Entwicklung kontinuierlicher Walzwerke in Amerika. Der immer wiederkehrende Leitgedanke ist der, die größten je Stich zulässigen Querschnittsänderungen in der kürzesten Zeit hintereinander vorzunehmen, ohne die Lage und Richtung des Walzgutes zu ändern.

3. Halbkontinuierliche Walzenstraßen und Sonderstraßen.

Sehr viele Walzwerke zur Herstellung von mittleren und leichten Walzsorten weisen die sogenannte halbkontinuier-

¹¹⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 47 (1927) S. 1167/72.

liche Gerüstanordnung auf, worunter die Verbindung einer kontinuierlichen Vorstraße mit einer beliebigen nichtkontinuierlichen Fertigstraße zu verstehen ist. Die Anfänge dieser Bauarten reichen bis in die achtziger Jahre zurück. Aus dieser Anordnung ergab sich schon frühzeitig die Notwendigkeit, die Leistungsfähigkeit der Fertigstaffel der des kontinuierlichen Vorwalzwerkes anzupassen. Die Bestrebungen dieser Richtung führten zunächst zur Staffelung der Fertigerüste. Aber auch in solchen Fällen zeigte es sich, daß die Leistungsfähigkeit der kontinuierlichen Vorstraße die der Fertigstraße um ein beträchtliches überragte. Der nächste Schritt führte dann zur Erbauung eines weiteren Fertigwalzwerkes, das von der gleichen kontinuierlichen Vorstraße das Halbzeug erhält. Mitunter ergab sich dann die Notwendigkeit, im Anschluß an die vorhandene kontinuierliche Vorstraße weitere Gruppen von Fertigerüsten zu kontinuierlichen Zwischenstraßen vorzusehen in einer dem vielseitigen Walzplan entsprechenden Fülle von Lösungsmöglichkeiten.

Während man also hier die Leistungsmöglichkeit der ersten kontinuierlichen Vorstraße durch das Hinzufügen mehrerer gestaffelter Fertigstraßen zu erschöpfen suchte, gingen die Amerikaner in den letzten zehn Jahren bisweilen einen anderen Weg, indem sie mit nur einem besonders ausgebildeten Fertigwalzwerk hinter dem kontinuierlichen Vorwalzwerk auszukommen suchten. Um die Leistungsfähigkeit der Fertigstraße an die der Vorstraße anzugleichen, werden die Gerüste derart angetrieben, daß die Walzgeschwindigkeit jedes Gerüsts auf das technisch noch eben zulässige Höchstmaß gebracht und Betriebsgeschwindigkeiten erreicht werden, die als Grenzwerte angesprochen werden müssen. Dies erreicht man durch eine kontinuierliche Anordnung der letzten Fertigerüste. Derartige Straßen weisen Monatsleistungen von 10000 bis 14000 t auf und treten in Wettbewerb zu den rein kontinuierlichen Stabeisenwalzwerken. In allerjüngster Zeit hat diese Bauart auch in Europa Eingang gefunden.

Die Leistungsfähigkeit der neuzeitlichen Stabstraßen erscheint durch die Erreichung der Grenzwerte für die Austrittsgeschwindigkeit sowie durch die außerordentlich dichte Stabfolge erschöpft. Der Gedanke lag nahe, ähnlich wie beim Drahtwalzen auch Stabeisensorten mehradrig zu walzen. Diese Arbeitsweise war an die Ausbildung der Kühlbettauflauftrinne gebunden. Seit dem Jahre 1928 sind in dieser Hinsicht bedeutende Fortschritte erzielt worden.

In Amerika haben sich in den letzten drei Jahrzehnten Straßen zur Erzeugung von mittelschwerem und leichtem Walzfuß entwickelt, bei denen die Fertigerüste nicht einachsiger angeordnet, sondern zweckmäßig im Raum verteilt sind, wobei das Walzgut keinen seitlichen Schleppzug erfährt, vielmehr in schräg von Gerüst zu Gerüst liegenden Rollgängen weitergeleitet wird. Diese Bauarten sind unter den Namen Cross country und Staggered mill bekannt geworden.

Das Cross country-Walzwerk hat sich aus der Trio-Einstichstraße entwickelt, worunter eine Bauart nach Abb. 5, Anordnung a, verstanden wird. Diese schon in den neunziger Jahren nur in Amerika verwendeten Walzwerke bestehen aus mehreren hintereinander liegenden einachsigen betriebenen Gerüststafeln, die aus Triogerüsten mit Blindwalzen gebildet werden. Die Nachteile der Trio-Einstichstraßen, vor allem die geringe Ausnutzung der einzelnen Walzgerüste, führten zu Beginn dieses Jahrhunderts dazu, jeweils die in zwei Gerüsten hintereinander, aber in entgegengesetzter Walzrichtung stattfindenden Stiche in einem einzigen vollständigen Triogerüst vorzunehmen und dieses schachbrettartig zu den anderen Gerüsten anzuordnen. Vielfach dient dann

das erste Triogerüst auch zur Vornahme von drei bis fünf Stichen, oder man ordnet an deren Stelle eine kontinuierliche Vorstraße an, mitunter auch hintereinander angeordnete Duo-Vorstreckgerüste, die nach jedem Stich einen freien Auslauf des Walzgutes zulassen. Die Verbindung von Gerüst zu Gerüst der Fertigstraße erfolgt dann nicht mehr durch rechtwinklig zu den Walzenachsen liegende Rollgänge, seitlich arbeitende Schlepper oder Ueberhebevorrichtungen, sondern durch quer im Baufeld laufende Rollgänge. Diese

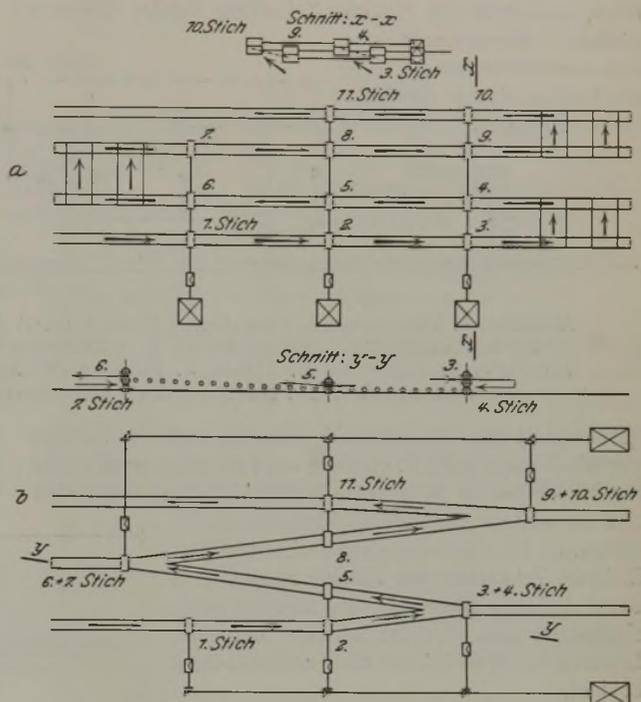


Abbildung 5. Schematische Darstellung der Entwicklung der Zickzack-Triostraße b (Cross country) aus der Einstich-Triostraße a. (Nach J. Puppe u. G. Lobkowitz: Das Walzen von schwerem Form-, Stab- und Mitteleisen. Handbuch des Walzwerkswesens.)

wörtlich durch ihre Bezeichnung „Cross country“ = „querfeldein laufend“ gekennzeichnete Walzwerksbauart, auch unter dem Namen Zickzack-Triostraße bekannt, steht in den Vereinigten Staaten von Nordamerika gegenwärtig vielfach zur Herstellung mittelschwerer und leichter Form- und Stabeisensorten in Gebrauch. In Europa hingegen hat diese Walzwerksbauart nur in ganz vereinzelten Fällen erst in allerjüngster Zeit zur Herstellung von Mitteleisensorten Eingang gefunden. Die Abb. 5 veranschaulicht die Entwicklung¹²⁾ der Zickzack-Triostraße (b) aus dem Trio-Einstichwalzwerk (a). Die mit nur zwei Walzen ausgerüsteten Triogerüste 3 und 4, 6 und 7 sowie 9 und 10 des Trio-Einstichwalzwerkes werden in der Zickzack-Triostraße zu vollständigen Triogerüsten mit drei Walzen zusammengelegt und schachbrettartig zu den Gerüsten 1, 2, 5, 8 und 11 angeordnet. Diese Bauarten haben ursprünglich nur zur Herstellung von schwerem Formeisen Anwendung gefunden. Für diesen Aufgabenbereich standen drei bis vier Triogerüste in Gebrauch, deren letztes meistens nur einen Stich aufzunehmen hatte und dann als Duo gebaut wurde. Gleich den Trio-Einstichstraßen für schweres Form- und Stabeisen sind in neuerer Zeit Zickzack-Triostraßen für die gleichen Zwecke nicht mehr gebaut worden, da sie nur dann großen Vorteil versprechen, wenn ein sehr einheitlicher Walzplan zu erfüllen ist. Die

¹²⁾ Vgl. die eingehende Darstellung von J. Puppe und G. Lobkowitz: Das Walzen von schwerem Form-, Stab- und Mitteleisen. In: Handbuch des Walzwerkswesens.

Vorzüge dieser Bauarten traten hingegen beim Walzen von Mitteleisen in besonderer Weise hervor. In dieser Anwendungsform nimmt die Zickzackstraße gegenwärtig eine bevorzugte Stellung ein, da sie namhafte Vorteile wirtschaftlicher und technischer Art gegenüber einachsigen angeordneten Trio-Mittelstraßen aufweist. Sie erbrachte eine weitgehende Ausschaltung der Handarbeit durch eine selbsttätige Beförderung der Werkstücke von einem Gerüst oder Kaliber zum anderen. Aber auch dort, wo eine Handarbeit unvermeidbar blieb, gestattete die Zickzack-Triostraße infolge der sehr großen Erzeugungsmengen eine wesentliche Herabsetzung des Lohnanteiles je Gewichtseinheit Erzeugung. Gegenüber

vorgesehenen Triogerüsten, eine Notwendigkeit, der sehr zweckmäßig dadurch nachgekommen wird, daß zwei oder mehr Gerüste der Vorstraße angegliedert werden. Da zum Walzen irgendwelcher Mittel- oder Feineisensorten höchstens sechs, meist aber nur vier Formstiche erforderlich sind, so besteht die eigentliche Zickzack-Duostraße nur aus vier bis sechs Gerüsten. Die durchweg geringe Ballenlänge der Walzen ermöglicht es, Mitteleisensorten mit einem wesentlich kleineren Walzendurchmesser herzustellen als bei den einachsigen angeordneten Trio-Mitteleisenstraßen. Die Ersparnisse an Walzenkosten sind hierdurch bedeutend, namentlich wenn es sich um die Erledigung kleinerer nicht einheitlicher Auftragsmengen handelt. Die einfache Bauart der Walzgerüste ermöglicht den Umbau in der aller kürzesten Zeit; dies gilt auch beim Wechslen vollständiger Gerüste. Diese

an Walzenkosten sind hierdurch bedeutend, namentlich wenn es sich um die Erledigung kleinerer nicht einheitlicher Auftragsmengen handelt. Die einfache Bauart der Walzgerüste ermöglicht den Umbau in der aller kürzesten Zeit; dies gilt auch beim Wechslen vollständiger Gerüste. Diese

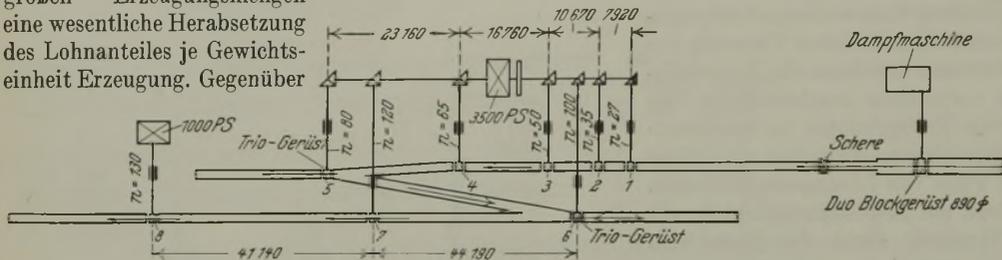


Abbildung 6. 610er Zickzack-Triowalzwerk (Cross country) der Illinois Steel Co. in Chicago. 1 bis 4 = kontinuierliche Gerüste 610 ϕ ; 5 = Triogerüst 610 ϕ ; 6 = Triogerüst 610 ϕ ; 7 und 8 = Duogerüst 560 ϕ . (Nach J. Puppe: Die Anordnung von Walzgerüsten zu Walzenstraßen. In: Handbuch des Walzwerkswesens, Bd. I, Abb. 56.)

Ersparnissen am Lohnaufwand treten die anderen Vorzüge verhältnismäßig zurück, obgleich auch sie diese gegenwärtig für Mitteleisen so bevorzugte Walzwerksbauart begründen und ihr weitere Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. In Abb. 6 ist beispielsweise die 610/560er Zickzack-Triostraße der Illinois Steel Co. in South Chicago dargestellt, die mittlere Stabeisensorten aller Formen herstellt bei einer Leistung von etwa 700 t in einer zehnständigen Schicht.

Walzwerke eignen sich also nicht nur zur Herstellung großer Mengen, sondern auch zur raschen Erledigung eines vielseitigen Walzplanes. In der Regel wird das Zickzack-

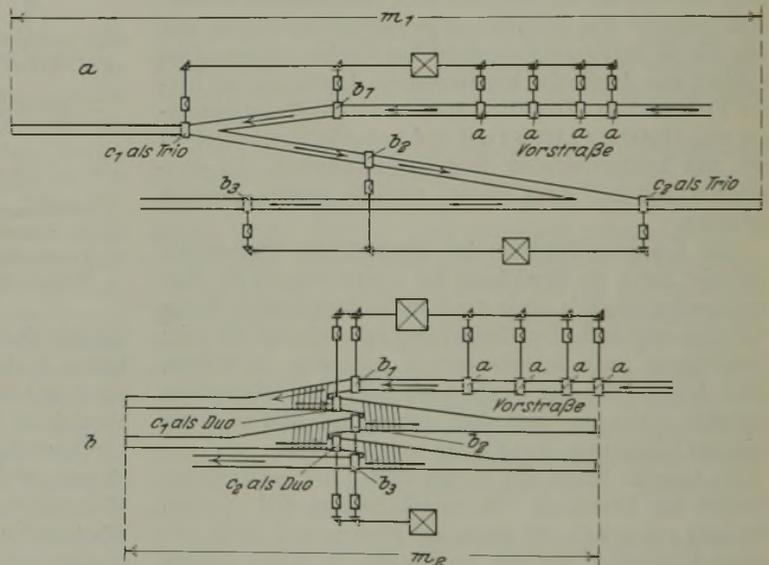


Abbildung 7. Schematische Darstellung der Entwicklung der Zickzack-Duostraße b (Staggered mill) aus der Zickzack-Triostraße a (Cross country). (Nach J. Puppe und G. Lobkowitz: Das Walzen von schwerem Form-, Stab- und Mitteleisen. Handbuch des Walzwerkswesens.)

Abweichend von den Zickzack-Triostraßen entwickelte sich in Amerika eine unter dem Namen „Staggered mill“ = „Zickzack-Duo-walzwerk“ bekannte Bauart von Walzwerken mit schachbrettartig versetzten, in nur zwei Walzensträngen angeordneten Duogerüsten mit entgegengesetztem Drehsinn¹²⁾. Der Aufgabenbereich dieser Walzenstraßen umfaßt zur Zeit der Hauptsache nach Mittel- und Feineisensorten in Stabform. In Abb. 7 ist die allgemeine Anordnung einer Zickzack-Triostraße (a) veranschaulicht und die daraus entwickelte Zickzack-Duostraße (b). Versetzt man die Triogerüste c_1 und c_2 der Zickzack-Triostraße jeweils um eine Ballenlänge in zwei entgegengesetzt laufende eng beieinander und gleichgerichtete Walzenstränge und ersetzt sie durch Duogerüste, dann wird durch diese Umbildung die Zickzack-Triostraße zu einer Zickzack-Duostraße. Der aus der Vorstraße kommende Stab tritt in das Gerüst b_1 ein und verläßt dieses auf einem schräg verlaufenden Rollengang; dieser ist mit Schrägrollen versehen, die selbsttätig den Stab vor und mit dem nachlaufenden Ende in das Gerüst c_1 bringen. In der gleichen Weise gelangt das Werkstück in die übrigen Gerüste und verläßt geradlinig auslaufend das letzte Gerüst b_3 . Die Gründe für die Entwicklung dieser Bauart sind zum Teil in denselben Vorzügen, vor allem der fast völligen Ausschaltung der Handarbeit zu suchen, die auch die Zickzack-Triostraßen auszeichnen, vermehrt durch die Vorteile, die sich aus der vereinfachten Bauart der Walz- und Kammwalzgerüste ergeben. Da in jedem Gerüst stets nur ein Stich stattfindet, vermehrt sich wohl die Gerüstzahl gegenüber Zickzack-Triostraßen entsprechend den daselbst

Duo-walzwerk mit kontinuierlichen Vorstraßen versehen und mit Einstich-Triostraßen verbunden.

Auch die Zickzack-Duostraßen haben bisher in Europa nur ganz vereinzelt Anwendung gefunden. Als Beispiel einer derartigen Bauart ist die in Abb. 8 dargestellte Zickzack-Duo-Mitteleisenstraße der United Steel Co. in Sheffield dargestellt, die zur Herstellung kleinerer Mittel- sowie Feineisensorten in Stabform dient.

Zum Schluß sei noch kurz auf die nur in Amerika entwickelten Sonderstraßen zur Herstellung großer Mengen von Schienen und schwerem Baueisen hingewiesen, wie sie drüben schon seit etwa dreißig Jahren gebaut werden. Die im Raum verteilten, weitestgehend mit selbständigen regelbaren Antrieben ausgestatteten Gerüste sind für die genannten Zwecke wohl von den bekannten Anlagen der Indiana

Steel Co. in Gary und der Lackawanna Steel Co. in Buffalo in Erinnerung. Noch weitergehend wird die Auflösung der Gerüste im Raum durch die in *Abb. 9* schematisch veranschaulichte Bauart erfüllt, die einem in allerjüngster Zeit gebauten Mitteleisenwalzwerk entspricht. In dieser Anlage sind nur gleichlaufende Duo-Einstichgerüste mit einer von Gerüst zu Gerüst sich steigierenden Drehzahl vorgesehen.

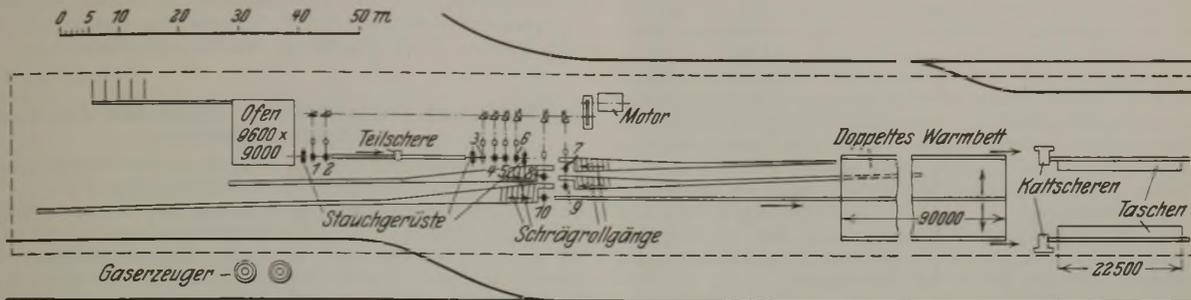


Abbildung 8. 350 300er Zickzack-Duo-Mitteleisenwalzwerk der United Steel Co. Ltd. in Sheffield.
(Nach E. Richarme: Laminaires à fers marchands. Paris: Dunod 1929.)

Die Erbauung dieser Sonderwalzwerke ist natürlich sehr kostspielig und kommt nur dort in Betracht, wo es sich um die Herstellung großer Mengen in kurzer Zeit handelt. Für gewöhnliche europäische Erzeugungsbedingungen dürften auf Jahre hinaus zur Herstellung von Grobeisensorten Anlagen wie beispielsweise nach *Abb. 3* genügen, mit der Jahresleistung bis 1,2 Mill. t erzielt werden. Derart hohe Leistungen werden auch von amerikanischen Sonderbauarten kaum übertroffen. Hingegen hat das bei uns seit rund hundert Jahren noch immer vielfach angewendete einschichtige Trio-Mitteleisen- und -Feineisenwalzwerk für Stabsorten seine Bedeutung gegenüber den vorstehend gekennzeichneten Sonderstraßen für diese Zwecke an Bedeutung verloren und kann nur noch in wenigen Fällen als angebracht bezeichnet werden.

Schlußbetrachtungen.

Ueberblickt man rückschauend die Entwicklung der Walzwerke, so erkennt man, daß deren Richtlinien nicht immer klar zutage treten und die außerordentliche Vieltätigkeit der gestellten Aufgaben sowie der vorliegenden Erzeugungsbedingungen zu mannigfachen Lösungen geführt haben, über die nur ein kurzer Ueberblick gegeben werden konnte. Unwillkürlich drängt sich die Anschauung auf, daß die Entwicklung noch nicht zum Abschluß gelangt ist und noch viele Möglichkeiten für grundlegende Fortschritte und Neuerungen vorliegen. Hierbei sei auch betont, daß die sachliche Betrachtung des Walzwerkswesens in seiner zeitlichen Entwicklung nicht allein äußerst lehrreiche Aufschlüsse über die begangenen Wege gibt, sondern dem Fachmann auch Schlüsse zu ziehen erlaubt, wie aller Voraussicht nach die künftige Entwicklung sich gestalten kann.

Grundsätzlich ist das Bemühen festzustellen, die Leistungsfähigkeit der Walzwerke durch Erhöhung der Fertigwalzgeschwindigkeit und Anpassung an die höchst zulässigen Grenzwerte zu steigern, ein Bestreben, das zu einer weitgehenden Regelbarkeit der Geschwindigkeit einzelner Stiche und Anordnung zahlreicher Einzelantriebe geführt hat an Stelle der früher gebräuchlichen Gruppenantriebe.

Die Ausrüstung des Walzwerkes sowohl in bezug auf die Art des Antriebes als auch die Durchführung des Walzens ist sinngemäß stets dem Walzvorgang anzupassen, im Gegensatz zu den älteren Anlagen, bei denen vielfach der Walzvorgang zwangsläufig von den vorhandenen starren Einrichtungen

gestaltet werden muß. Wie gezeigt wurde, haben diese neuzeitlichen Bestrebungen einen sehr starken Einfluß auf die Anordnung von Walzgerüsten zu Walzenstraßen ausgeübt. Mitentscheidend für diese Anordnungen war das Bemühen, den Walzvorgang mehr und mehr zu mechanisieren.

Das Ergebnis aller Bestrebungen gipfelt in den außerordentlich hohen Leistungen der unter diesen Gesichts-

punkten entwickelten neuzeitlichen Anlagen, einer starken Verminderung der Handarbeit und somit zuletzt einer bedeutenden Ermäßigung der Verarbeitungskosten der Walzwaren. Es ist unverkennbar, daß die amerikanischen Walzwerksingenieure, obwohl die Grundgedanken der Walzwerksentwicklung vielfach in Europa entstanden, begünstigt durch die

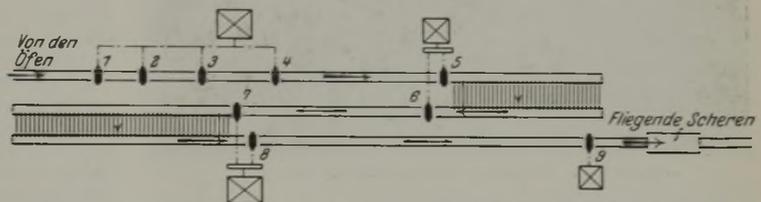


Abbildung 9. Schema einer Duo-Sonderstraße für schweres und mittelschweres Form- und Stabeisen. (Nach J. Puppe und G. Lobkowitz: Das Walzen von schwerem Form-, Stab- und Mitteleisen. In: Handbuch des Walzwerkswesens.)

besseren Erzeugungsbedingungen, diese Grundgedanken in besonderer Weise weiter entwickelt und hierdurch einen bedeutsamen Anteil am derzeitigen Stand des Walzwerkswesens haben. Besonders in Hüttenwerken jener Länder, die mit schlechteren Absatzbedingungen als Amerika zu kämpfen haben und vor allem geringe Mengen verschiedenartiger Walzwaren zum Abwalzen bringen müssen, besteht die Notwendigkeit, der Bauart der Walzwerke ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die großen Zeitverluste infolge eines sehr wechselnden und vielseitigen Walzplanes und die hierdurch bedingten geringen Erzeugungen lassen es besonders notwendig erscheinen, unter Berücksichtigung aller vorliegenden Erfahrungen zweckentsprechende und hochleistungsfähige Walzwerke zu bauen, um die Gestehungskosten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Dies erscheint um so dringlicher, als menschliche Arbeit immer teurer wird und unsere Wettbewerbsfähigkeit auf dem Weltmarkt durch die sehr hohen steuerlichen und sozialen Lasten sich immer schwieriger gestaltet.

Zusammenfassung.

Die Haupttrichtlinien in der Ausbildung der Walzenstraßen werden an einer in großen Zügen umrissenen Entwicklung des Walzwerkswesens durch die Darstellung der verschiedenen Walzwerksbauarten in ihren Grundformen erörtert, wobei ihr Ursprung und Verwendungszweck kurz geschildert und ihre kennzeichnende Anordnung zum Teil an Abbildungen erläutert sowie für eine nähere Beschreibung auf die Schrifttumsangaben in dieser Zeitschrift hingewiesen wird.

Umschau.

Kohlenstoffsteine für elektrische Schmelzöfen.

Zur Auskleidung elektrischer Schmelzöfen wird mit Ausnahme der Stahlföfen fast allgemein Kohlenstoff verwendet, weil meist kein anderer Baustoff den chemischen und physikalischen Anforderungen dieser Öfen in gleichem Maße entspricht.

Teilweise stellt man die Öfen dadurch zu, daß man sie mit einer aus geglühten Kohlenstoffarten, wie Anthrazit, Koks, gemahlene Elektrodenresten usw., und Teer oder Pech bestehende Masse ausstampft. Ein solches Futter bekommt aber leicht Risse, weil bei dem anschließenden Brennen eine gleichmäßige Temperaturverteilung in der eingestampften Masse niemals zu erzielen ist. Ein weiterer Nachteil ergibt sich daraus, daß sich beim Stampfen leicht Schichten und weniger dichte Stellen in der Masse bilden. Beides ist für die Haltbarkeit der Zustellung schädlich. Schließlich ist auch zu berücksichtigen, daß das Brennen des gestampften Bodens geraume Zeit in Anspruch nimmt, und daß dabei größere Mengen von lästigen Teerdämpfen entweichen. Um den Anteil der Stampfmasse an der Gesamtzustellung nach Möglichkeit zu verringern, bildet man vielfach

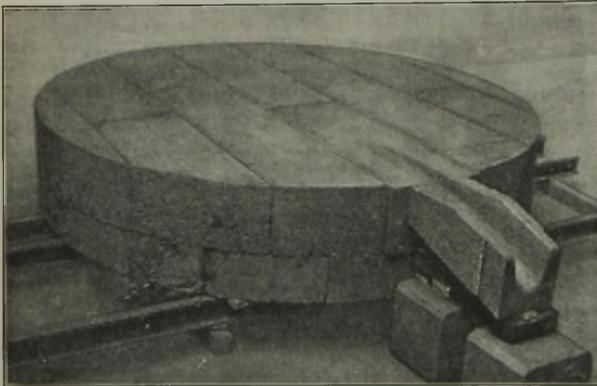


Abbildung 1. Ofenboden aus Kohlenstoff-Formsteinen.

auch aus roh behauenen Elektrodenblöcken, meist Reststücken von Stabelektroden, gleichsam ein Gerüst, dessen Zwischenräume nur mit Stampfmasse ausgefüllt werden. Aber auch bei diesem Verfahren erhält man kein vollkommen dichtes Mauerwerk, da die Füllmasse beim Brennen schwindet und dadurch Risse entstehen.

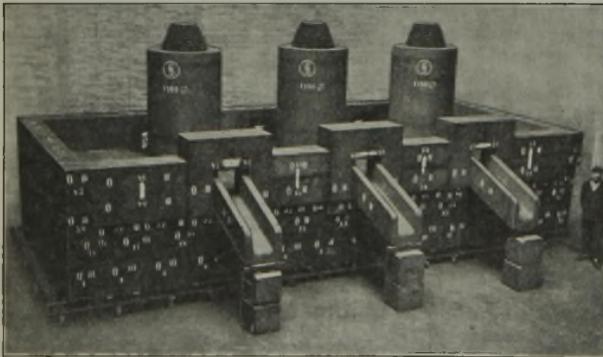


Abbildung 2. Zusammenbau eines Elektroofens aus Kohlenstoff-Formsteinen.

Diese Uebelstände lassen sich durch Verwendung fertiggebrannter Kohlenstoffsteine der notwendigen Form vermeiden, wie sie von den Siemens-Planierwerken hergestellt werden (vgl. Abb. 1 und 2). Einmal kann beim hydraulischen Pressen der rohen Masse schon weitgehend die endgültige Form berücksichtigt werden, weiter lassen sich die Flächen der fertiggebrannten Steine noch maßgerecht schleifen, so daß die Möglichkeit fast fugenlosen Verlegens gegeben ist. Dabei ist es zweckmäßig, beim Einbau der Steine die Seitenflächen mit einem dünnen Anstrich eines besonderen Kittes zu versehen, damit sich die Kohlenstoffsteine bei der Erhitzung fest miteinander verbinden. Sind zur Herstellung der Böden derartiger Ofenauskleidungen mehrere übereinander angeordnete Lagen erforderlich, so wird durch Ueberdeckung der Fugen eine weitere Sicherung gegen das Eindringen des Schmelzgutes erreicht. Gerade für Öfen, die der Herstellung von Ferrosilizium oder solcher Stoffe, bei

denen Ferrosilizium als Nebenerzeugnis anfällt, dienen, ist der Zustellung auf diese Art besonderer Wert beizumessen.

Durch die Wärmeausdehnung der Kohlenstoffsteine, die zwischen 0 und 1000° 4,8 bis $5,2 \cdot 10^{-6}$ cm/cm beträgt, sind Schwierigkeiten nicht zu erwarten; sie kann bei der Bemessung der Zustellung ohne weiteres berücksichtigt werden. Die hohe Temperaturwechselbeständigkeit schließt die Gefahr von Beschädigungen durch Abkühlung bei Ofenstillständen aus.

C. Kuhlmann.

Zur Bestimmung des Sauerstoffs in Stählen nach dem Wasserstoff-Reduktionsverfahren.

B. M. Larsen und T. E. Brower versuchten das Ledebursche Wasserstoff-Reduktionsverfahren in abgeänderter Form für die quantitative Bestimmung des löslichen, der Diffusion fähigen Sauerstoffs heranzuziehen. Im wesentlichen stützen sie sich dabei auf die von H. Petersen¹⁾ erstmalig angegebene Arbeitsweise, die es in gewissen Grenzen möglich macht, auch das während der Reduktion von Stählen und niedriggekohltem Eisen durch Reaktion der Oxyde mit dem Kohlenstoff entstehende Kohlenoxyd durch katalytische Umsetzung des Wasserstoff-Kohlenoxyd-Gemisches zu Methan und Wasser und Auswägen des gebildeten Wassers zu erfassen. Schon bei Eisenproben mit einem Gehalt von nur 0,02 % C wird nach den Beobachtungen der Verfasser beim Reduzieren im Wasserstoffstrom ein Viertel oder mehr des Sauerstoffgehaltes als Kohlenoxyd entfernt, so daß praktisch das Ledebursche Wasserstoff-Reduktionsverfahren für technische Eisensorten unbrauchbar ist²⁾.

In einigen wichtigen Punkten wurde das Verfahren grundlegend geändert. So arbeiten die Verfasser nicht mit stückigen Proben, die man zweckmäßigerweise nach F. Wüst mit Zinn oder Antimon zur Erniedrigung des Schmelzpunktes legiert, sondern mit verhältnismäßig dünnen Probespänen. Die Verwendung von Spänen bringt ja insofern einen Vorteil mit sich, als im allgemeinen eine größere Gleichförmigkeit des Probegutes erzielt werden kann, wenn auf das Herausbröckeln von Einschlüssen genügend Rücksicht genommen wird; andererseits muß jedoch in erhöhtem Maße mit der Ausbildung von Oxydschichten auf der Spanoberfläche gerechnet werden, durch die unter Umständen ein höherer Sauerstoffgehalt eingebracht wird, als er sich im Grundstoff selbst befindet. Diese Schwierigkeit versuchte man durch eine Vorreduktion der Probepäne bei 500 bis 550° zu umgehen, nachdem man beobachtet hatte, daß eine Reduktion mit Wasserstoff bis zu diesen Temperaturen zur Hauptsache nur den von der Eisenoberfläche adsorbierten und gebundenen Sauerstoff entfernt. Ebenso werden natürlich die an Schiffchen oder Wandungen des Reduktionsrohres haftenden Feuchtigkeits- und Luftreste vom Wasserstoffstrom mitgeführt, so daß nach einstündiger Vorreduktion im gleichen Arbeitsgang die etwa zweistündige Reduktion der Späne bei 1100° erfolgen kann. Das aus Wasserstoff, geringen Mengen von Wasserdampf und Kohlenoxyd bestehende Reaktionsgemisch wird nach dem Verlassen des Reduktionsofens zur Absorption des Wasserdampfs zunächst durch ein mit Phosphorperoxyd oder durch ein mit entwässertem Magnesiumperchlorat gefülltes Wägerohr geschickt, geht dann durch ein U-Rohr, das zur Bindung etwaig gebildeten Schwefelwasserstoffs, der den Katalysator vergiften würde, mit Kupfersulfatlösung getränkte Bimssteinstücke enthält, durchströmt anschließend das mit einem Nickel-Thordioxyd-Katalysator beschickte, auf 250° erhitze Umsetzungsrohr, und schließlich werden die bei der Methankatalyse gebildeten sekundären Wasserdampfmengen in einem zweiten Wägerohr aufgefangen. Die Wirksamkeit des empfindlichsten Bestandteils der Apparatur, des Katalysators, kann von Zeit zu Zeit durch Umsetzungsversuche mit Kohlendioxyd, das aus einer bestimmten Menge Kalziumkarbonat im Reduktionsrohr entwickelt wird, überprüft werden.

Obwohl die Berührungsoberflächen zwischen Probespänen und Schiffchen verhältnismäßig klein sind, gelang es nicht, mit Schiffchen aus D 4-Masse, Aloska, Sillimanit und Zirkon zufriedenstellende Leerwerte bei Anwesenheit von Eisen zu erhalten. Die Verwendung von Schiffchen aus reiner Magnesia in

¹⁾ Dr.-Ing.-Dissertation, Technische Hochschule Aachen (1929); vgl. Arch. Eisenhüttenwes. 3 (1929/30) S. 459/32 (Chem.-Aussch. 71).

²⁾ Vgl. auch E. Czermak und O. v. Keil-Eichenthurn: Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 145/47, die einen etwas höheren zulässigen Grenzkohlenstoffgehalt angeben, der indes auch noch unterhalb 0,1 % C liegen dürfte.

Reduktionsrohren aus geschmolzenem Quarz ließ eine erhebliche Verbesserung der Leerwerte zu, und endlich war es möglich, die erforderlichen Berichtigungen auf 0,2 mg H_2O/h zu verringern durch Benutzung eines senkrechten Reduktionsofens und eines frei hängenden, unten geschlossenen Zylinders aus Eisenblech, der größere Mengen von Probespänen (20 bis 30 g) aufnehmen konnte. Störende Wand- und Schiffchenreaktionen konnten durch diesen Kunstgriff weitgehend ausgeschaltet werden.

Leider verglichen die Verfasser nur an fünf Stählen die Ergebnisse der Gesamt-Sauerstoffbestimmung nach dem Vakuum-schmelzverfahren mit den nach diesem Reduktionsverfahren erhaltenen Werten, so daß ein abschließendes Urteil über ihre Arbeitsweise noch nicht möglich ist. Bedenklich stimmt es immerhin, daß die nach dem Vakuum-schmelzverfahren erhaltenen Sauerstoffwerte bedeutend niedriger liegen als die nach dem Wasserstoff-Reduktionsverfahren ermittelten Sauerstoffgehalte. Dieser Befund läßt sich nicht ohne weiteres erklären, da durch das Wasserstoff-Reduktionsverfahren Eisenoxydul, Manganoxydul und bei der angegebenen Reduktionstemperatur nur ein Teil anwesender Eisen- und Mangansilikate erfaßt werden. Sicherlich darf man aber die Vermutung der Verfasser zurückweisen, die dahin geht, daß infolge schlechter Diffusionsverhältnisse der Austritt der beim Vakuum-schmelzverfahren entwickelten Reaktionsgase erschwert wird und unvollständig verläuft. Die überaus starke Badbewegung bei der Reduktion oxydhaltiger Proben in schmelzflüssigen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen verbunden mit großer Absauggeschwindigkeit und großem Unterdruck lassen, wie auch vergleichende Versuche mit dem kernlosen Induktionsofen zeigen, eine Verzögerung der Gasabgabe oder eine Uebersättigung der Schmelze nicht zu. Nach Ansicht des Berichterstatters sollte die Möglichkeit einer Ueberlagerung der Vorreduktion der Oxydhäute und der eigentlichen Reduktion der Späne nicht außer acht gelassen werden. Mindestens darf sie mit größerem Recht zur Erklärung der nur durch einige wenige Versuche festgestellten Abweichungen der nach beiden Verfahren erhaltenen Analysenwerte herangezogen werden. Endlich muß als Nachteil des hier beschriebenen Verfahrens bezeichnet werden, daß höhergekohlte, sauerstoffarme Stähle wegen zu starken Anwachsens der Leerwerte nicht mehr einwandfrei untersucht werden können.

O. Meyer.

Alexander-Classen-Feier.

Der langjährige hochverdiente Ordinarius für anorganische Chemie an der Technischen Hochschule zu Aachen, Geheimrat Professor Dr. Dr.-Ing. E. h. Alexander Classen, vollendet am 13. April 1933 sein neunzigstes Lebensjahr. Die Technische Hochschule Aachen hat für diesen Tag zu Ehren des Jubilars eine Feier in Aachen geplant. Sie ruft alle alten Schüler von Herrn Geheimrat Classen zur Teilnahme an dieser Feier auf.

Einzelheiten der Feier sind zu erfahren durch das Sekretariat der Technischen Hochschule zu Aachen, an das auch Anmeldungen zur Teilnahme zu richten sind.

Archiv für das Eisenhüttenwesen.

Anpassung der Energiewirtschaft der Hüttenwerke an schlechte Beschäftigung.

II. Die Energieträger (Gichtgas, Koksofengas, Generatortgas, Dampf, Strom usw.).

Im Anschluß an den früher veröffentlichten ersten Teil über Grundlagen und Zusammenhänge¹⁾ bringt Berthold v. Sothen im vorliegenden zweiten Teil der Arbeit²⁾ zahlreiche Beispiele aus dem Gebiete der Energieträger (Gichtgas, Koksofengas, Generatortgas, Strom, Dampf usw.) für die auf den Hüttenwerken zur Anpassung der Energiewirtschaft an schlechte Beschäftigung durchgeführten Maßnahmen. Er behandelt zunächst den Betrieb des Hochofens mit erhöhtem Koksverbrauch je t Roheisen zur Steigerung der Gaserzeugung, den Betrieb des Drehrost- und Schlackenabstichgaserzeugers, die Maßnahmen zur Verminderung der Gasverluste und zur Sicherung des Gasleitungsnetzes während der Betriebsstillstände, ferner die mit den Betriebsunterbrechungen zusammenhängenden Fragen des Winderhitzerbetriebes. Außerdem sind der Anpassung des Kokereibetriebes (Einschränkung der Kokerzeugung, Sicherung der Koksofengasversorgung der Betriebe, wechselweise Beheizung mit Stark- und Schwachgas, Wassergaserzeugung im Koksofen, Stillelegen, Abkühlen und Warmhalten von Koksöfen) und weiter den Aufgaben der Generatortgas- und Ferngaswirtschaft sowie den Fragen der Eigenstromerzeugung und des Fremdstrombezuges, der Dampfwirt-

schaft, Windversorgung und der Wasser- und Preßluftwirtschaft besondere Abschnitte gewidmet. Die nach bestimmten Gesichtspunkten aus dem vielgestaltigen Gebiet der Energiewirtschaft ausgewählten Beispiele und die daran angeknüpften Ausführungen fassen die während der Krisenjahre gesammelten Erfahrungen zusammen und regen dazu an, die Betriebe auf Verbesserungsmöglichkeiten zu untersuchen. Die Arbeit betont besonders den betriebswirtschaftlichen Charakter der Wärme- und Kraftwirtschaft der Hüttenwerke.

Einteilige Blenden schmaler Einbaubreite für die Mengenmessung.

Die Praxis der Mengenmessung gestattet aus baulichbetrieblichen Gründen nicht immer an allen Meßstellen den Einbau von Normblenden, die eine Einbaubreite von 25 bis 65 mm erfordern. In solchen Fällen hat sich die Verwendung von Blenden schmaler Einbaubreite (Gesamtbaubreite 4 bis 6 mm) bewährt. Hans Euler¹⁾ berichtet über die Werkstattauführung und den Einbau solcher Blenden; er gibt Beispiele für verschiedene Arten der Druckentnahme bei gereinigten und ungereinigten Gasen, Luft, Dampf und Wasser und erörtert schließlich Entwässerungsweisen und Fehlerquellen.

Die wiedergegebenen Richtlinien berücksichtigen in besonderem Maße die Erfordernisse der Praxis; sie sind andererseits so gehalten, daß sie mit den internationalen Vorschriften über die Strömungsmessung im Grundsatz übereinstimmen. Hierdurch ist bei Innehaltung der vorstehenden Richtlinien eine normgerechte Mengenmessung mit einem Meßfehler (durch das Drosselgerät) < 0,5 % gesichert.

Die potentiometrische Bestimmung von Eisen und Vanadin im Ferrovanadin sowie von Eisen und Chrom im Ferrochrom.

Peter Dickens und Gustav Thanheiser²⁾ beschäftigten sich mit der Frage der gleichzeitigen Bestimmung von Eisen und Vanadin; sowohl oxydimetrische als auch reduktometrische Verfahren wurden eingehend untersucht und die näheren Arbeitsbedingungen für die einzelnen Verfahren, von denen die oxydimetrischen grundsätzlich vorzuziehen sind, festgelegt.

Die Titerstellung der Kaliumpermanganatlösung wurde gleichfalls näher untersucht und sowohl gegen Natriumoxalat als auch gegen Vanadinpentoxyd vorgenommen. Ein Unterschied zwischen diesen beiden Arten der Einstellung konnte nicht festgestellt werden.

Weiterhin wurde das bereits früher ausgearbeitete Schnellverfahren zur Bestimmung des Vanadins allein auch auf Ferrovanadinproben übertragen. Für die gleichzeitige Bestimmung von Eisen und Chrom wurde ein reduktometrisches Verfahren ausgearbeitet. Die Anwendbarkeit der verschiedenen Verfahren, nach denen gut übereinstimmende Werte erhalten wurden, wurde durch die Ausführung zahlreicher Bestimmungen belegt.

Das Härtungsschaubild der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.

Mit einem neuartigen Meßverfahren, das bei Gasabschreckung die thermischen und magnetischen Veränderungen der zu härtenden Probe zu verfolgen gestattet, wurde von Hans Esser, Walter Eilender und Erwin Spenlé³⁾ an sehr reinen Eisen-Kohlenstoff-Legierungen der Einfluß der Abkühlungsgeschwindigkeit auf die Lage der Umwandlungspunkte untersucht. Es wurde die bekannte Tatsache bestätigt, daß mit zunehmender Abschreckgeschwindigkeit der Beginn der Austenitumwandlung zu tieferen Temperaturen verzögert wird, wobei der Ar'-Bereich allmählich abklingt und das Ar''-Umwandlungsgebiet immer stärker in Erscheinung tritt. Bei geringem Kohlenstoffgehalt gehen Ar' und Ar'' ineinander über, erst bei höheren Kohlenstoffanteilen lassen sie sich deutlich trennen. Die Abkühlungsgeschwindigkeit, oberhalb der der Ar'-Punkt verschwindet, nimmt bis zu 0,9 % C ab und steigt darüber hinaus wieder an. Für diese kritische Abkühlungsgeschwindigkeit fällt die Temperatur des Beginns der Austenitumwandlung stetig von etwa 650° bei 0 % C auf rd. 75° bei 1,8 % C. Die Umwandlung des Austenits ist dabei auch bei Raumtemperatur noch nicht beendet; sie scheint erst vollkommen zu werden, wenn die Konvergenztemperatur sehr nahe beim absoluten Nullpunkt liegt.

Der Gefügeaufbau abgeschreckter Kohlenstoffstähle.

Aus der Gefügeuntersuchung von abgeschreckten Stählen mit 0,06 bis 0,88 % C folgern Hans Esser und Erwin Engelhardt⁴⁾, daß wahrscheinlich im gehärteten unlegierten Stahl keine Phasen mit stark voneinander abweichenden Kohlenstoffgehalten

¹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 375/77 (Wärmest. 180).

²⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 379/88 (Chem.-Aussch. 89).

³⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 389/93.

⁴⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 395/98.

¹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 315/20 (Wärmestelle 177); vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 173/74.

²⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 365/73 (Wärmest. 179).

auffreten. Es werden weiterhin eine Reihe von Gründen angeführt, die gegen die Auffassung sprechen, daß der Martensit eine Zwangslösung von atomarem Kohlenstoff in tetragonal aufgeweitetem α -Eisen ist. Durch sie wird vielmehr die Anschauung von H. Esser und W. Eilender¹⁾ gestützt, daß der Martensit ein heterogenes Gemenge von feinverteiltem Eisenkarbid und tetragonal verspanntem α -Eisen darstellt; er ist also grundsätzlich nur als ein Zwischenzustand der Umwandlung von Austenit in Ferrit und Zementit anzusehen, der sich von den Zwischenstufen Troostit, Sorbit und Perlit nur durch die Teilchengröße der Bestandteile Ferrit und Zementit unterscheidet. Die hohe Härte des abgeschreckten Stahles wird somit nicht durch Gitterverspannungen, sondern durch Gleitebenenblockierung erklärt.

Einfluß von Wasserstoff auf Transformatorenstahl.

Geglühter Transformatorenstahl wurde von Wenjamin S. Messkin und Juriy M. Margolin²⁾ mit Wasserstoff bei verschiedenen Temperaturen (bis 450°) und Drücken (bis 615 at) behandelt. Dabei wurde gefunden, daß die Aufnahme von Wasserstoff an sich die Koerzitivkraft und Wattverluste stark erhöht, die Maximalpermeabilität herabsetzt, während die Entkohlung und Entgasung durch den Wasserstoff die entgegengesetzte Folge hat. Die Endwirkung der Wasserstoffbehandlung von Transformatorenstahl hängt deshalb von dem Unterschied dieser beiden Einflüsse ab; am stärksten tritt die verbessernde Wirkung des Wasserstoffs beim Durchblasen durch das Schmelzbad hervor. Der vom Stahl stabil aufgenommene Wasserstoff wird im wesentlichen nach einem vier- bis sechsständigen Glühen bei 800° beseitigt; völlig ist er jedoch nur durch Glühen im Vakuum zu entfernen. Der instabil aufgenommene Wasserstoff entweicht bei einer kurzen Erwärmung auf 100 bis 150° oder bei längerem Lagern bei Raumtemperatur. Nach dem Entweichen des Wasserstoffs sind auch die durch ihn verursachten Verbesserungen der Eigenschaften zu finden.

Bei der näheren Untersuchung der durch die Wasserstoffbehandlung hervorgerufenen Sprödigkeit wurde als wahrscheinliche Erklärung gefunden, daß beim Entweichen der gasförmigen Reaktionszeugnisse — Methan, Wasserdampf — im Stahl Risse entstehen. Bei der Behandlung der Schmelze mit Wasserstoff wurde keine Sprödigkeit beobachtet. Die Ribbildung hat auch eine Verschlechterung der Permeabilität und elektrischen Leitfähigkeit zur Folge.

¹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 4 (1930/31) S. 113/44.

²⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 399/405.

Neuzeitliche Selbstkostenrechnung in Betrieben der Drahtverfeinerungsindustrie.

Die bestehenden Selbstkostenrechnungen in der Industrie der Drahtverfeinerung entsprechen oft nicht den Anforderungen, die sowohl von technischer als auch von kaufmännischer Seite an eine Kostenrechnung gestellt werden müssen. Die Anwendbarkeit neuzeitlicher Gesichtspunkte, wie sie beim Verein deutscher Eisenhüttenleute entwickelt wurden und bereits in zahlreichen Betrieben sich als gültig erwiesen haben, auch in der Drahtindustrie zeigen Erich Czermak, Gottfried Veit und Karl Wiegert¹⁾.

Vorbedingung ist die Vornahme einer Kostenanalyse, die aufzeigt, welchen Maßgrößen die Kosten proportional sind. Sie ermöglicht die Errechnung der sogenannten Maßeinheitskosten, welche die Grundlage der gesamten Rechnung bilden und sowohl Kennzahlen der Nachrechnung als auch Unterlagen für die Vorrechnung, die Sortenrechnung sowie für Berechnung von Wirtschaftlichkeitsfragen u. dgl. bilden.

Zur Verdeutlichung wird das anschauliche Anwendungsbeispiel für den Betrieb einer Drahtverzinkerei praktisch an Hand von Betriebszahlen durchgerechnet. Die Kostenanalyse ergibt für die Verzinkerei eine Kostenproportionalität zu vier Maßgrößen: zur Fertigungszeit, zur sogenannten Zinkbezogenerzeugung, zum Erzeugungsgewicht und zur Kalenderzeit. Für die der Fertigungszeit und der Zinkmenge proportionalen Kosten werden mit Hilfe einer Bezugsrechnung Kennzahlen ermittelt, die eine Beurteilung des Betriebsablaufs für den gesamten Betrieb mit Hilfe der erwähnten Maßeinheitskosten ermöglichen. Diese Maßeinheitskosten sind im weiteren Rechnungsgang die Grundlage für die Ermittlung der Platzkosten an den einzelnen Erzeugungsanlagen und letzten Endes für die Aufstellung einer Sortenrechnung. Erst an Hand einer richtigen Kostenverteilung über die Platzkosten auf die Kostenträger wird eine Sortenrechnung ermöglicht, die den Einfluß der Werkstoffart, des Drahtdurchmessers, der Verfahrensart sowie der Betriebsanlage berücksichtigt.

Durch laufende Trennung von mengenabhängigen (erzeugungsproportionalen) und mengenunabhängigen (festen) Kosten werden nicht nur bei der Beurteilung der Maßeinheitskosten als Betriebskennzahlen die Verantwortungsbereiche richtig umgrenzt und berücksichtigt, sondern auch bei der Sortenrechnung die Bestimmung der sogenannten Preisuntergrenze ermöglicht, die für Ueberlegungen mancher Art grundlegend ist.

¹⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 6 (1932/33) S. 407/13 (Betriebsw.-Aussch. 67).

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen¹⁾.

(Patentblatt Nr. 11 vom 16. März 1933.)

Kl. 7 a, Gr. 1, V 26 611. Walzverfahren zur Verbesserung des Gefüges an stark beanspruchten Stellen von Stahlerzeugnissen. Vereinigte Stahlwerke A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 a, Gr. 9, P 63 245. Verfahren zur Herstellung von doppelten Feinblechen. Johannes Peters, Berlin-Friedenau.

Kl. 7 a, Gr. 24/02, D 62 772. Elektromotorischer Einzelantrieb für Rollgangsrollen, insbesondere für Walzwerke. Demag A.-G., Duisburg.

Kl. 7 a, Gr. 25, Sch 98 202. Blockkipstuhl zum wahlweisen Kippen der Blöcke nach beiden Richtungen. Schloemann A.-G., Düsseldorf, und Emil de Donato, Differdingen (Luxemburg).

Kl. 7 a, Gr. 28, Sch 96 741. Vorrichtung zum Bürsten von Blechen, insbesondere von Feinblechen. Schleifenbaum & Steinmetz, Weidenau a. d. Sieg.

Kl. 7 b, Gr. 3/35, B 155 761. Ziehbauwagen. Herbert Bittersmann, Baden b. Wien.

Kl. 7 b, Gr. 3/35, G 82 444. Rückholvorrichtung für Zangenwagen von Ziehbänken. Dipl.-Ing. Fritz Grah, Sundwig (Kr. Iserlohn).

Kl. 7 b, Gr. 7, W 83 260. Maschine zum Herstellen geschweißter Rohre. Mathilde Willutzki, geb. Risse, Düsseldorf.

Kl. 10 a, Gr. 22/03, H 121 207. Verfahren zur Wiedergewinnung von Wärme bei Oefen, insbesondere Koksöfen. Chaudronneries A. F. Smulders (Société Anonyme), Grâce-Berleur (Belgien).

Kl. 18 a, Gr. 18/08, G 77 684; mit Zus.-Anm. G 106.30. Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm. Dr.-Ing. Alfred Wilhelmi, Oberhausen i. Rhld.

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

Kl. 18 b, Gr. 1, M 118 999. Verfahren zur Verbesserung der Wärmebehandlung von Schmelzen, z. B. von Eisen. Dr.-Ing. Gustav Meyersberg, Berlin-Lichterfelde.

Kl. 18 b, Gr. 14/05, B 156 279. Brennerkopf für Siemens-Martin- und andere Regenerativöfen. Fritz Brand, Neiß.

Kl. 18 b, Gr. 20, S 169.30. Verfahren zur Herstellung einer hochmagnetischen, beliebig verformbaren Eisen-Silizium-Legierung. Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 7/10, A 61 072. Verfahren zur Verhütung des Aufeinanderschweißens von Blechen. American Sheet and Tin Plate Company, Pittsburg (V. St. A.).

Kl. 21 h, Gr. 18/30, H 127 034. Induktionsöfen ohne Eisenkern. Berlin-Ilseburger Metallwerke A.-G., Berlin.

Kl. 24 e, Gr. 9, R 82 821. Beschickungsvorrichtung für Gaserzeuger. Hugo Rehmann, Düsseldorf.

Kl. 40 b, Gr. 14, D 57 244. Verwendung von Nickel-Eisen-Legierungen. Deutsch-Atlantische Telegraphengesellschaft, Berlin.

Kl. 40 b, Gr. 17, P 62 164. Hartlegierung. Poldihütte, Prag.

Kl. 40 d, Gr. 1/65, A 62 350. Verfahren zur Verbesserung der Permeabilität von ferromagnetischen Legierungen. Allgemeine Electricitäts-Gesellschaft, Berlin.

Kl. 49 a, Gr. 13/01, M 121 375. Verfahren zur Herstellung von Formwalzen für Pilgerschrittwalzwerke mit elliptischem Kaliber. Mannesmannröhren-Werke, Düsseldorf.

Kl. 49 c, Gr. 10, B 155 373. Von unten nach oben schneidende Blockschere mit Führung des Untermessers durch einen senkrecht bewegten Messerschlitten. Paul Bernhardt, Saarbrücken.

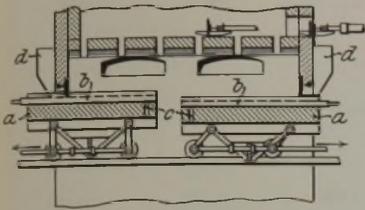
Kl. 49 c, Gr. 13/03, Sch 96 457. Schalteinrichtung an Besämanlagen für Bleche. Schloemann A.-G., Düsseldorf.

Kl. 49 h, Gr. 2, G 81 849. Lochen von vollen prismatischen Blöcken nach dem Ehrhardt'schen Verfahren. Moritz Grünthal, Düsseldorf.

Deutsche Reichspatente.

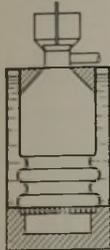
Kl. 18 a, Gr. 1, Nr. 554 311, vom 13. April 1930; ausgegeben am 12. Januar 1933. Vereinigte Stahlwerke A.-G. in Düsseldorf und Gustav Stein in Salchendorf b. Neunkirchen, Bez. Arnsberg. *Verfahren und Vorrichtung zum Sintern von Feinspat.*

Die Sinterfläche a ist ein- oder mehrteilig sowie verschiebbar und in ihr sind Luftzuleitungen b angeordnet; an diese sind Reinigungsrohre c angeschlossen, die durch Überdruckventile gegen das Freie abgeschlossen sind. Die während des Sinterns unbewegte Sinterfläche senkt sich beim Einschieben in den Ofen zur selbsttätigen Aufnahme des in seitlichen Behältern d untergebrachten Brennstoffes und hebt sich beim Ausziehen aus dem Ofen zum selbsttätigen Abstreifen des gesinterten Gutes.



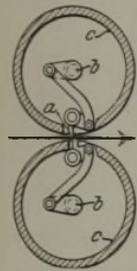
Kl. 24 e, Gr. 10, Nr. 565 181, vom 10. August 1930; ausgegeben am 29. November 1932. Carl Asbeck in Berlin-Lichterfelde. *Gaserzeuger mit Kühlmantel.*

Der Kühlmantel ist mit Buckeln, Wülsten u. dgl. versehen, die im Schacht umlaufend vorspringend angeordnet sind und die am Kühlmantel hochsteigenden gasförmigen Verbrennungs- und Vergasungsmittel in den Feuerraum ablenken.



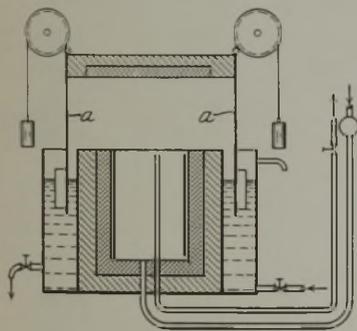
Kl. 49 c, Gr. 13, Nr. 565 204, vom 5. Juli 1930; ausgegeben am 28. November 1932. Gerhard Rudzki in Magdeburg-Hopfengarten. *Schere zum Schneiden von laufendem Walzgut mit schwenkbar angeordneten umlaufenden Messern an zwei sich gegenläufig drehenden Trommeln.*

Die Messerträger a sind an Kurbeln b od. dgl. angelenkt und werden durch besondere Getriebe eingeschwenkt, deren Antriebswellen mit gleichmäßiger Winkelgeschwindigkeit und gleicher Drehzahl umlaufen wie die Trommeln c, und sie werden ausgeschwenkt durch Aenderung der Winkelgeschwindigkeit der Antriebswellen für die Schwenkgetriebe während einer Trommelumdrehung unter Beibehaltung der mit den Trommeln übereinstimmenden Drehzahl in der Weise, daß die Messer während des Schneidens möglichst winkelrecht zum Walzgut stehen.

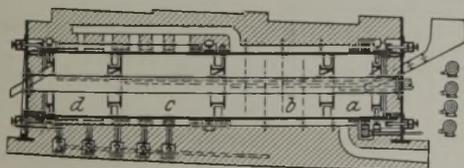


Kl. 18 c, Gr. 8, Nr. 565 527, vom 11. September 1926; ausgegeben am 1. Dezember 1932. Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie. in Baden, Schweiz. *Elektrisch geheizter Blankglühofen.*

Der Ofendeckel hat einen glockenförmigen, die Wärme gut leitenden Ansatz a, der etwa doppelt so lang sein kann wie der Ofenkörper selbst und auch nach Anheben das Ofeninnere gegen die Außenluft z. B. durch einen Wasserverschluß gasdicht abschließt.



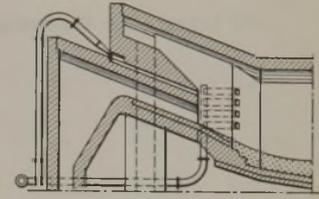
Kl. 18 a, Gr. 18, Nr. 565 737, vom 11. Februar 1930; ausgegeben am 9. Dezember 1932. Alfred Musso in New York. *Vorrichtung zum Reduzieren von pulverförmigen Erzen, besonders Eisenerzen.*



Das Erz wird in einer von außen beheizten metallischen, drehbaren Retorte reduziert, die in mehrere durch Abdichtungsringe gasdicht gegeneinander abgeschlossene Abteilungen a, b, c, d unterteilt ist, um die Reduktion in mehreren Stufen bei verschiedenen Temperatur- und Druckbedingungen vorzunehmen.

Kl. 18 b, Gr. 14, Nr. 565 738, vom 16. August 1931; ausgegeben am 6. Dezember 1932. Terni Società per l'Industria e l'Elettricità in Terni, Italien. *Kühlvorrichtung für die Ofenköpfe von Siemens-Martin- und ähnlichen Oefen.*

Den abziehenden heißen Verbrennungsgasen werden, bevor sie in den Ofenkopf gelangen, kalte inerte Gase zugeführt. Im Ofenmauerwerk sind Kanäle vorgesehen, die in der Nähe der Eintrittsstelle der abziehenden Gase in den Ofenkopf oder im Ofenkopf selbst ausmünden.



Kl. 18 c, Gr. 8, Nr. 565 740, vom 26. Juli 1930; ausgegeben am 5. Dezember 1932. Firma Wilhelm Ruppmann in Stuttgart. *Verfahren zur Vorbereitung von heißen Blöcken od. dgl. für das Walzen oder Schmieden.*

Die Blöcke, Brammen und Schmiedestücke aus Eisen oder Stahl werden noch im Ofen nach Ueberschreiten einer Temperatur von 1000° oder kurz vor dem Ziehen durch zeitweises oder ständiges Aufblasen oder Aufwerfen eines bekannten zerkleinerten oder staubförmigen Flußmittels, z. B. Sand, vom Zunder befreit.

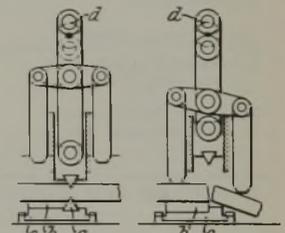
Kl. 40 a, Gr. 6, Nr. 565 760, vom 19. September 1930; ausgegeben am 5. Dezember 1932. Vereinigte Stahlwerke Akt.-Ges. in Düsseldorf. *Verfahren zur Erhöhung der Lebensdauer der der Hitze und chemischen Einflüssen ausgesetzten Teile von Verblaseröst- und Sinteranlagen und Feuerungen.*

Auf die Beschickung aufnehmenden Teile der metallurgischen Anlagen wird vor jeder neuen Beschickung zur Bildung eines Ueberzuges eine wässrige Suspension oder Lösung des Schutzmittels, besonders eine solche von Kalk oder Ton, aufgetragen.

Kl. 49 c, Gr. 15, Nr. 565 865, vom 29. Januar 1931; ausgegeben am 6. Dezember 1932. Maschinenbau-Akt.-Ges.

vormals Ehrhardt & Sehmer in Saarbrücken. (Erfinder: Paul Bernhardt in Saarbrücken.) *Knüppelbrecher mit Kerb- und Brechwerkzeugen, die von einer Exzenterwelle aus angetrieben werden.*

Kerbmesser a und Auflagebacke b sind auf einem gemeinsamen, rechtwinklig zum Brechgut verschiebbaren Schlitten c angeordnet, der durch eine auf der Hauptantriebswelle d sitzende Kurvenscheibe so verschoben wird, daß jeweils bei heruntergehendem Kerbstößel das Kerbmesser a und bei heruntergehenden Brechstößeln die Auflagebacke b unter dem Brechgut liegt.



Kl. 40 b, Gr. 17, Nr. 565 886, vom 12. Februar 1928; ausgegeben am 6. Dezember 1932. Hirsch, Kupfer- und Messingwerke Akt.-Ges. in Finow, Mark. *Hartlegierung.*

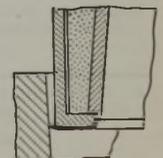
Die Legierung von hoher mechanischer und chemischer Festigkeit für Werkzeuge und Arbeitsgeräte besteht aus 10 bis 42% Fe, 1 bis 4% C, sowie Wolfram, Chrom und Kobalt im ungefähren Gewichtsverhältnis 8 : 2 : 1; das Kobalt kann bis zur Hälfte durch Nickel ersetzt werden.

Kl. 80 b, Gr. 8, Nr. 565 889, vom 30. November 1927; ausgegeben am 6. Dezember 1932. Arthur Sprenger in Berlin. *Verfahren zur Herstellung von hochfeuerfesten Steinen.*

Aus Oxyden des Magnesiums, Chroms, Aluminiums und Siliziums, diese Oxyde enthaltenden Mineralien u. dgl. werden durch Zusammenschmelzen bei hohen Temperaturen, und zwar in einem derartigen Verhältnis, daß sich die Verbindungen der genannten Oxyde bilden können, Massen erzeugt, die nach dem Erkalten gekörnt und unter Zusatz von vorzugsweise fein gemahltem Chromerz oder Magnesit oder von beiden Stoffen als Bindemitteln und gegebenenfalls auch unter Zusatz von organischen oder anorganischen Klebstoffen verformt und gebrannt werden.

Kl. 31 c, Gr. 10, Nr. 565 911, vom 3. Februar 1931; ausgegeben am 7. Dezember 1932. Amerikanische Priorität vom 24. Februar 1930. Walter Miller Charman in Cleveland Heights, Ohio, V. St. A. *Glutaufsatz.*

Der untere Teil des in die Blockform hineinreichenden verlorenen Kopfes ist so geformt, daß er das Fließen des Metalls nach oben um die Außenfläche des Aufsatzes abzdämmen vermag, indem sein unterer Rand nach außen vorsteht und die Gießformwand streift.



Statistisches und Wirtschaftliche Rundschau.

Die Leistung der Walzwerke einschließlich der mit ihnen verbundenen Schmiede- und Preßwerke im Deutschen Reich im Februar 1933¹⁾. — In Tonnen zu 1000 kg.

Sorten	Rheinland und Westfalen	Sieg-, Lahn-, Dillgebiet u. Oberhessen	Schlesien	Nord-, Ost- und Mitteldeutschland	Land Sachsen	Süd-deutschland	Deutsches Reich insgesamt	
	t	t	t	t	t	t	1933 t	1932 t
Monat Februar 1933: 24 Arbeitstage, 1932: 25 Arbeitstage								
A. Walzwerksfertigerzeugnisse								
Eisenbahnoberbaustoffe	37 286	—	4 005	6 360		—	47 651	71 264
Formeisen über 80 mm Höhe . .	7 255	—	4 322	1 329		—	12 906	14 204
Stabeisen und kleines Formeisen .	51 166	2 668	2 636	9 867	6 683	4 606	77 626	74 483
Bandeisen	18 908	1 310		321		—	20 539	19 355
Walzdraht	41 270	3 736 ²⁾		—	— ³⁾		45 006	42 146
Universaleisen	4 531 ⁵⁾	—	—	—	—	—	4 531	6 533
Grobbleche (4,76 mm und darüber)	14 689	981	2 780		18		18 468	14 652
Mittelleche (von 3 bis unter 4,76 mm)	6 053	802	957		77		7 889	5 374
Feinbleche (von über 1 bis unter 3 mm)	7 875	3 831	1 409		609		13 724	11 628
Feinbleche (von über 0,32 bis 1 mm)	6 955	5 862	3 013			—	15 830	13 658
Feinbleche (bis 0,32 mm)	2 041	871		4)	—	—	2 912	2 131
Weißbleche	13 333		—	—	—	—	13 333	9 205
Röhren	16 685	—	1 567		—	—	18 252	16 501
Rollendes Eisenbahnzeug	4 161	—	260	1 021		—	5 442	5 828
Schmiedestücke	7 466	626		380	456		8 928	8 501
Andere Fertigerzeugnisse	4 304	580			110		4 994	7 281
Insgesamt: Februar 1933	238 140	20 993	9 060	25 437	12 462	11 939	318 031	—
davon geschätzt	5 365	400	—	—	—	405	6 170	—
Insgesamt: Februar 1932	236 543	16 520	13 409	28 662	12 857	14 733	—	322 724
davon geschätzt	1 500	—	—	—	—	—	—	1 500
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung							13 251	12 909
B. Halbzeug zum Absatz bestimmt Februar 1933								
Februar 1933	33 033	2 785	771	2 132	318		39 039	—
Februar 1932	32 227	1 829	633	603	88		—	35 380
Januar und Februar 1933: 50 Arbeitstage, 1932: 50 Arbeitstage								
A. Walzwerksfertigerzeugnisse								
Eisenbahnoberbaustoffe	75 115	—	5 821	13 792		—	94 728	124 123
Formeisen über 80 mm Höhe . .	17 462	—	8 215	2 894		—	28 561	30 383
Stabeisen und kleines Formeisen .	115 707	5 078	6 378	12 654	12 451	7 980	160 248	146 033
Bandeisen	40 504	2 993		824		—	44 321	36 596
Walzdraht	92 414	7 572 ²⁾		—	— ³⁾		99 986	85 324
Universaleisen	9 059 ⁵⁾	—	—	—	—	—	9 059	11 235
Grobbleche (4,76 mm und darüber)	29 398	1 846	6 707		43		37 994	35 261
Mittelleche (von 3 bis unter 4,76 mm)	11 288	1 257	2 584		200		15 329	10 449
Feinbleche (von über 1 bis unter 3 mm)	17 363	7 345	4 222		2 013		30 933	21 756
Feinbleche (von über 0,32 bis 1 mm)	14 908	11 643	7 913			—	34 469	23 292
Feinbleche (bis 0,32 mm)	4 541	1 285		4)	—	—	5 826	3 371
Weißbleche	27 237		—	—	—	—	27 237	18 251
Röhren	41 708	—	4 420		—	—	46 128	32 260
Rollendes Eisenbahnzeug	7 262	—	1 108	1 760		—	10 130	12 486
Schmiedestücke	14 899	1 223		817	959		17 898	16 549
Andere Fertigerzeugnisse	8 504	1 191			139		9 834	16 447
Insgesamt: Januar/Februar 1933 .	515 603	40 456	20 309	45 945	25 316	25 052	672 681	—
davon geschätzt	7 495	400	—	—	—	405	8 300	—
Insgesamt: Januar/Februar 1932 .	474 131	30 293	23 254	46 386	23 928	25 824	—	623 816
davon geschätzt	3 000	—	—	—	—	—	—	3 000
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung							13 454	12 476
B. Halbzeug zum Absatz bestimmt Januar/Februar 1933								
Januar/Februar 1933	71 426	5 920	1 327	2 256	696		81 625	—
Januar/Februar 1932	58 236	2 792	856	2 255	175		—	64 314

¹⁾ Nach den Ermittlungen des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller. ²⁾ Einschließlich Süddeutschland und Sachsen. ³⁾ Siehe Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen. ⁴⁾ Ohne Schlesien. ⁵⁾ Einschließlich Schlesien und Sachsen.

Der Besuch der deutschen technischen Hochschulen und Bergakademien im Sommerhalbjahr 1932 und Winterhalbjahr 1932/33¹⁾.

Die in Klammern stehenden Zahlen geben die in der vorhergehenden Zahl enthaltene Anzahl der weiblichen Studierenden an. In den Fußnoten ist die Zahl der beurlaubten Studierenden angegeben.

Technische Hochschule bzw. Bergakademie	Anzahl der Studierenden		Davon sind der Staatsangehörigkeit nach					
			Landeskinder		aus den übrigen deutschen Bundesstaaten		Auslandsdeutsche, Ausländer und Staatenlose	
	im Sommerhalbjahr	im Winterhalbjahr	im Sommerhalbjahr	im Winterhalbjahr	im Sommerhalbjahr	im Winterhalbjahr	im Sommerhalbjahr	im Winterhalbjahr
a) Technische Hochschulen:								
Aachen	2) 1 016 (55)	3) 1 051 (45)	20) 923 (55)	20) 951 (43)			93 (—)	100 (2)
Berlin (Charlottenburg)	5 412 (142)	5 441 (146)	4640 (125)	4701 (132)			772 (17)	740 (14)
Braunschweig	1 106 (87)	1 095 (91)	396 (56)	395 (56)	651 (30)	645 (34)	59 (1)	55 (1)
Breslau	775 (13)	639 (11)	728 (13)	612 (11)			47 (—)	27 (—)
Danzig	1 716 (70)	1 723 (63)	239 (47)	227 (39)	980 (17)	1017 (17)	399 (6)	437 (7)
Darmstadt	2 446 (213)	2 493 (214)	739 (72)	736 (72)	1493 (116)	1561 (119)	214 (25)	196 (23)
Drösel	3 604 (396)	3 534 (386)	2652 (.)	2572 (.)	705 (.)	707 (.)	247 (.)	255 (.)
Hannover	1 702 (47)	1 726 (52)					55 (1)	57 (1)
Karlsruhe	1 218 (25)	1 256 (23)	684 (19)	712 (17)	393 (4)	389 (5)	141 (2)	155 (1)
München	3 698 (100)	3 593 (109)	2041 (45)	1983 (56)	1307 (47)	1292 (46)	350 (8)	318 (7)
Stuttgart	1 713 (60)	1 722 (58)	1088 (34)	1083 (29)	544 (22)	554 (24)	81 (4)	85 (5)
a) zusammen	24 406 (1208)	24 273 (1198)						
b) Bergakademien:								
Clausthal	226 (1)	242 (—)	191 (1)	205 (—)	32 (—)	34 (—)	3 (—)	3 (—)
Freiberg i. Sa.	182 (1)	171 (1)	51 (—)	51 (—)	86 (1)	79 (1)	45 (—)	41 (—)
b) zusammen	408 (2)	413 (1)	242 (1)	256 (—)	118 (1)	113 (1)	48 (—)	44 (—)
a und b insgesamt	24 814 (1210)	24 686 (1199)						

¹⁾ Nach Angaben, die uns von den Hochschulen und Bergakademien in dankenswerter Bereitwilligkeit mitgeteilt wurden. — Vgl. Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 300. — Von den Studierenden sind beurlaubt: ²⁾ 105 (7), ³⁾ 122 (8), ⁴⁾ 1186 (20), ⁵⁾ 1301 (24), ⁶⁾ 115, ⁷⁾ 81, ⁸⁾ 162 (3), ⁹⁾ 156, ¹⁰⁾ 98, ¹¹⁾ 42, ¹²⁾ 35, ¹³⁾ 43, ¹⁴⁾ 154 (1), ¹⁵⁾ 91, ¹⁶⁾ 36, ¹⁷⁾ 36, ¹⁸⁾ 14, ¹⁹⁾ 10. ²⁰⁾ Einschließlich der Studierenden aus den übrigen deutschen Bundesstaaten.

Ueber das Studium der Hüttenkunde (Eisenhüttenkunde und Metallhüttenkunde) an denjenigen Hochschulen und Bergakademien, die hierfür besonders in Frage kommen, enthält die nachstehende Zusammenstellung einige Angaben.

Technische Hochschule bzw. Bergakademie	Anzahl der Studierenden												Von den Studierenden sind Ausländer	
	insgesamt		im 1. Studienjahr		im 2. Studienjahr		im 3. Studienjahr		im 4. Studienjahr		in höheren Studienjahren			
	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr	Winterhalbjahr
a) Technische Hochschulen:														
Aachen	161	160		16		28		30		27		59	30	26
Berlin (Charlottenburg)	71 (3)	61 (1)	5	5	13 (2)	5 (1)	13 (1)	10	20	16	20	25		
Breslau	53	47											3	
Stuttgart	2	3											1	1
b) Bergakademien:														
Clausthal	80	87	9	11	11	9	17	12	14	20	29	35	2	1
Freiberg i. Sa.	76	78	13	6	15	15	14	15	9	14	25	28	6	8

Die Kohlenförderung im Ruhrgebiet im Februar 1933.

Im Monat Februar wurden insgesamt in 24 Arbeitstagen 6 238 471 t verwertbare Kohle gefördert gegen 5 543 030 t in 25,8 Arbeitstagen im Januar 1933 und 5 838 818 t in 25 Arbeitstagen im Februar 1932. Arbeitstäglich betrug die Kohlenförderung im Februar 1933 259 936 t gegen 254 000 t im Januar 1933 und 233 553 t im Februar 1932.

Die Kokserzeugung des Ruhrgebietes stellte sich im Februar 1933 auf 1 313 967 t (täglich 46 927 t), im Januar 1933 auf 1 443 546 t (46 566 t) und 1 268 532 t (43 742 t) im Februar 1932. Die Kokereien sind auch Sonntags in Betrieb.

Die Brikettherstellung hat im Februar 1933 insgesamt 229 638 t betragen (arbeitstäglich 9568 t) gegen 275 701 t (10 703 t) im Januar 1933 und 233 856 t (9354 t) im Februar 1932.

Die Bestände der Zechen an Kohle, Koks und Preßkohle (das sind Haldenbestände, ferner die in Wagen, Türmen und Kähnen befindlichen, noch nicht versandten Mengen einschließlich Koks und Preßkohle, letzte beiden auf Kohle zurückgerechnet) stellten sich Ende Februar 1933 auf 10,51 Mill. t gegen 10,36 Mill. t Ende Januar 1933. Hierzu kommen noch die Syndikatslager in Höhe von 1,10 Mill. t.

Die Gesamtzahl der beschäftigten Arbeiter stellte sich Ende Februar 1933 auf 208 168 gegen 208 013 Ende Januar 1933 und 211 397 Ende Februar 1932. Die Zahl der Feierschichten wegen Absatzmangels belief sich im Februar 1933 nach vorläufiger Ermittlung auf rd. 683 000. Das entspricht etwa 3,29 Feierschichten auf 1 Mann der Gesamtbelegschaft.

Die Roheisen- und Flußstahlgewinnung des Saargebietes im Februar 1933¹⁾.

Roheisengewinnung.

1933	Gießerei-roheisen und Gußwaren l. Schmelzung t	Thomas-roheisen (bassisches Verfahren) t	Roheisen insgesamt t	Hochöfen				
				vorhanden	in Betrieb	gebläht	zum Anblasen fertig	in Ausbeserung
Januar	11 900	109 499	121 399	30	18	3	4	5
Februar	9 720	91 530	101 250	30	18	3	5	4

¹⁾ Nach den statistischen Erhebungen der Fachgruppe der Eisen schaffenden Industrie im Saargebiet.

Flußstahlgewinnung.

1933	Roßblöcke			Stahlguß		Flußstahl insgesamt t
	Thomasstahl-t	bassische Siemens-Martin-Stahl-t	Elektrostahl-t	bassischer und Elektro-t	saurer t	
Januar	89 310	34 100		1192		124 602
Februar	73 293	26 600		1061		100 954

Die Leistung der Walzwerke im Saargebiet im Februar 1933¹⁾.

	Januar 1933 t	Februar 1933 t
A. Walzwerks-Fertigerzeugnisse:		
Eisenbahnoberbaustoffe	8 942	9 565
Formeisen (über 80 mm Höhe)	10 888	8 816
Stabeisen und kleines Formeisen unter 80 mm Höhe	25 980	24 976
Bandeisen	9 483	6 823
Walzdraht	11 947	8 798
Grobbleche und Universaleisen	5 656	5 842
Mittel-, Fein- und Weißbleche	9 604	8 859
Böhren (gewalzt, nahtlose und geschweißte)	3 578 ²⁾	3 070 ²⁾
Rollendes Eisenbahnzeug	—	—
Schmiedestücke	574	546
Andere Fertigerzeugnisse	102	73
Insgesamt	86 754	77 368
B. Halbzeug zum Absatz bestimmt	13 034	7 911

¹⁾ Nach den statistischen Erhebungen der Fachgruppe der Eisen schaffenden Industrie im Saargebiet. — ²⁾ Zum Teil geschätzt.

Luxemburgs Roheisen- und Stahlerzeugung im Februar 1933.

1933	Roheisenerzeugung				Stahlerzeugung			
	Thomas-t	Gießerei-t	Pudde-t	zusammen-t	Thomas-t	Siemens-Martin-t	Elektro-t	zusammen-t
Januar	166 368	—	—	166 368	162 223	—	467	162 690
Februar	167 112	—	—	167 112	165 748	—	570	166 318

Frankreichs Eisenerzförderung im November 1932.

Bezirk	Förderung		Vorräte am Ende des Monats November	Beschäftigte Arbeiter	
	Monatsdurchschnitt 1913	November 1932		1913	November 1932
Lothringen	1 761 250	998 087	1 523 970	17 700	8 672
Metz, Diedenhofen	—	944 919	2 064 681	15 537	9 132
Briey et Meuse	1 505 168	106 615	202 699	—	1 008
Longwy	—	52 921	314 417	2 103	796
Nanzig	159 743	7 817	10 921	—	54
Minieres	—	116 934	161 436	2 808	1 683
Normandie	63 896	32 079	168 636	1 471	411
Anjou, Bretagne	32 079	688	9 629	2 168	94
Pyrenäen	32 821	358	8 526	1 250	31
Andere Bezirke	26 745	—	—	—	—
zusammen	3 581 702	2 237 595	4 464 915	43 037	21 881

Italiens Eisenindustrie 1930 bis 1932.

Nach den amtlichen Ermittlungen wurden in den Jahren 1930 und 1931 gefördert oder erzeugt:

	1930	1931
Eisenerz	718 124	560 853
Manganerz	10 633	6 421
Manganeisenerz	12 244	13 900
Roheisen insgesamt	537 118	465 650
davon:		
Koksroheisen	511 574	44 456
Synthetisches Roheisen	25 544	2 956

	1930	1931
Eisenlegierungen	64 788	52 956
davon:		
Ferromangan	14 882	9 819
Ferrosilizium	15 675	16 551
Spiegeleisen	14 094	9 794
Ferrochrom	1 303	1 956
Silicomangan	3 631	3 327
Sonstige Legierungen	15 203	11 509
Roh- oder Flußstahl insgesamt	1 743 351	1 409 850
davon:		
Roßblöcke	1 692 971	1 364 585
Siemens-Martin-Stahl	1 521 031	1 215 492
Schweißstahl (Luppen)	153	—
Elektrostahl	171 787	149 093
Stahlguß	50 380	45 265
Siemens-Martin-Stahl	11 591	13 070
Bessemerstahl	470	387
Elektrostahl	38 319	31 808
Walzwerkzeugnisse	124 090	117 887

Im Jahre 1932¹⁾ wurden erzeugt 460 538 t Roheisen und 1 391 357 t Flußstahl. Die Herstellung von Eisenlegierungen belief sich auf 27 853 t, darunter 7415 t Ferromangan, 6689 t Spiegeleisen, 9269 t Ferrosilizium und Silicomangan sowie 4480 t sonstige Legierungen.

¹⁾ Siehe La Metallurgia Italiana 25 (1933) S. 108/09.

Die Lage des deutschen Maschinenbaues im Februar 1933. —

Da der Februar ganz in die Zeit zwischen der Regierungsumbildung und den Parlamentsneuwahlen fiel, stand das Geschäft noch mehr als in den vorhergehenden Monaten unter dem Zeichen des Abwartens. Sowohl die Inlands- als auch die Auslandsaufträge blieben hinter den Ergebnissen der letzten Monate zurück. Der Beschäftigungsgrad ging von 30,7% auf 30,1% zurück.

Buchbesprechungen.

Lobbes, Heinz, Dr., Berlin: Die nordschwedische Grubenindustrie. Beiträge zu ihrer Entwicklung. Greifswald: Ratsbuchhandlung L. Bamberg 1932. (XV, 151 S. u. 1 Bl.) 8°. 4,50 *N.M.*

(Greifswalder Staatswissenschaftliche Abhandlungen. Hrsg. von Prof. Kahler und Prof. Muhs. Bd. 49.)

Unter dem nüchternen Titel des Buches verbirgt sich ein Stoff von ganz ungewöhnlicher Art. Im Mittelpunkt des Geschehens stehen die gewaltigen Eisenerzlager von Gellivare-Malmberget sowie von Kirunavaara und Luossavaara. Um sie und ihre wirtschaftliche Nutzbarmachung geht seit vielen Jahrzehnten der Kampf, und es ist dem Verfasser, gestützt auf eingehendes Studium des einschlägigen Schrifttums, gelungen, eine ebenso fesselnde wie umfassende Darstellung der Entwicklung dieses Ringens zu geben.

Nach einer Uebersicht über die Entdeckung der verschiedenen Vorkommen erscheint vor uns zunächst eine Reihe von Unternehmerpersönlichkeiten. Ihre Mittel waren jedoch für die riesige Aufgabe ebenso ungenügend, wie ihre Kenntnisse von den Verwendungsmöglichkeiten der Erze noch unzureichend waren; sonst hätten sie erkennen müssen, daß die Zeit für die Nutzbarmachung dieser überwiegend phosphorhaltigen Erze noch nicht gekommen war. Diese brach erst an, als das Thomasverfahren ihre Verarbeitung auf Flußstahl ermöglichte, und so begann erst mit diesem Zeitpunkt der Kampf aussichtsreich zu werden. Aber es bleibt ein Kampf, der in das entlegene unwegsame Gebiet nur mit sehr großen Geldmitteln für Bahnbauten vorgetragen und nur unter Ueberwindung von Schnee, Kälte und langer Winterdunkelheit gewonnen werden konnte. Entscheidend für die Entwicklung sind wieder bestimmte Persönlichkeiten, während der Staat im allgemeinen versagt, obwohl es sich darum handelt, ein umfangreiches Gebiet, in dem es sogar eine Nationalitätenfrage gibt, unter seinen unmittelbaren Einfluß zu bringen. So wird zum Träger der Erschließung Norbottens und seiner reichen Eisenerze die Trafikaktiebolag Grängesberg-Oxelösund (TGO), die in Lund-bohm einen Führer von ganz hervorragenden Eigenschaften findet. Unter seiner vorbildlichen Leitung entstehen ebenso leistungsfähige Betriebsanlagen wie kulturell hochstehende Wohnstätten.

Mit der wirtschaftlichen Ausnutzung der Vorkommen tritt dann der Staat stärker mit Forderungen hervor, und man wird ihm gewiß seinen Teil an den reichen Erträgen und seinen Einfluß auf eine nationalen Belangen gerecht werdende Eisenerzpolitik zugestehen. Zieht man aber einen Vergleich zwischen seinen Forderungen und dem, was er für die ganze Entwicklung beigetragen hat, so wird doch offenbar, daß besonders sein Gewinnstreben keineswegs auf einer höheren Stufe steht als das etwa der TGO. Der Verfasser gibt eine sehr gute Darstellung dieses Gegenspiels von Staat und Privatunternehmer, aus dem sich mit ungewöhnlicher Klarheit erkennen läßt, wo die Grenze zwischen den Rechten und Pflichten beider liegt.

Schr anschaulich ist auch das Bild, das der Verfasser von der wirtschaftlichen Bedeutung der nordschwedischen Eisenerze für die europäische Eisenerzeugung gibt. In einem Punkte wird man ihm allerdings nicht zustimmen können, wenn er nämlich sagt (S. 103), daß die deutschen Hochofen nur durch die reichliche Verwendung der schwedischen Erze England vom ersten Platz in der europäischen Roheisen- und Stahlerzeugung hätten verdrängen können. Eine so kurze Formel kann diese Entwicklung nicht verständlich machen; denn auch England standen das Thomasverfahren und die schwedischen Erze nach Belieben zur Verfügung. Zum Verständnis dieses Zusammenhangs ist es wohl notwendig, besonders auf die Bedeutung einer Reihe deutscher Führerpersönlichkeiten der Technik und Wirtschaft hinzuweisen.

Es sei noch bemerkt, daß der mit dem Gegenstande weniger Vertraute beim Lesen des Buches eine kleine Uebersichtskarte vermissen wird, auf der er die wichtigeren der auftretenden geographischen Bezeichnungen wiederfinden könnte. Dieser Mangel vermag aber den hohen Wert, den das Buch für den Staatswissenschaftler, den Wirtschaftsführer, den Eisenhütten- und den Bergmann besitzt, nicht zu schmälern. Sie alle werden die Schrift nicht aus der Hand legen, ohne einen nachhaltigen Eindruck durch sie erhalten zu haben.

Walter Luyken.

Frommer, Leopold, Dr.-Ing., Beratender Ingenieur, V. B. I.: Handbuch der Spritzgußtechnik der Metallegierungen einschließlich des Warmpreßverfahrens. Mit 244 Abb. sowie 36 Zahlentaf. im Text u. auf 6 Taf. Berlin: Julius Springer 1933. (XVII, 686 S.) 8°. Geb. 66 *N.M.*

Auf Grund der besonderen Entwicklung und Verbreitung des Spritzgusses in den letzten Jahren hat der Verfasser versucht, eine umfassende Darstellung aller mit dem Verfahren zusammenhängender Fragen zu geben. Nach einem einleitenden Abschnitt über die Einströmvorgänge und ihre Bedeutung für die Arbeitsweise geht er näher auf die Ausbildung der Spritzgußformen und die Beanspruchung und erforderlichen Eigenschaften der Formbaustoffe ein. In einem Abschnitt über Gießvorrichtungen sind die einzelnen Konstruktionselemente und die kennzeichnenden Einzelheiten und Abarten der beiden Hauptverfahren, der Kolbenspritzpumpe und der Druckluftgießmaschine, gegenübergestellt unter weitgehender Berücksichtigung von praktischen Beispielen. Die Behandlung der geeigneten Spritzgußlegierungen geht von Anforderungen an das Gießmetall aus und kennzeichnet die notwendigen chemischen und physikalischen Eigenschaften im Zusammenhang mit den Gießbedingungen. Zum Schluß ist noch auf die zweckmäßige Konstruktion der Gußstücke, die Fehlerquellen, die Anwendbarkeit und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens eingegangen, so daß das Buch sowohl dem Spritzgußhersteller als auch dem Erbauer der Gießvorrichtungen sowie dem Verbraucher von Spritzguß einen geschlossenen Ueberblick über das vielseitige Gebiet vermittelt und damit seinen Zweck bestens erfüllt.