

STAHL UND EISEN

ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute

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

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

HEFT 32

12. AUGUST 1937

57. JAHRGANG

Einwirkung von Wasserstoff unter hohem Druck auf unlegierten Stahl.

Von Friedrich Karl Naumann in Essen.

[Bericht Nr. 381 des Werkstoffausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute*].

(Beispiele von durch Wasserstoff angegriffenen Bauteilen aus Ammoniaksynthese- und Hydrieranlagen. Versuchsanordnung zur Ausführung von Wasserstoff-Hochdruckversuchen. Einfluß von Wasserstoffdruck, Temperatur und Zeit auf den Beginn und das Fortschreiten der Entkohlung an unlegierten Stählen. Ausbildungsformen der Entkohlung. Einfluß des Primärgefüges und der Kaltverformung. Die Wirkung des Wasserstoffangriffs auf die mechanischen Eigenschaften. Beständigkeitsgrenzen von unlegierten Stählen. Bemerkungen über den Entkohlungsorgang.)

[Hierzu Tafeln 3 bis 7.]

In den Anlagen für die bekannten Hochdruck-Hydrierungsverfahren, besonders für die Ammoniaksynthese und die Kohlenverflüssigung, kommt der Behälterwerkstoff mit heißem Wasserstoff unter hohem Druck in Berührung. Die Ammoniaksynthese erfolgt nach verschiedenen Verfahren

× 1/2

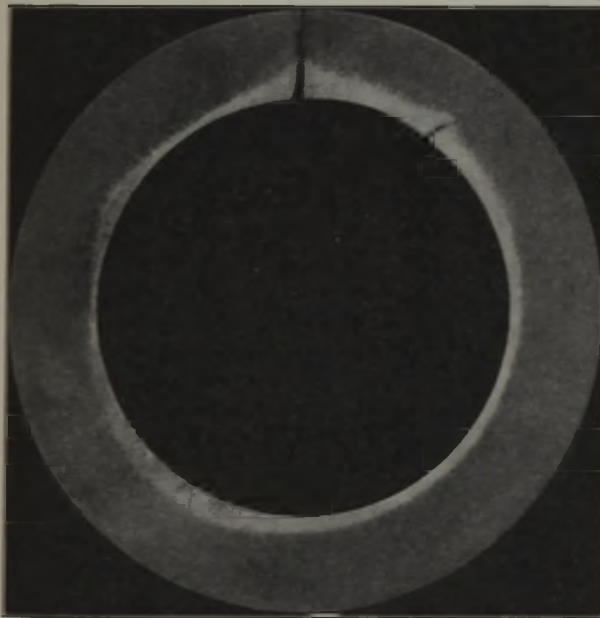


Abbildung 1.

Durch Wasserstoffangriff aufgeplatztes Reaktionsgefäß.

unter Drücken von 100 bis 1000 kg/cm² und bei Temperaturen von 400 bis 600°¹⁾, und bei der Kohlenverflüssigung arbeitet man heute, abgesehen von dem drucklosen Ver-

*) Vorgetragen in der 35. Sitzung des Werkstoffausschusses am 12. März 1937 in Düsseldorf. — Sonderabdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Postschließfach 664, zu beziehen.

¹⁾ F. Müller: Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 517/23; B. Waeser: Die Luftstickstoffindustrie (Leipzig: O. Spamer 1932); C. Bosch: Chem. Fabrik 6 (1933) S. 127/42; vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 1187/89.

fahren nach F. Fischer und H. Tropsch²⁾, unter Drücken bis 700 kg/cm² bei Temperaturen von 450 bis 550°³⁾.

Erscheinungsformen des Wasserstoffangriffs.

Schon bei den ersten betriebsmäßigen Versuchen der Ammoniaksynthese nach F. Haber mußte man, wie C. Bosch⁴⁾ berichtet, feststellen, daß die Hochdruckgefäße aus unlegiertem Stahl durch Wasserstoff angegriffen und zerstört wurden. Die Erscheinungsformen und Folgen des Wasserstoffangriffs sind von Bosch eingehend beschrieben worden. Sie bestehen im wesentlichen in einer Entkohlung, verbunden mit einer Lockerung des Kornzusammenhangs, die zu einem starken Verlust an Festigkeit und Zähigkeit führt. Einige Beispiele von Bauteilen, die durch Wasserstoff angegriffen sind, geben die folgenden Bilder.

Abb. 1 zeigt den Querschliff einer unter der Einwirkung von Wasserstoff geplatzten Hochdruckbombe. Die entkohlte Innenzone ist durch Aetzen mit Kupferammonium-

rd. × 1/3

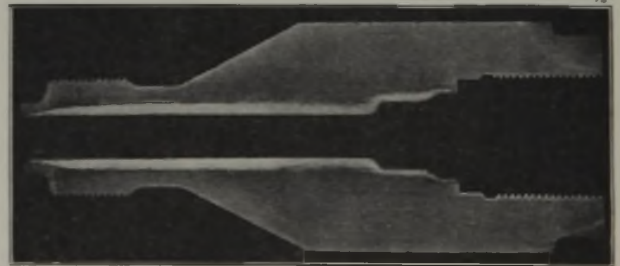


Abbildung 2. Durch Wasserstoff angegriffener Verteilklotz aus einer Hydrieranlage.

chlorid sichtbar gemacht worden. Außer dem Riß, der zum Bruch geführt hat, sind noch verschiedene weitere Anrisse

²⁾ Brennstoff-Chem. 7 (1926) S. 97/104; vgl. Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 752/53.

³⁾ E. Galle: Hydrierung der Kohlen, Teere und Mineralöle, Bd. 27 der Techn. Fortschrittsberichte (Dresden und Leipzig: Theodor Steinkopf 1932); C. Zerbe: Chem.-Ztg. 55 (1931) S. 4/5, 18/19, 38/40, 94/96, 114/17, 136/37 u. 152/53; M. Pier: Chem. Fabrik 8 (1935) S. 45/54; C. Bosch: Chem. Fabrik 7 (1934) S. 1/10; F. Müller: Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 405/06.

⁴⁾ Chem. Fabrik 6 (1933) S. 127/42; Z. VDI 77 (1933) S. 305/17; vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 1187/89.

vorhanden, in deren Umgebung der Angriff tiefer als an den rißfreien Stellen eingedrungen ist. *Abb. 2* läßt den Wasserstoffangriff an einem Verteilklotz aus einer Hydrieranlage nach nur vierwöchiger Betriebsdauer bei 500° und 200 kg/cm² Druck erkennen.

In *Abb. 3 und 4* (Tafel 3) ist ein Längsschliff aus einem Röhrenboden wiedergegeben, der als Teil eines Wärmeaustauschers innerhalb eines Stickstoffofens zwei Jahre lang bei 100 kg/cm² und etwa 450° in Betrieb war, wobei der Wasserstoff beiderseitig auf das Stück einwirkte. Schon im ungeätzten Schliff (*Abb. 3*) sind zahlreiche Risse erkennbar. Das Gefüge (*Abb. 4*) ist von entkohlten Zweigen durchsetzt, in deren Mitte sich die Risse befinden. Bemerkenswert ist, daß der Angriff den Zeilen des Gefüges folgt. Beim Ätzen dieses Schliffes entwichen beträchtliche Mengen Gas. Durch Anbohren unter Wasser gelang es, einen Teil dieses Gases aufzufangen; es bestand aus 90 Raumprozent Methan, dem Erzeugnis der Entkohlungsreaktion, und 10 Raumprozent Stickstoff. Bei der Heißextraktion feiner Frässpäne wurde nur noch Wasserstoff und Stickstoff gefunden, woraus zu schließen ist, daß das Methan nur in den Rissen und Spalten des Gefüges mechanisch eingeschlossen war. Die Festigkeit war im Vergleich zu dem für einen derartigen Werkstoff üblichen Wert stark abgesunken; Dehnung, Einschnürung und Kerbschlagzähigkeit waren kaum noch vorhanden.

In einer unter 1000 kg/cm² Druck arbeitenden Ammoniak-synthese-Anlage kam es zu wiederholten Malen vor, daß ein im Inneren eingebauter Rundstab von 80 mm Dicke, dessen Temperatur etwa 450° betrug, der Länge nach aufbarst. Ein solcher Stab erwies sich bei der Gefügeuntersuchung als nahezu vollständig entkohlt. Da äußere Kräfte nicht auf den Stab einwirkten, muß das Aufreißen durch innere Spannungen verursacht worden sein. Solche Spannungen entstehen zweifellos durch das bei der Entkohlung sich bildende und nicht diffusionsfähige Methan. Sie können, wie andere Fälle gelehrt haben, auch zu beträchtlichen Längenänderungen von eingebauten Teilen führen und dadurch Betriebsstörungen verursachen.

Auf derartige bei der Entkohlung entstehende Spannungen ist auch eine andere Äußerung des Wasserstoffangriffs zurückzuführen, die Blasenbildung, von der *Abb. 5* (Tafel 3) ein Beispiel gibt. Diese Blasen, die sehr den Beizblasen gleichen — und ihre Entstehungsursache ist ja auch ganz ähnlich —, treten besonders häufig an Blechen aus unruhigem Stahl auf. Die Trennung erfolgt, wie *Abb. 6* zeigt, meistens in der besonders stark verunreinigten Schicht zwischen Rand- und Seigerungszone; jedoch ist das Vorhandensein von stärkeren Verunreinigungen keineswegs dazu erforderlich. In einer derartigen Blase wurde gelegentlich ein Gas gefunden, das aus 60 Raumprozent Methan und 40 Raumprozent Kohlendioxyd bestand.

In einem Ammoniak-synthesebetrieb brach nach einer Betriebsdauer von acht Monaten plötzlich ein Hochdruckrohr aus unlegiertem Stahl, das zur Fortleitung von Synthesegas unter 850 kg/cm² Druck diente; die Temperatur betrug etwa 280 bis 290°. *Abb. 7 bis 11* geben eine Bruchansicht und das Gefüge an der Bruchstelle wieder. Die angegriffene Zone, deren Tiefe etwa 10 mm betrug, hebt sich durch ihr mattes Bruchaussehen ab. Im Gefüge ist innen deutlich eine Entkohlung zu sehen; darüber hinaus macht sich der Wasserstoffangriff nur noch in einer stärkeren Betonung der Korngrenzen bemerkbar (vgl. *Abb. 10*). Der Kohlenstoffgehalt war am Innenrand von 0,30 auf 0,13% gesunken.

Dieser Fall beweist, daß es wichtig ist, den Zustand des Behälterbaustoffes und besonders den der Reaktionsgefäße zu kennen und nötigenfalls zu überwachen. Das kann durch metallographische Untersuchung an einem Oberflächenschliff

oder durch Entnahme eines Radialbohrkernes geschehen. *Abb. 12* zeigt ein Gerät, das sich für die mikroskopische Oberflächenuntersuchung an stehenden Hochdruckbehältern bewährt hat. Das Mikroskop ist auf eine Brücke aufgesetzt, und diese wird durch einen Tragring im Innern des zu untersuchenden Behälters festgehalten. Stellt es sich heraus, daß der Werkstoff angegriffen ist, so entnimmt man zweckmäßig einen Bohrkern, um die Tiefe des Angriffs daran bestimmen zu können.

Abb. 13 gibt die Ergebnisse einer derartigen Bohrkernuntersuchung wieder. Die Hälfte der 60 mm tragenden Wandstärke ist in diesem Falle angegriffen. Das Reaktionsgefäß wurde daraufhin außer Betrieb gesetzt und eingehend untersucht. Aus vier verschiedenen Zonen der

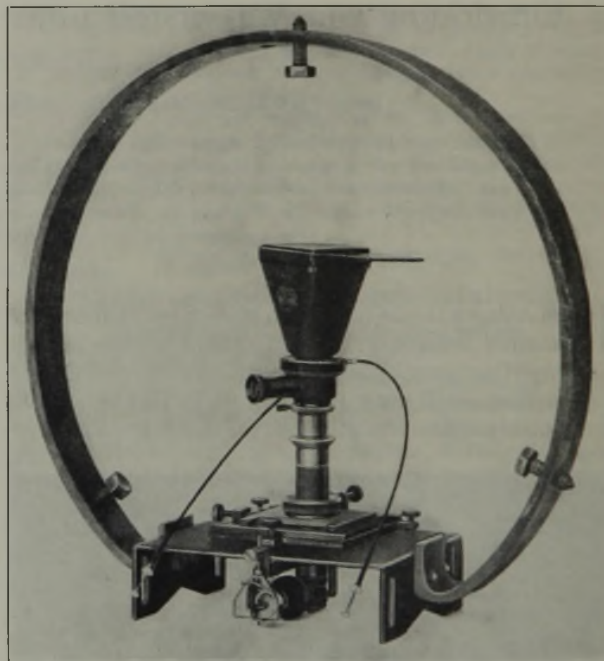


Abbildung 12. Gerät für metallographische Untersuchungen in stehenden Hochdruckgefäßen.

Behälterwand wurden Zerreiß- und Kerbschlagproben in der Längsrichtung entnommen. Nach *Abb. 14* sanken Zugfestigkeit und Zähigkeit von außen nach innen stark ab, und zwar die Zähigkeit stärker als die Festigkeit, und besonders die Kerbschlagzähigkeit eher und stärker als Dehnung und Einschnürung. Um einen Anhalt dafür zu gewinnen, wie sich eine derartig aus Zonen verschiedener Festigkeit und Zähigkeit zusammengesetzte Wand bei Zugbeanspruchungen verhält, wurde, ebenfalls in der Längsrichtung, eine Zerreißprobe entnommen, die die ganze Wandstärke umfaßte. Dabei ergab sich die Zugfestigkeit niedriger, als dem Mittelwert aus der guten und angegriffenen Zone entspricht; Dehnung und Einschnürung lagen sogar schlechter als die der innersten Zone. Das bessere Formänderungsvermögen der guten Zone kommt also wegen der Kerbwirkung der zunächst anreißenden spröden Zone nicht zur Geltung. Warmzugversuche ergaben (*Abb. 15*), daß auch bei höherer Temperatur — gewählt wurde 450° in Anlehnung an die Betriebstemperatur des Behälters — nicht mit einem besseren Verhalten des angegriffenen Werkstoffs zu rechnen ist.

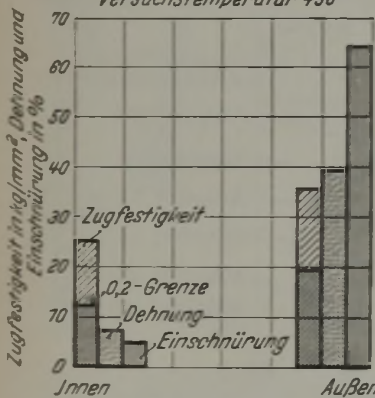
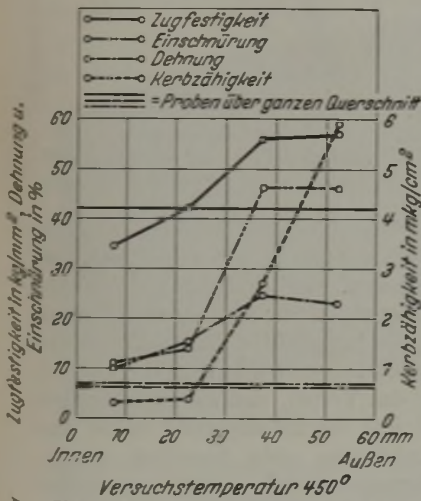
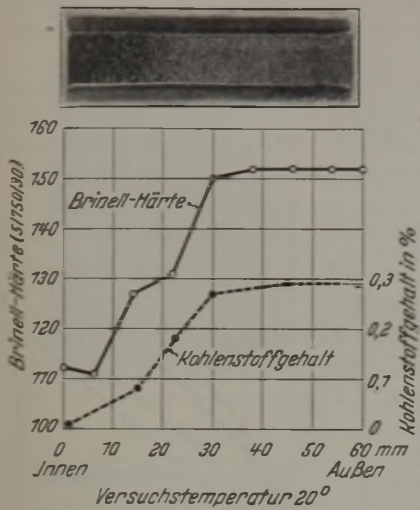
Einfluß von Druck, Temperatur und Zeit beim Wasserstoffangriff.

Als mit der schnell zunehmenden Ausbreitung der Hochdruckanlagen und den ständig sich steigenden Anforderungen an die Baustoffe die Schäden durch Wasserstoffangriff sich mehrten, entschlossen wir uns im Jahre 1927,

selbst Versuche über die Einwirkung von Wasserstoff unter hohem Druck auf Stahl durchzuführen, von denen im folgenden, soweit sie sich auf unlegierten Stahl beziehen, ein kurzer Abriß gegeben werden soll.

in die Rohrwand eingelassen; außerdem wurde das nach beiden Seiten auftretende Temperaturgefälle durch drei weitere Meßstellen überwacht.

Die bei den Versuchen mit Einlegeproben benutzten Hochdruckrohre hatten bei einer Länge von 1500 mm einen



Abbildungen 13 bis 15. Durch Wasserstoff angegriffenes Reaktionsgefäß.

Die Versuchseinrichtung ist in Abb. 16 schematisch dargestellt. Für die Versuche wurde gewöhnlicher ungereinigter und nicht getrockneter Flaschenwasserstoff verwendet, da dies am ehesten den praktisch vorliegenden Verhältnissen entspricht. Der Wasserstoff wurde einer Stahlflasche (F) entnommen, von einem fünfstufigen Verdichter (K) auf den gewünschten Druck gebracht und zunächst in einen Sammelbehälter (H) gefördert. Aus dem zu untersuchenden Werkstoff wurden entweder Rohre hergestellt, durch die der Wasserstoffstrom (2000 l/h) hindurchgeleitet wurde (a, b, c, d), oder einfache Rundproben bzw. Zerreiß- und Kerbschlagproben, die in ein mit dem Wasserstoff gefülltes größeres Hochdruckrohr eingelegt wurden (A, B). Im ersten Fall wird der

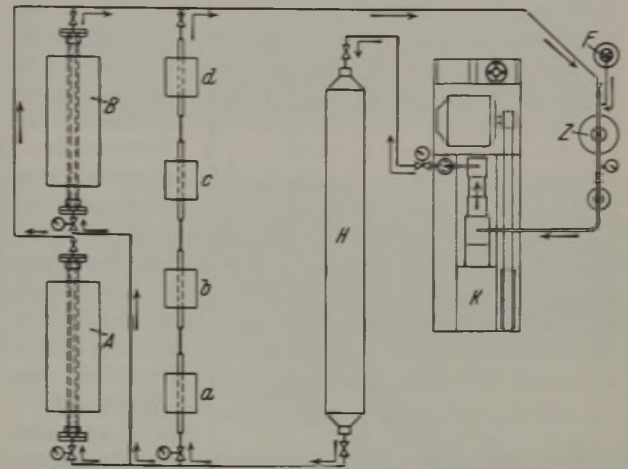


Abbildung 16. Versuchsanordnung für Wasserstoff-Hochdruckversuche.

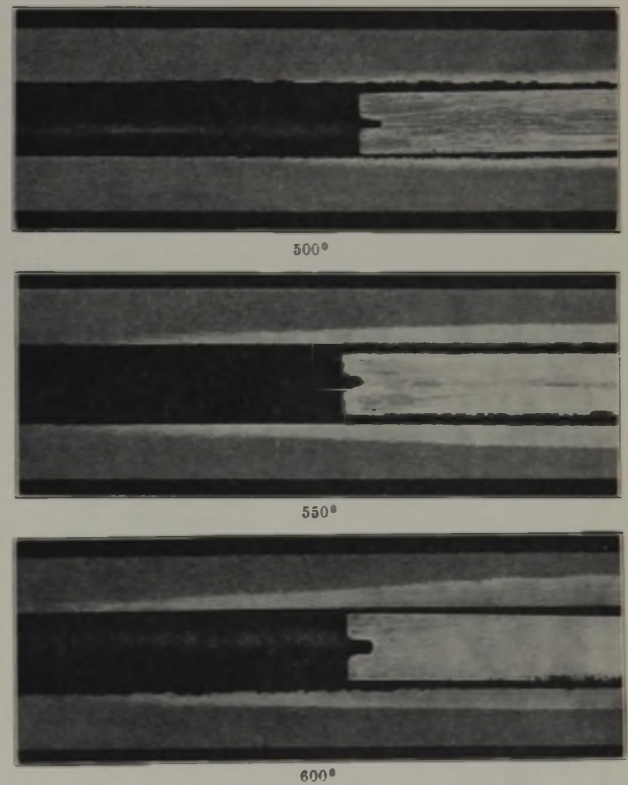


Abbildung 17. Durch Wasserstoff entkohlte Proben. (Stahl mit 0,76 % C, 10 h Versuchsdauer, Wasserstoffdruck 300 kg/cm².)

Versuchswerkstoff also durch den Druck mechanisch beansprucht, im zweiten nicht.

Die Rohre wurden durch Bohren aus Rundstäben hergestellt und hatten bei 500 mm Länge 30 mm Außendurchmesser und 12 mm Innendurchmesser, also eine Wandstärke von 9 mm. Die tangentielle Zugbeanspruchung nach C. Bach beträgt bei diesen Abmessungen unter einem Druck von 300 kg/cm² etwa 5 kg/mm². Die Rohre waren auf 300 mm ihrer Länge in kleinen Öfen gelagert und wurden von außen beheizt. Das der Temperaturmessung und -regelung dienende Thermoelement wurde in der Ofenmitte ein wenig von außen

Außendurchmesser von 80 mm und eine Bohrung von 35 mm. Die Rohre wurden auf eine Länge von 1000 mm von außen beheizt, so daß sich eine Strecke von 200 mm mit gleichbleibender Temperatur ergab. Die Temperatur wurde in der Ofenmitte durch ein von außen in die Wand eingelassenes Thermoelement gemessen und durch selbsttätige Regelung auf $\pm 5^\circ$ beständig gehalten. Innerhalb des Rohres waren die zu untersuchenden Proben auf einem Gestell so untergebracht, daß der Wasserstoff von allen Seiten freien Zutritt zu den Proben hatte. Die Gasfüllung wurde alle 2 h erneuert. Die Wirkung war hierbei die gleiche wie bei strömendem Wasserstoff.

Die Rohre wurden bei Beginn jedes Versuches unter geringem Ueberdruck hochgeheizt, und erst wenn die Versuchstemperatur erreicht war, wurde der volle Wasserstoffdruck gegeben. Aus den Rohren strömte das Gas durch ein Feinregelventil in ein Zwischengefäß (Z) und wurde daraus über ein weiteres Drosselventil unter geringem Ueberdruck wieder vom Kompressor angesaugt. Ein Teil des Wasserstoffs ging,

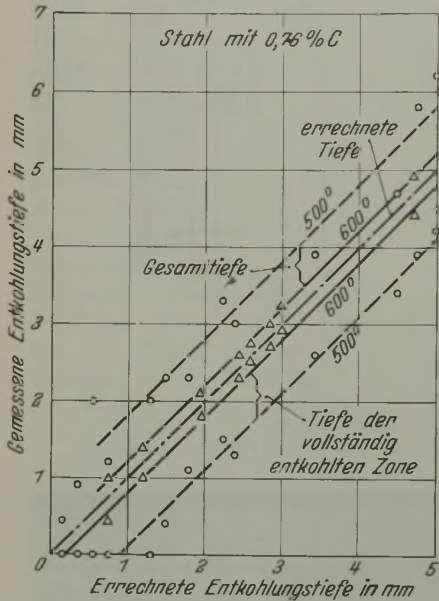


Abbildung 18. Vergleich zwischen gemessener und errechneter Entkohlungstiefe.

einsetzt, einerlei ob der Stahl unter Spannung steht (Rohre) oder nicht (Einlegeproben). Abb. 17 zeigt z. B. Längsschliffe durch drei Rohre von 30 mm Außen- und 12 mm Innendurchmesser mit eingelegten Stäben von 10 mm Dmr., die 10 h bei 500, 550 und 600° einem Wasserstoffdruck von 300 kg/cm² ausgesetzt waren. Offensichtlich sind die unbelasteten Stäbe genau so stark angegriffen wie die Rohre,

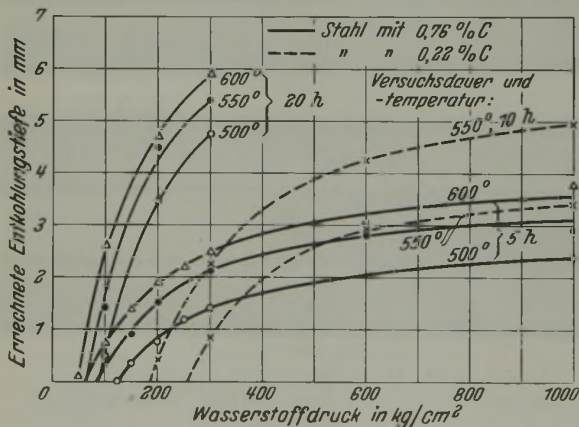


Abbildung 19. Abhängigkeit der Entkohlungstiefe vom Wasserstoffdruck.

ja sogar noch etwas tiefer, da die Konzentration des Wasserstoffs durch dessen Diffusion nach außen in der Rohrwand in stärkerem Maße abnimmt⁴⁾ als im Innern der Proben. Die Mehrzahl der Versuche wurde deshalb der einfacheren Herstellung und bequemerer Handhabung der Proben wegen an Einlegeproben durchgeführt.

Für die erste Versuchsreihe wurden zwei Siemens-Martin-Stähle mit folgender Zusammensetzung ausgewählt:

% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Ni	% Cr
0,22	0,31	0,84	0,021	0,020	0,15	0,14
0,76	0,16	0,25	< 0,01	0,016	0,10	0,07

zumal da die Versuche häufig bis zum Platzen der Versuchsrohre fortgesetzt wurden, verloren und mußte durch frischen ersetzt werden. Dadurch fand eine dauernde allmähliche Erneuerung des Wasserstoffs statt, und eine Anreicherung des Umlaufgases an Methan wurde vermieden.

Ein Vergleich der beiden Versuchsverfahren ergab, daß der Angriff unter genau denselben Bedingungen

Aus normalgeglühten Stangen von 22 mm Dmr. wurden Proben von 20 mm Dmr. und 50 mm Länge herausgearbeitet und allseitig mit Schmirgelpapier bis Körnung 1 F überschleift. Vor dem Versuch wurden die Proben mit Benzol entfettet, gewogen und ausgemessen. Nach dem Versuch erkalteten die Stäbe unter geringem Wasserstoffüberdruck im Ofen.

Ein starker Wasserstoffangriff war vielfach schon äußerlich daran erkennbar, daß sich an der Oberfläche Methanbläschen gebildet hatten, die gelegentlich eine Anordnung nach dem Faserverlauf erkennen ließen (vgl. Abb. 25; Tafel 4).

Die Proben wurden dann ausgewogen und ausgemessen und danach der Länge nach aufgeschnitten und angeschliffen. Am geätzten Schriff wurde dann die Entkohlungstiefe bestimmt, und zwar die Gesamtstiefe und auch die Breite der rein ferritischen Randschicht. Aus dem Gewichtsverlust wurde ebenfalls die Entkohlungstiefe errechnet. Dieser so erhaltene Wert stellt die Tiefe für den

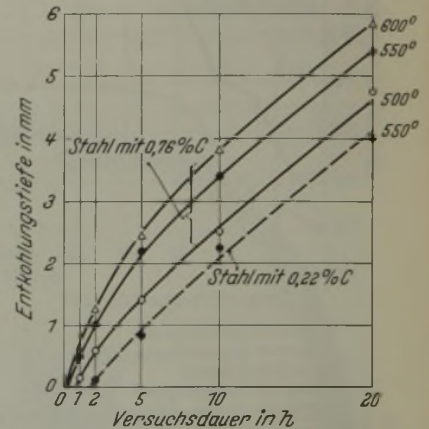


Abbildung 20. Einfluß der Zeit auf die Wasserstoffentkohlung. (Druck 300 kg/cm².)

Fall dar, daß die Entkohlung vollständig und ohne Uebergang verlaufen würde, ein Fall, der praktisch zwar nie ganz, aber unter gewissen Bedingungen, nämlich bei hoher Versuchstemperatur, doch annähernd eintritt; die Uebereinstimmung mit der gemessenen Entkohlungstiefe ist dann gut (Abb. 18). Das Verfahren, die Entkohlungstiefe aus dem Gewichtsverlust zu errechnen, hat den Vorteil, daß die Ergebnisse objektiv bestimmt sind und von Zufälligkeiten in der Ausbildungsform der Entkohlung nicht beeinflußt werden. Den folgenden Ausführungen ist daher stets die errechnete Entkohlungstiefe zugrunde gelegt.

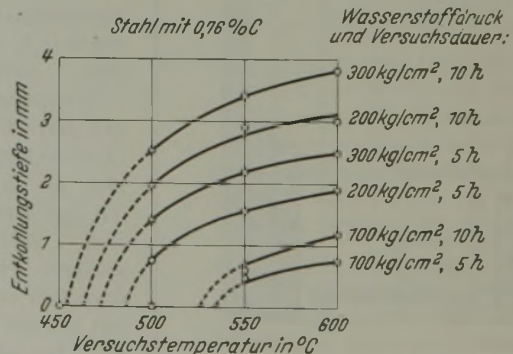


Abbildung 21. Einfluß der Temperatur auf die Wasserstoffentkohlung.

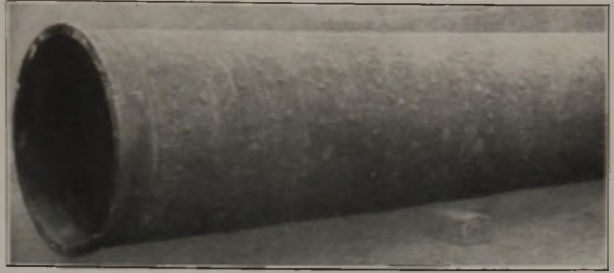
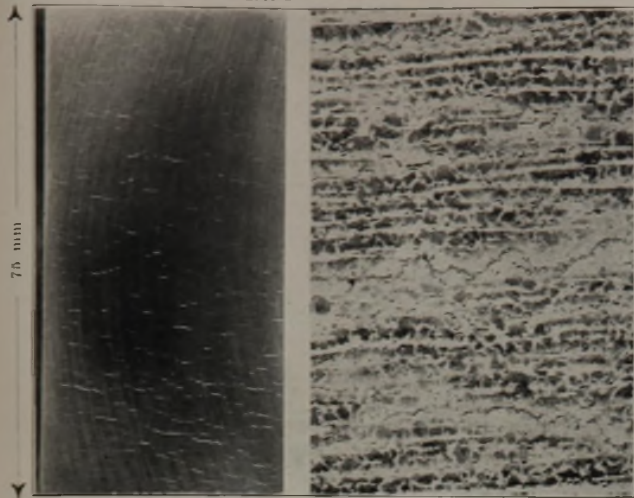
Die Versuchsbedingungen wurden in folgenden Grenzen verändert: der Druck von 25 bis 1000 kg/cm², die Temperatur von 400 bis 600° und die Dauer von 1 bis 100 h.

Den Einfluß des Wasserstoffdruckes veranschaulicht Abb. 19. Die Entkohlung setzt bei einem bestimmten Druck ein, und die Entkohlungstiefe nimmt dann mit steigendem Druck zunächst stark und dann langsamer zu. Der Beginn der Entkohlung wird mit steigender Temperatur und auch mit zunehmender Versuchsdauer zu niedrigeren Drücken verschoben. Bei dem Stahl mit 0,22% C setzt die Entkohlung, vermutlich wegen seines höheren Mangan- und

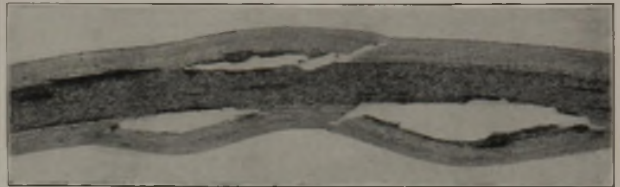
Friedrich Karl Naumann: Einwirkung von Wasserstoff unter hohem Druck auf unlegierten Stahl.

rd. $\times 1$

rd. $\times 50$



Ansicht.



Querschliff (Baumann-Abdruck). Blechstärke 24 mm.

Abbildung 5 und 6.

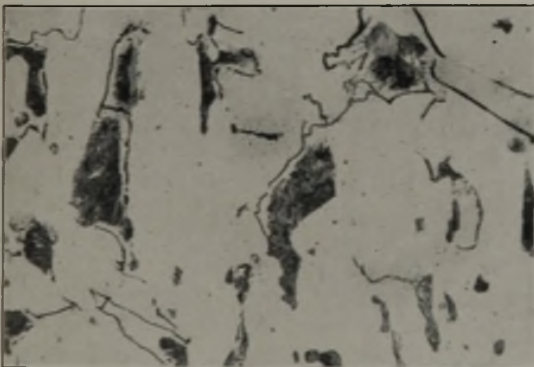
(Längsschliff.)
Abbildung 3 und 4.
Von Wasserstoff angegriffener Röhrenboden.

Durch Wasserstoffangriff blasig gewordener Innenmantel.

$\times 500$



Bruchansicht. ($\times \frac{1}{2}$)



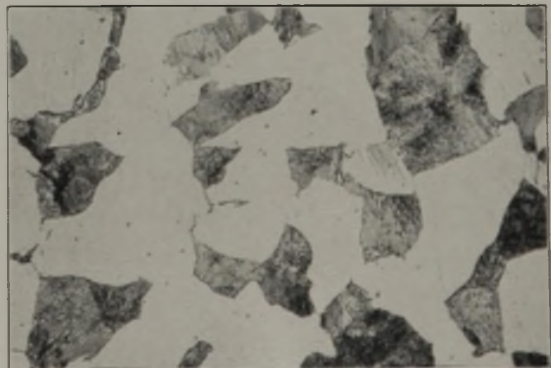
Innenrand. ($\times 500$.)



5 mm vom Innenrand. ($\times 500$.)



10 mm vom Innenrand. ($\times 500$.)



Außenrand. ($\times 500$.)

Abbildungen 7 bis 11. Durch Wasserstoffangriff geplatzte Hochdruckleitung (18 mm Wanddicke).

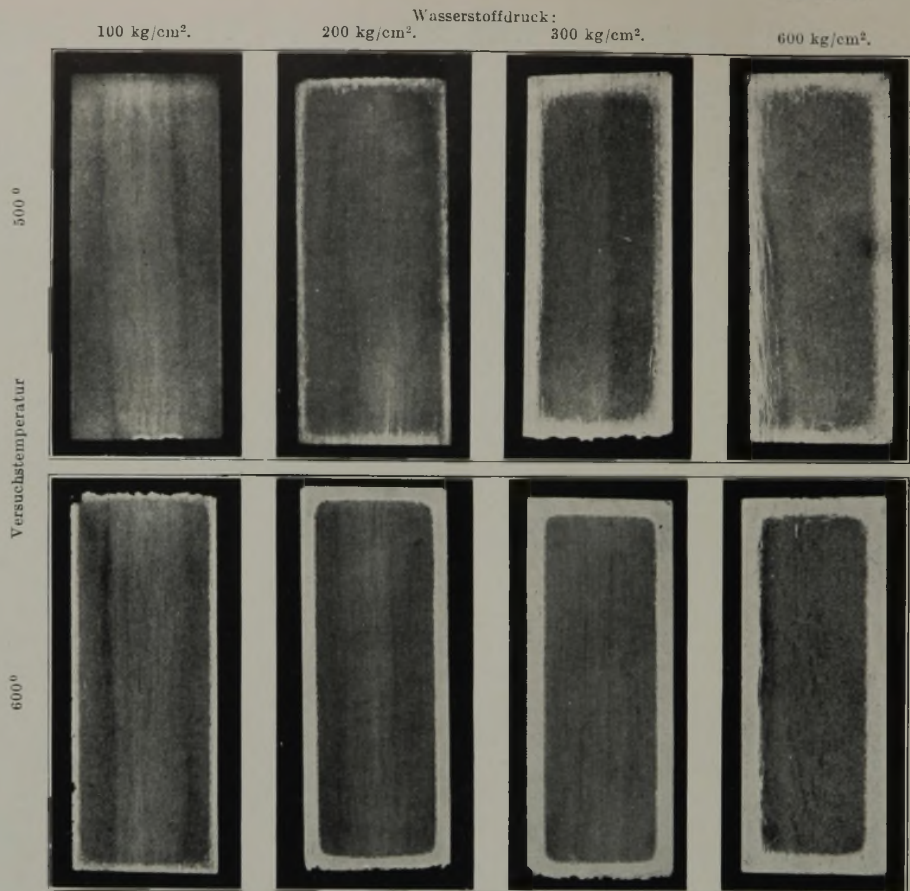


Abbildung 24. Durch Wasserstoff entkohlte Proben aus Stahl mit 0,76 % C. (Versuchsdauer 5 h. $\times 1$.)

$\times 1,5$

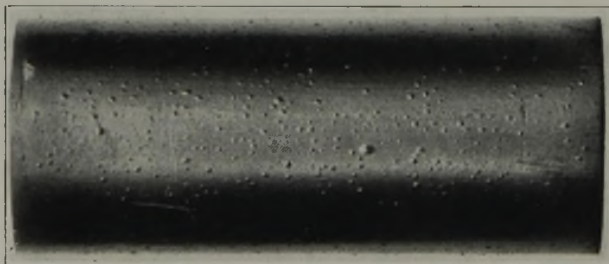


Abbildung 25.

Probe von 20 mm Dmr. mit Blasenbildung.

$\times 200$

$\times 1,5$

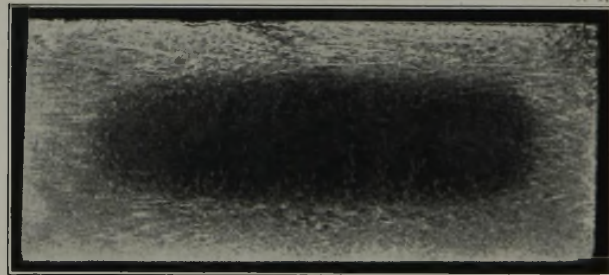


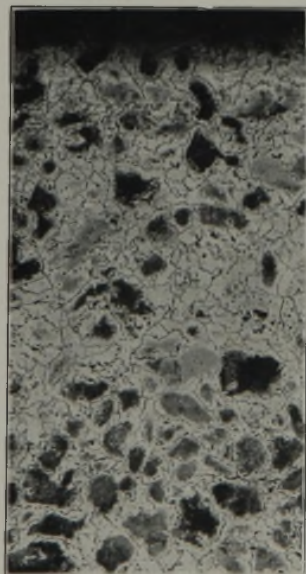
Abbildung 26.

10 h bei 450° durch Wasserstoff von 1000 kg/cm² entkohlte Probe.

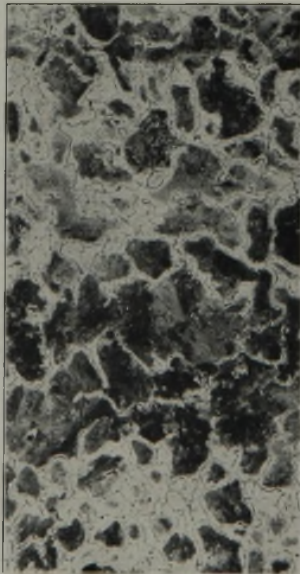
$\times 200$

$\times 200$

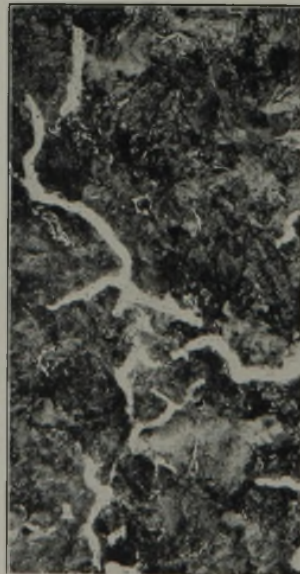
$\times 200$



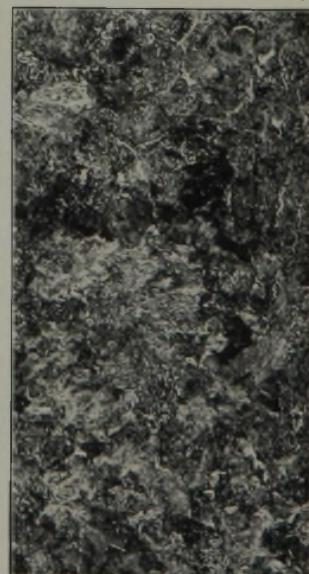
Rand.



2 mm vom Rand.

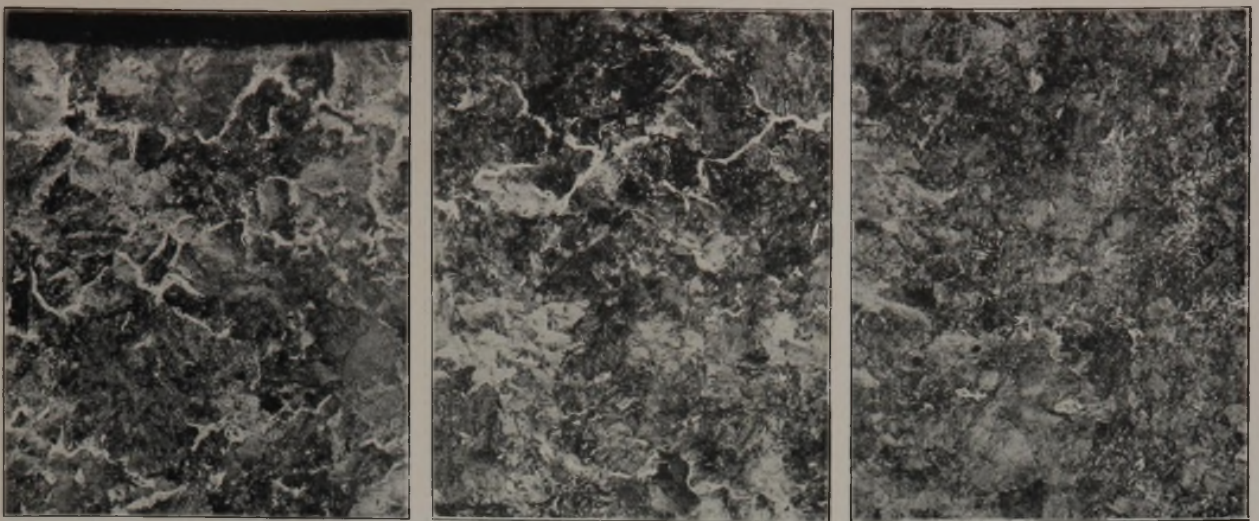


6 mm vom Rand.



Mitte.

Abbildungen 27 bis 30. Gefüge einer 10 h bei 450° durch Wasserstoff von 1000 kg/cm² entkohlten Probe mit 0,76 % C.

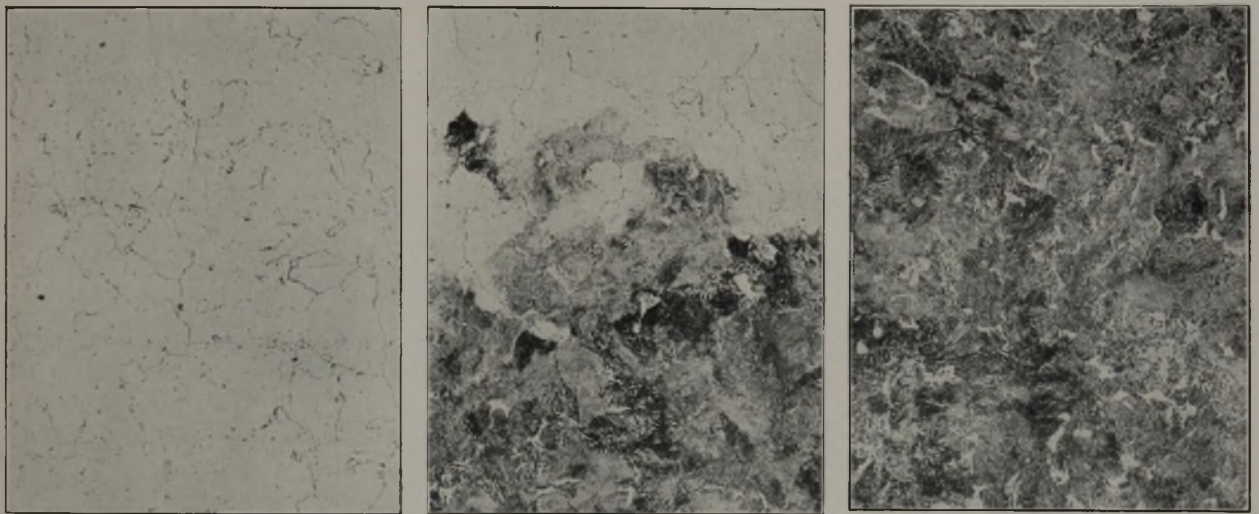


Rand.

2 mm vom Rand.

5 mm vom Rand.

Abbildung 31. Gefüge einer 50 h bei 400° durch Wasserstoff von 600 kg/cm² entkohlten Probe mit 0,76 % C. (× 200.)



Rand.

Uebergang.

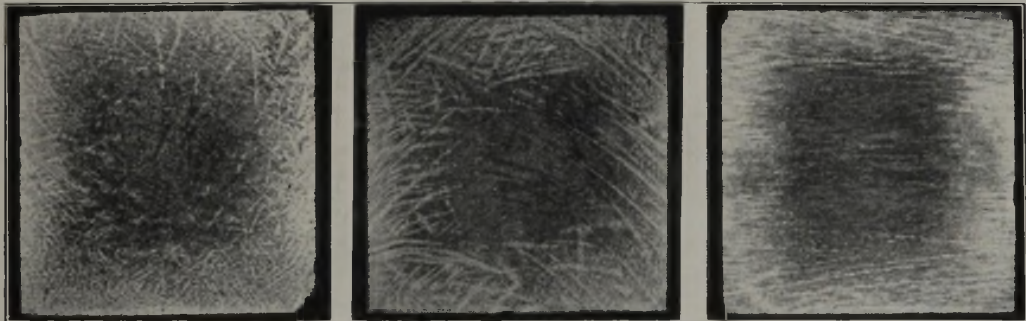
Kern.

Abbildung 32. Gefüge einer 5 h bei 600° durch Wasserstoff von 300 kg/cm² entkohlten Probe mit 0,76 % C. (× 200.)

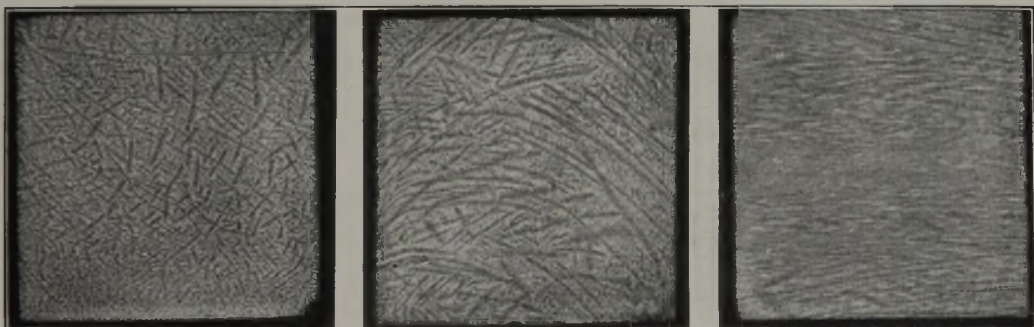
Unverschmiedet.

4fach verschmiedet.

16fach verschmiedet.



Aetzung mit Pikrinsäure.



Aetzung nach Oberhoffer.

Abbildung 33. Entkohlte Proben mit verschiedenem Verschmiedungsgrad.
(Stahl mit 0,76 % C, 20 h bei 450° in Wasserstoff von 300 kg/cm² entkohlt. × 2.)

× 20

Rand.

× 200

3 mm vom Rand.

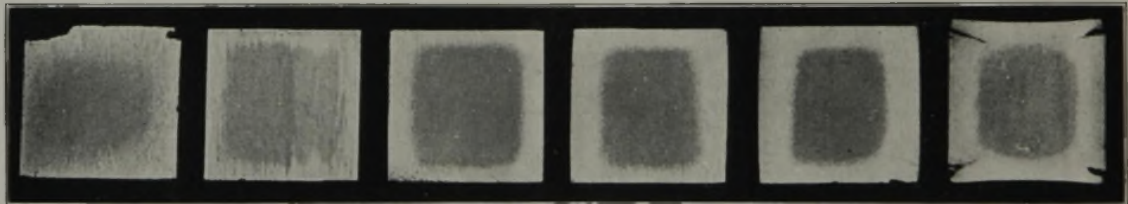
× 200



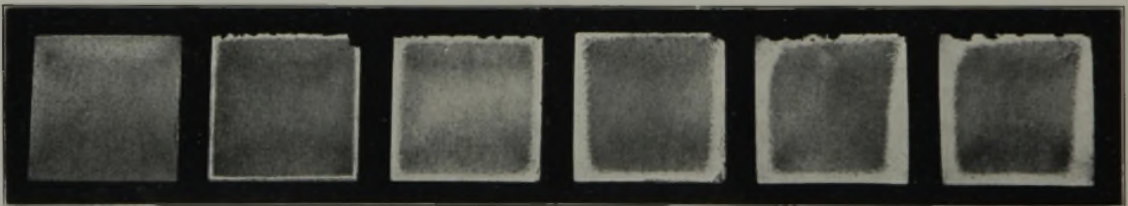
Abbildung 34. Wasserstoffangriff an einer unverschiedeten Probe (Stahl mit 0,76 % C, 20 h, 450° und 300 kg/cm² H₂).

Abbildung 35 und 36. Wasserstoffangriff an einer grobkörnigen Probe (Stahl mit 0,76 % C, 10 h, 450°, 600 kg/cm² H₂).

Nat. Größe.

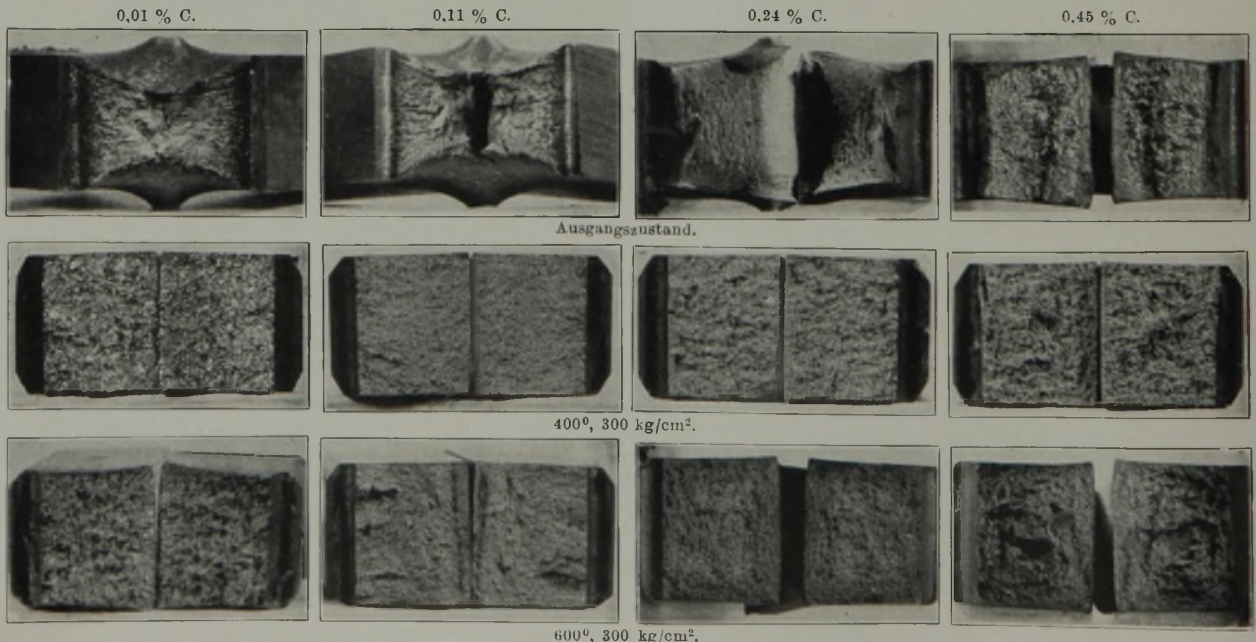


5 h, 550°, 300 kg/cm².



Stauchgrad: 0 % 10 % 20 % 30 % 40 % 50 %

Abbildung 37. Wirkung der Kaltverformung auf Wasserstoffangriff (Stahl mit 0,76 % C).



Ausgangszustand.

400°, 300 kg/cm².

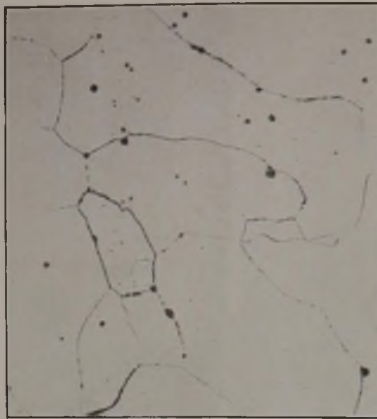
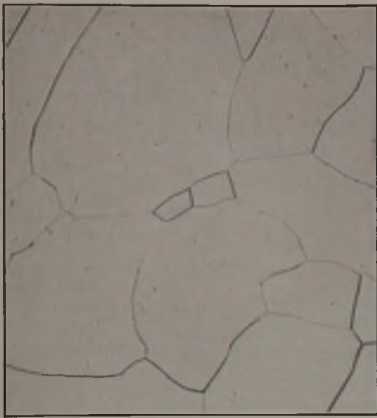
600°, 300 kg/cm².

Abbildung 38. Bruchansichten von Kerbschlagproben aus verschiedenen Stählen nach Wasserstoffangriff.

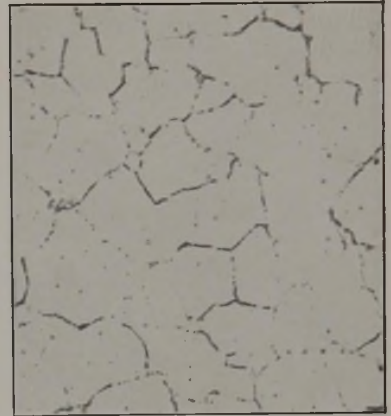
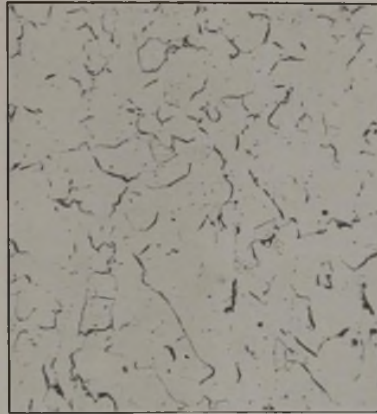
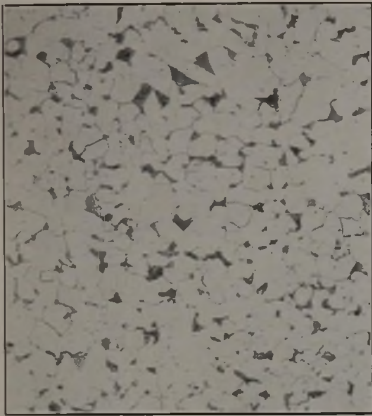
Ausgangszustand.

400°, 300 kg/cm².

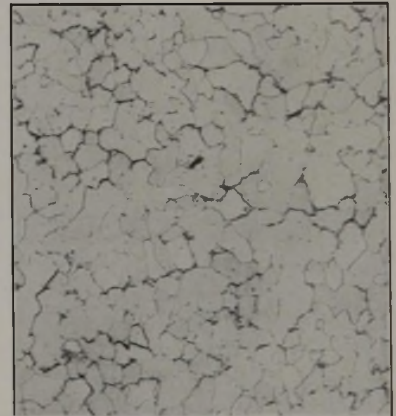
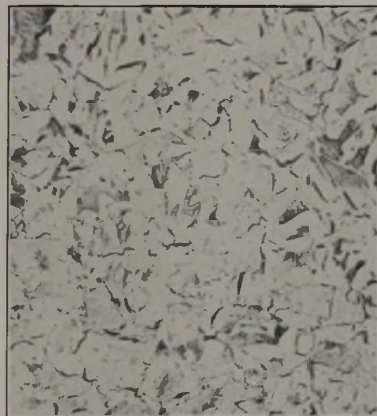
600°, 300 kg/cm².



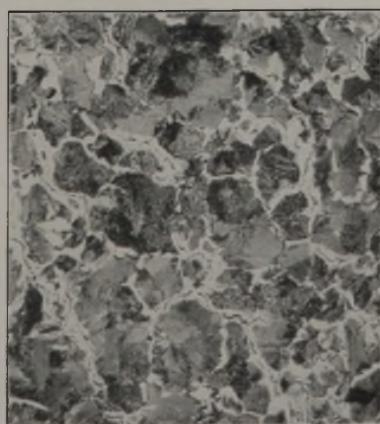
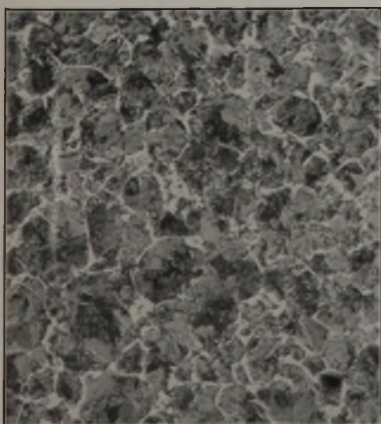
Stahl mit 0,01% C.



Stahl mit 0,11 % C.



Stahl mit 0,24 % C.



Stahl mit 0,45 % C.

Abbildungen 42 bis 53. Veränderung des Gefüges von unlegierten Stählen durch Wasserstoffangriff. (×200.)

Chromgehaltes, bei höheren Drücken ein als bei dem Werkzeugstahl.

Der Einfluß der Versuchsdauer ist aus *Abb. 20* ersichtlich. Die Entkohlungstiefe nimmt zunächst mit steigender Dauer ziemlich schnell zu und scheint dann geradlinig weiter zu steigen. Ein ähnliches Verhalten beobachtete C. R. Austin⁵⁾ bei seinen Entkohlungsversuchen. Bemerkenswert ist, daß die Entkohlung offenbar nicht sofort einsetzt, sondern daß der Vorgang erst einer bestimmten Anlaufzeit bedarf, die um so länger ist, je niedriger die Temperatur und der Druck sind. So beginnt z. B. die Entkohlung des kohlenstoffreicheren Stahles bei 500° und 100 kg/cm² erst zwischen 10 und 20 h, und bei 400° und 300 kg/cm² erst zwischen 50 und 100 h.

Der Einfluß der Temperatur ist in *Abb. 21* dargestellt. Die Entkohlung beginnt ganz unvermittelt bei einer bestimmten Temperatur, deren Höhe sich sowohl nach dem Druck als auch nach der Zeit richtet, und dringt dann gleich tief in den Stahl ein. Aus dem Verlauf dieser Kurven

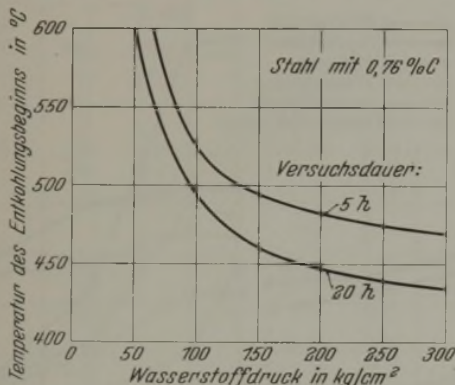


Abbildung 22. Temperatur des Entkohlungsbeginns in Abhängigkeit vom Wasserstoffdruck.

darf wohl geschlossen werden, daß der Beginn und das Fortschreiten der Entkohlung nicht in erster Linie von der Geschwindigkeit der Wasserstoffdiffusion abhängt; denn in diesem Falle wäre ein ganz anderer Kurvenverlauf zu erwarten gewesen, da bekanntlich die diffundierende Wasserstoffmenge eine Exponentialfunktion der Temperatur ist⁶⁾. Man muß demnach annehmen, daß der Ablauf des Vorgangs hauptsächlich durch die Geschwindigkeit der eigentlichen Entkohlungsreaktion bestimmt wird.

Da der Angriff, wenn er einmal eingesetzt hat, mit steigender Temperatur schnell fortschreitet, ist von besonderer Bedeutung die Kenntnis der Temperatur, bei welcher der Wasserstoffangriff beginnt. *Abb. 22* stellt die Abhängigkeit dieser Temperatur vom Wasserstoffdruck für den Stahl mit 0,76% C dar. Sie erniedrigt sich zunächst mit steigendem Druck sehr beträchtlich bis etwa 150 kg/cm² und fällt dann wesentlich langsamer. Auch aus dieser Darstellung ist der Einfluß der Zeit ersichtlich. Um die wahre Beständigkeitsgrenze zu ermitteln, muß man demnach längere Versuchsdauern anwenden.

Die Ausmessung der Proben vor und nach dem Versuch ergab, daß alle angegriffenen Proben eine Durchmesser- und Längenzunahme erfahren hatten, deren Stärke von der Menge des entfernten Kohlenstoffs abhängt (*Abb. 23*). Die Volumenzunahme ist zum Teil sehr beträchtlich; so zeigte z. B. eine Probe aus dem Stahl mit 0,76% C nach dem Versuch einen um 0,70 mm größeren Durchmesser und eine um 1,05 mm größere Länge als vor dem Versuch.

Dieses Wachsen der Proben muß, wie schon erwähnt wurde, auf die im Gefolge der Entkohlung auftretende Auflockerung des Kornzusammenhangs zurückgeführt werden.

Zusammenhang des Wasserstoffangriffs mit der Gefügeausbildung.

Abb. 24 (Tafel 4) stellt eine Reihe geätzter Längsschliffe von Proben des Stahles mit 0,76% C dar, von denen die obere Reihe bei 500°, die untere bei 600° entkohlt worden ist. Bei der höheren Temperatur ist die Entkohlung nicht nur tiefer, sondern auch vollständiger, und die ferritische Randzone geht ziemlich schroff in den unangegriffenen Kern über, während bei der niedrigeren Temperatur der Kohlenstoffgehalt vom Kern zum Rand hin allmählich abnimmt (vgl. hierzu auch *Abb. 18*). Bemerkenswert ist die zeilenförmige Orientierung der Entkohlung, die offenbar durch das Primärgefüge der Proben bedingt ist. Noch deutlicher zeigen diese Erscheinung die bei 400 und 450° entkohlten Proben. *Abb. 26* (Tafel 4) gibt z. B. eine bei 450° durch Wasserstoff von 1000 kg/cm² Druck (10 h) angegriffene Probe im geätzten Schliff wieder. Unter der Einwirkung des Wasserstoffs ist das Primärgefüge durch stärkere Entkohlung der Dendritenachsen deutlich sichtbar

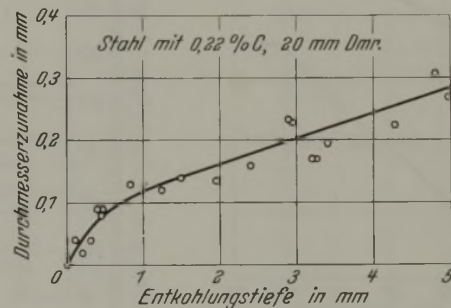


Abbildung 23. Durchmesserzunahme in Abhängigkeit von der Entkohlungstiefe.

geworden. Darüber hinaus ist die Entkohlung noch in Form feiner verästelter Zweige tief in den Kern der Probe eingedrungen. In *Abb. 27 bis 30* ist das Feingefüge dieser Probe an der Oberfläche und in verschiedenen Tiefen unterhalb der Oberfläche dargestellt. Bemerkenswert ist das starke Hervortreten der Korngrenzen und die von diesen ausgehende Entkohlung des Korninnern. Eine stärkere Betonung der Korngrenzen ist auch schon in den Zonen eingetreten, in denen noch keine Entkohlung sichtbar ist. *Abb. 31* (Tafel 5) zeigt eine entsprechende Reihe von Gefügen einer bei 400° angegriffenen Probe. Der Angriff geht, wie man hier noch besser sehen kann, nur von den Korngrenzen und nicht von der mit dem Wasserstoff doch in unmittelbarer Berührung stehenden Oberfläche aus. In *Abb. 32* (Tafel 5) ist im Gegensatz hierzu das Gefüge einer bei 600° entkohlten Probe wiedergegeben, bestehend aus einer vollständig entkohlten Randzone, die fast unmittelbar in den unangegriffenen Kernwerkstoff übergeht.

Die gleichen Erscheinungen zeigt auch der Stahl mit 0,22% C; nur ist bei diesem der Angriff bei niedrigen Temperaturen oft schwerer zu erkennen und äußert sich vielfach nur in einer stärkeren Betonung der Korngrenzen.

Hier soll noch in Kürze ein Versuch erwähnt werden, aus dem der Zusammenhang zwischen Entkohlung und Primärgefüge besonders deutlich hervorgeht. Eine Reihe von Proben mit 20 mm Dmr. und 20 mm Länge des Stahles mit 0,76% C wurde in verschiedener Stärke verschmiedet und dann 20 h der Einwirkung von Wasserstoff unter 300 kg/cm² Druck bei 450° ausgesetzt. Die Gewichtsabnahme war bei allen Proben gleich, aber die Form der Entkohlung, wie *Abb. 33* (Tafel 5) zeigt, sehr verschieden. Die Unterschiede

⁵⁾ J. Iron Steel Inst. 105 (1922) S. 93/142; vgl. Stahl u. Eisen 42 (1922) S. 1403/04.

⁶⁾ G. Borelius und S. Lindblom: Ann. Physik 82 (1927) S. 201/26.

sind, wie der Vergleich mit der unteren nach P. Oberhoffer geätzten Schliffreihe beweist, auf die verschiedene Ausbildungsform des Primärgefüges zurückzuführen, und zwar sind es die Dendritenachsen, die zuerst angegriffen werden. Abb. 34 (Tafel 6) gibt das Gefüge in der entkohlten Zone der unverschmiedeten Probe in stärkerer Vergrößerung wieder. Die Entkohlung ist ausschließlich in den Dendritenachsen eingetreten und geht innerhalb dieser wieder von den Korngrenzen des Sekundärgefüges aus.

Es ist bekannt, daß eine Reihe von Elementen in Metalle auf den Korngrenzen viel schneller eindringt als innerhalb der Kristalle⁷⁾. Nach dem Aussehen der gezeigten Gefügebilder muß eine Korngrenzendiffusion auch für Wasserstoff angenommen werden. J. E. Stead⁸⁾ vertritt die Ansicht, daß Gase am leichtesten zwischen den Kristalliten in Metalle eindringen, und auch W. Rosenhain⁹⁾ nimmt gasförmige Diffusion entlang den Korngrenzen an. Die Mehrzahl der

wurde übrigens von D. P. Smith und G. J. Derge¹¹⁾ beim Palladium metallographisch nachgewiesen.

Bei der metallographischen Untersuchung wurde weiter beobachtet, daß einzelne Proben, die sonst unangegriffen waren, unter dem eingeschlagenen Zahlenstempel örtlich entkohlt, und zwar vollständig entkohlt waren (vgl. Abb. 24). Die gleiche Feststellung wurde auch von L. Jacqué¹²⁾ gemacht. Der Wasserstoffangriff wird also durch eine Kaltverformung begünstigt. Um festzustellen, welche Rolle die Stärke der Kaltverformung spielt, wurden zwei Probenreihen um 10 bis 50% kalt gestaucht, bearbeitet auf 20 mm Dmr. und 20 mm Länge und dann je 5 h der Einwirkung des Wasserstoffs bei 550° und 300 kg/cm² bzw. bei 600° und 100 kg/cm² ausgesetzt. In Abb. 39 sind die Gewichtsverluste in Abhängigkeit vom Stauchgrad aufgetragen. Sie nehmen mit steigender Verformungsstärke bis zu einem Stauchgrad von 40% zu. Abb. 37 (Tafel 6) gibt

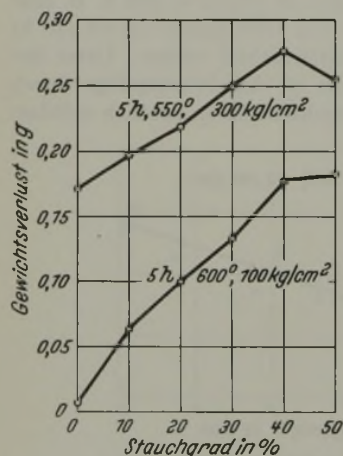


Abbildung 39. Einfluß der Kaltverformung auf Entkohlung durch Wasserstoff. (Stahl mit 0,76 % C.)

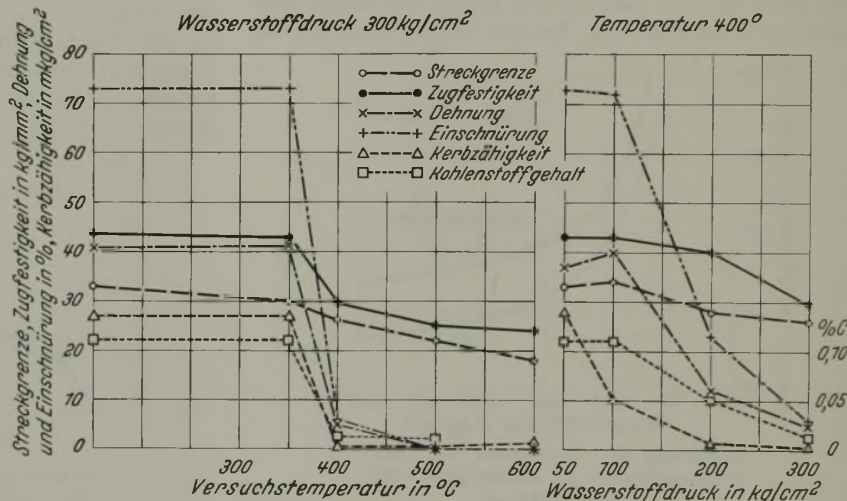


Abbildung 40 und 41. Aenderung der Eigenschaften durch Wasserstoffangriff. (Stahl mit 0,41 % C.)

Forscher kommt jedoch auf Grund von Diffusionsversuchen zu dem Schluß, daß der Wasserstoff durch das Metallgitter diffundiert und nicht oder nicht nur auf den Korngrenzen¹⁰⁾.

Wenn nun die Entkohlung von den Korngrenzen ausgeht, so müßte man erwarten, daß eine feinkörnige Probe stärker entkohlt wird als eine grobkörnige. Dies ist aber tatsächlich nicht der Fall. Proben aus beiden Stählen, die durch Glühen bei 1150° grobkörnig gemacht waren, zeigten den gleichen Gewichtsverlust wie normalgeglühte. Die grobkörnigen Proben zeigen nun am Rande ein viel feineres Netzwerk von Wasserstoffangriff, als ihrer Korngröße entspricht (vgl. Abb. 35 und 36; Tafel 6). Die Entkohlung ist hier, von den Korngrenzen ausgehend, offenbar auf gewissen bevorzugten Flächen auch in das Korn selbst eingedrungen (vgl. Abb. 36). Die Korngrenzen scheinen jedoch zumindest im Anfang bevorzugt zu sein. In Uebereinstimmung damit haben Diffusionsversuche bei 300 kg/cm² Druck und 300° auch ergeben, daß die Wasserstoffdurchlässigkeit mit zunehmender Korngröße geringer wurde. Das Eindringen von Wasserstoff auf gewissen bevorzugten Oktaederflächen

die Proben im Längsschliff wieder. Die Kaltverformung wirkt sich bei hohen Temperaturen in einem tieferen Eindringen der Entkohlung, bei tiefen Temperaturen dagegen hauptsächlich in einer vollständigeren Entkohlung der angegriffenen Zone aus. Die eine der um 50% gestauchten Proben ist durch das Hinzukommen der Methanspannungen an den Stellen stärkster Verformung eingerissen. Da bekanntlich Diffusionsvorgänge durch Kaltverformung beschleunigt werden können¹³⁾, wird die stärkere Entkohlbare kaltverformter Stellen auf eine Verstärkung der Wasserstoffdiffusion zurückzuführen sein, wobei der Wasserstoff auf den Gleitebenen, die nach P. Langmuir¹⁴⁾ und H. J. van Liempt¹⁵⁾ in vieler Hinsicht den Korngrenzen ähneln, in die Körner eindringt und dadurch eine vollständigere Entkohlung bewirken kann.

Einfluß des Wasserstoffangriffs auf die Festigkeitseigenschaften.

Ueber die Beeinflussung der Festigkeit und Zähigkeit des Werkstoffs durch Wasserstoffangriff ist schon im Anfang einiges gesagt worden. Planmäßig wurde der Einfluß von Wasserstoffdruck und -temperatur auf die mechanischen Eigenschaften an einer Versuchsreihe mit unlegierten Siemens-Martin-Stählen mit 0,013 bis 0,45% verfolgt,

⁷⁾ R. F. Mehl: Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. Techn. Publ. Nr. 726, 46 S.; Met. Technol. 3 (1936) Nr. 5.

⁸⁾ J. Iron Steel Inst. 103 (1921) S. 274/75; vgl. Stahl u. Eisen 41 (1921) S. 1579/82.

⁹⁾ J. Iron Steel Inst. 92 (1915) S. 119.

¹⁰⁾ G. Borelius: Ann. Physik 83 (1927) S. 121/36; W. Baukloh und H. Guthmann: Z. Metallkde. 28 (1936) S. 34/40; C. J. Smithells und C. E. Ransley: Proc. Roy. Soc., London. A 150 (1935) S. 172/97; Met. Progr. 29 (1936) S. 92/94; W. R. Ham: Trans. Amer. Soc. Met. 25 (1937) S. 563/70.

¹¹⁾ J. Amer. Chem. Soc. 56 (1934) S. 2513/24.

¹²⁾ C. r. Acad. Sci., Paris, 195 (1932) S. 878/80.

¹³⁾ R. F. Mehl: Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. Techn. Publ. Nr. 726, 46 S.; Met. Technol. 3 (1936) Nr. 5.

¹⁴⁾ J. Franklin Inst. 217 (1934) S. 543/70.

¹⁵⁾ Rec. trav. chim. Pays-Bas 51 (1932) S. 114/32.

deren Zusammensetzung *Zahlentafel 1* angibt. Sämtliche Stähle wurden auf 12 mm Dmr. oder 13 mm □ ausgeschmiedet und nach dem Normalglühen zu Zugproben von 6 mm Dmr. und 30 mm Meßlänge oder zu Kerbschlagproben von 10×10×55 mm³ mit 2 mm tiefem Rundkerb von 2 mm Dmr. verarbeitet. Die Versuchsdauer betrug im all-

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der auf Festigkeitseigenschaften untersuchten Stähle.

% C	% Si	% Mn	% P	% S	% Ni	% Cr
0,013 ¹⁾	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	—	—
0,11	0,14	0,41	0,014	0,020	0,10	0,06
0,24	0,29	0,60	0,036	0,022	0,15	0,13
0,45	0,26	0,81	0,020	0,020	0,14	0,24

¹⁾ Armco-Eisen.

gemeinen 100 h. Nur bei 600° wurde, da der Angriff bei dieser Temperatur sehr schnell erfolgt, eine kürzere Dauer von 10 h angewendet. Für die Stähle mit 0,11 und 0,24% C

wurden die Beständigkeitsgrenzen vollständig nach Temperatur und Druck festgelegt; bei den übrigen wurde bei einem gleichbleibenden Druck von 300 kg/cm² nur die Temperatur verändert. Nach der Wasserstoffglühung wurden die Proben zerrissen oder zerschlagen. Eine Hälfte der Kerbschlagproben wurde jeweils durch Anfertigen eines Querschliffs metallographisch untersucht, und an der dazugehörigen zweiten Hälfte wurde der Kohlenstoffgehalt in der Randzone analytisch bestimmt, wozu allseitig eine 1 mm dicke Schicht abgehobelt wurde.

Die Ergebnisse sind in *Zahlentafel 2* zusammengestellt.

Der Wasserstoffangriff äußert sich in einer starken Verminderung der Zugfestigkeit und einer fast völligen Vernichtung der Zähigkeit. *Abb. 40 und 41* veranschaulichen an dem Stahl mit 0,11% C die Veränderung der mechanischen Eigenschaften mit steigender Temperatur und steigendem Wasserstoffdruck. Die Ueberschrei-

Zahlentafel 2. Veränderung der mechanischen Eigenschaften durch Wasserstoffangriff.

Stahl mit % C	Versuchs-			Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung (1 = 5 d) %	Einschnürung %	Kerbschlagzähigkeit mkg/cm ²	Oberflächen-aussehen % C	Bruchaussehen	Gefüge	
	dauer h	druck kg/cm ²	temperatur °C									
0,013	—	—	—	28/25	35,7	34,0	94	27,2	0,013	—	sehnig	—
	100	300	350	22/21	29,5	54,7	89	0,9	0,010	—	grobkörnig glänzend	¹⁾
	100	300	400	18	27,9	50,0	76	0,6	0,007	blasig	grobkörnig glänzend	¹⁾
	10	300	600	16/13	24,8	32,0	31	2,6	—	—	mattgrau	¹⁾
0,11	—	—	—	33	43,6	40,5	73	> 26,7	0,11	—	sehnig	—
	100	1	600	30/27	39,8	42,0	77	> 30,5	0,11	—	sehnig	²⁾
	100	1	650	31/27	38,1	38,0	80	> 30,5	0,10	—	sehnig	³⁾
	100	1	700	25	35,6	45,0	84	> 30,9	0,06	—	sehnig	⁴⁾
	100	50	400	33/29	42,7	37,3	73	> 27,8	0,11	—	sehnig	²⁾
	100	50	450	31/30	42,5	39,7	73	> 27,6	0,11	—	sehnig	²⁾
	100	50	500	~22	28,4	16,3	12	0,5	0,03	—	mattgrau	⁵⁾
	100	100	400	34/32	43,1	40,0	72	9,9	0,11	—	mattgrau	¹⁾
	100	100	450	~26	32,4	~ 12	11	1,4	0,05	blasig	mattgrau	⁶⁾
	100	200	400	~28	40,2	12,0	23	1,3	0,05	—	mattgrau	¹⁾
	100	300	350	30/29	42,6	41,3	73	26,7	0,11	—	sehnig	²⁾
	100	300	400	26	29,4	5,0	6	0,6	0,013	blasig	mattgrau	⁷⁾
	100	300	500	22	25,3	0	0	0,4	0,01	blasig	mattgrau	⁷⁾
	10	300	600	18	23,8	0	0	1,1	—	blasig	mattgrau	⁷⁾
100	600	350	31	35,6	9,7	27	8,1	0,11	—	mattgrau	¹⁾	
100	1000	300	29,2	40,3	42,0	75	26,4	0,11	—	sehnig	²⁾	
0,24	—	—	—	38	56,8	29,7	66	17,6	0,24	—	körnig mit Sehnerand	—
	100	1	600	33/31	48,7	34,7	70	18,9	0,24	—	körnig mit Sehnerand	²⁾
	100	1	650	33/31	45,8	36,7	70	22,4	0,08	—	körnig mit Sehnerand	⁸⁾
	100	1	700	30/29	45,8	33,3	68	> 30,0	0,06	—	sehnig	⁹⁾
	100	50	450	35	54,4	33,3	64	15,9	0,24	—	körnig mit Sehnerand	²⁾
	100	50	500	~25	32,4	10,0	9	1,3	0,01	—	mattgrau	¹⁰⁾
	100	100	400	38	55,5	32,0	64	16,2	0,24	—	körnig mit Sehnerand	²⁾
	100	100	450	35/34	54,5	33,3	62	6,2	0,19	blasig	mattgrau	¹¹⁾
	100	200	400	38	58,9	17,0	25	5,7	0,24	—	außen mattgrau	¹²⁾
	100	200	450	~26	33,6	~ 10	7	0,7	0,04	blasig	mattgrau	⁵⁾
	100	300	350	34	56,9	32,7	66	18,3	0,23	—	sehnig	²⁾
	100	300	400	~32	34,6	4,0	4	0,7	0,05	blasig	mattgrau	⁶⁾
10	300	600	21	28,1	0	0	1,6	0,01	blasig	mattgrau	⁷⁾	
100	600	350	32	56,3	29,4	62	11,8	0,24	—	körnig m. grauem Rand	²⁾	
100	1000	300	36	57,0	29,3	61	14,3	0,24	—	körnig mit Sehnerand	²⁾	
0,45	—	—	—	60	81,4	23,3	56	7,2	0,45	—	körnig	—
	100	300	350	62	80,4	22,3	53	6,2	0,45	—	körnig	²⁾
	100	300	400	53	58,0	~ 3	4	0,8	0,33	blasig	mattgrau	¹³⁾
	10	300	600	25	33,0	10,7	14	2,7	—	blasig	mattgrau	¹⁴⁾

¹⁾ Durchgehender Korngrenzenangriff. — ²⁾ Ohne Angriff. — ³⁾ 0,5 mm Randentkohlung. — ⁴⁾ 2,3 mm Randentkohlung. — ⁵⁾ Durchgehender Korngrenzenangriff mit starker Entkohlung. — ⁶⁾ Durchgehender Korngrenzenangriff mit verzweigter Entkohlung. — ⁷⁾ Durchgehender Korngrenzenangriff mit vollständiger Entkohlung. — ⁸⁾ 0,2 mm Randentkohlung. — ⁹⁾ 0,9 mm Randentkohlung. — ¹⁰⁾ Korngrenzenangriff und bis 1,6 mm vollständige, bis 2,5 mm verzweigte Entkohlung. — ¹¹⁾ Korngrenzenangriff und verzweigte Entkohlung an den Kanten. — ¹²⁾ Korngrenzenangriff an den Kanten. — ¹³⁾ Durchgehender Korngrenzenangriff mit Entkohlung an den Korngrenzen. — ¹⁴⁾ 3,5 mm Korngrenzenangriff mit starker Entkohlung.

tung der Beständigkeitsgrenze ist in Abb. 40 durch ein plötzliches starkes Abfallen aller mechanischen Werte und des Kohlenstoffgehaltes zwischen 350 und 400° gekennzeichnet. Das empfindlichste Anzeichen auf Wasserstoffangriff ist die Kerbschlagzähigkeit. In Grenzfällen zeigt ein Abfall der Kerbschlagzähigkeit manchmal allein das Vorhandensein von Wasserstoffangriff an (vgl. z. B. bei dem Stahl mit 0,11% C unter 100 kg/cm² bei 400°). Analytisch ist in solchen Fällen der Wasserstoffangriff gar nicht und metallographisch oft schwierig nachzuweisen. Ein sicheres Kennzeichen für Wasserstoffangriff ist das mattgraue Bruchaussehen der Kerbschlagproben (Abb. 38; Tafel 6), und zwar wird der Bruch um so dunkler, je stärker der Angriff und je höher der ursprüngliche Kohlenstoffgehalt ist.

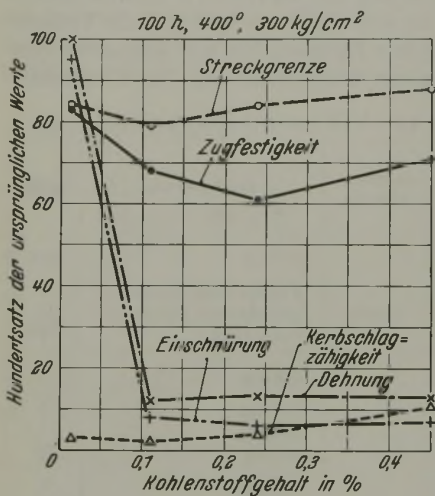


Abbildung 54. Wirkung des Wasserstoffangriffs in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des Stahles.

Der Einfluß des Kohlenstoffgehaltes ist verhältnismäßig gering. Das Armco-Eisen wird unter 300 kg/cm² Wasserstoffdruck schon bei 350° angegriffen, zeigt jedoch trotz des Angriffs zunächst noch gute statische Festigkeitseigenschaften. Bei den Stählen beginnt der Angriff zwischen 350 und 400°. Abb. 54 gibt die Veränderung der mechanischen Eigenschaften nach einer Behandlung mit Wasserstoff von 300 kg/cm² bei 400° in Abhängigkeit vom ursprünglichen Kohlenstoffgehalt des Werkstoffs wieder; die Werte der angegriffenen Proben sind in Hundertteilen der ursprünglichen Werte angegeben.

In Abb. 55 sind die Beständigkeitsgrenzen für die beiden Stähle mit 0,11 und 0,24% C eingezeichnet. Bei einem Druck von 1 kg/cm² tritt eigentlicher Wasserstoffangriff in der gekennzeichneten Art überhaupt nicht auf. Dagegen zeigen beide Stähle von 650° an eine einfache Randentkohlung ohne Gefügeauflockerung und demgemäß auch ohne schädliche Folgen für die Zähigkeit des Werkstoffs. Auf den Grund für das Auftreten dieser gänzlich anderen Art von Entkohlung wird am Schluß noch eingegangen. Unter 50 kg/cm² Druck liegt die Beständigkeitsgrenze bereits zwischen 450 und 500°; bei ihrer Ueberschreitung tritt nun regelrechter Wasserstoffangriff auf (gekennzeichnet durch ein x). Mit steigendem Druck verlagert sich die Grenztemperatur zu entsprechend niedrigeren Werten und sinkt bei 1000 kg/cm² Druck auf etwas über 300°. Der Stahl mit 0,24% C ist um einige Grad beständiger als der mit 0,11% C. Diese Angaben gelten natürlich nur für eine Versuchsdauer von 100 h. Versuche, die über einen Zeitraum von 2000 h ausgedehnt wurden, haben in Uebereinstimmung mit Betriebserfahrungen ergeben, daß die

wahre Beständigkeitsgrenze noch um 50 bis 70° niedriger liegt. N. P. Inglis und W. Andrews¹⁶⁾ glauben auf Grund sehr langzeitiger Versuche bei 250 kg/cm² Druck die Beständigkeitsgrenze für unlegierten Stahl, wenn er in einem für größere Behälter üblichen grobkörnigen Gefüge vorliegt, auf 150° ansetzen zu müssen; die dem Verfasser zur Verfügung stehenden Betriebserfahrungen lassen diese Angabe als zu niedrig erscheinen.

Auch im Rahmen dieser Versuchsreihe wurden durch inneren Ueberdruck beanspruchte Rohre geprüft. An Stelle des Armco-Eisens wurde dabei ein Kruppsches Weicheisen mit 0,04% C verwendet. Der Beginn des Angriffs lag bei Anwendung einer Versuchsdauer von 300 h unter 300 kg/cm² Druck in Uebereinstimmung mit den Versuchen an Einlegeproben zwischen 350 und 400°. Bei 400° war schon tiefergehender Angriff eingetreten. Bei 600° war der Angriff so stark, daß die Rohre schon nach 7 bis 35 h aufplatzten; und zwar hatten die höher gekohlten Stähle die längere Lebensdauer.

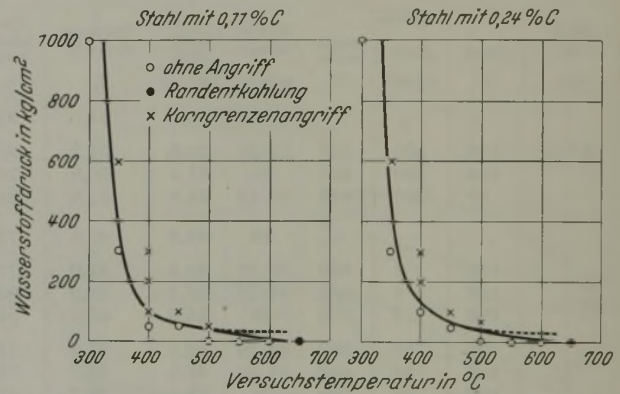


Abbildung 55. Beständigkeitsgrenzen zweier unlegierter Stähle. (Versuchsdauer 100 h.)

Erwähnt seien noch Versuche an Stählen mit 0,1% C, denen Zusätze von Phosphor (0,2%), Schwefel (0,2%), Sauerstoff (0,08%) und Stickstoff (0,15% durch Verstickten) gegeben worden waren. Der Druck betrug 300 kg/cm², die Temperatur 350 bis 400°. Es ergab sich, daß außer Stickstoff keines der angegebenen Elemente unter der Einwirkung des Wasserstoffs aus dem Stahl entfernt wurde. Der Stickstoff begann, wahrscheinlich infolge Zerfalls des unbeständigen Eisennitrids, schon bei 350° zu entweichen, ohne daß dadurch die Zähigkeit des Stahles vermindert wurde. Alle Stähle blieben bei 350° unversehrt und wurden bei 400° von Wasserstoff entkohlt und angegriffen. Nur bei dem Phosphorstahl war analytisch und metallographisch keine Entkohlung nachzuweisen, und auch die Zähigkeit blieb etwas höher als bei den übrigen Werkstoffen.

Vorgänge beim Angriff des Wasserstoffs auf Stahl.

An Hand der beobachteten Erscheinungen läßt sich über die Vorgänge bei der Einwirkung von Wasserstoff auf Stahl etwa folgendes Bild entwerfen: Der Wasserstoff dringt zunächst auf den Korngrenzen und, von diesen ausgehend, auf bevorzugten Kornflächen in den Stahl ein und beginnt, falls die Voraussetzungen dafür gegeben sind, den Werkstoff zu entkohlen. Die Entkohlung wird bei niedrigen Temperaturen und Drücken sehr langsam verlaufen und zunächst den im α -Eisen gelösten Kohlenstoff erfassen. Die Nachlieferung des entzogenen Kohlenstoffs muß durch Diffusion im α -Eisen erfolgen, wird also bei niedrigen Temperaturen

¹⁶⁾ J. Iron Steel Inst. 128 (1933) S. 383/97; vgl. Stahl u. Eisen 53 (1933) S. 1313/14.

ebenfalls sehr langsam vor sich gehen. Der Angriff wird zunächst in den Dendritenachsen sichtbar, weil in dem dort vorhandenen reinen Metall der Kohlenstoff am leichtesten diffundieren kann. J. H. Whiteley¹⁷⁾ fand, daß durch Verunreinigungen die Lösungsfähigkeit des α -Eisens für Kohlenstoff vermindert wird. Wahrscheinlich wird vor allem Phosphor, der bekanntlich die Kohlenstofflöslichkeit im γ -Eisen herabsetzt¹⁸⁾, in diesem Sinne wirken. Darauf deutet auch die geringere Entkohlung des untersuchten Phosphorstahles hin. Auch die vollständige Entkohlung bei hohen Temperaturen kann durch die stärkere Kohlenstoffdiffusion erklärt werden. Wahrscheinlich kommt allerdings bei höheren Temperaturen zu der Entkohlung durch Wasserstoff noch eine Entkohlung durch Sauerstoff oder Wasserdampf hinzu, die ebenfalls im Sinne einer vollständigeren Entfernung des Kohlenstoffs wirken würde, da der Sauerstoff offenbar bevorzugt innerhalb des Kornes diffundiert¹⁹⁾.

Das bei der Entkohlung entstehende Methan sammelt sich, da es nicht diffundieren kann, an den Stellen des Reaktionsgeschehens, d. h. an den Korngrenzen und bevorzugten Kornflächen, an und erzeugt starke Spannungen, die schließlich zum Aufreißen führen. Um diese Wirkung hervorzurufen, genügt, wie die Versuche an Armco-Eisen gezeigt haben, schon die Entfernung eines sehr geringen Kohlenstoffgehaltes. Die ersten Trennungen treten deshalb schon auf, bevor die Entkohlung mikroskopisch sichtbar oder anderweitig nachweisbar ist. Darauf ist jedenfalls die der mikroskopisch sichtbaren Entkohlung vorausgehende Korngrenzenaufweitung zurückzuführen. Mit dem Augenblick aber, in dem die ersten Anrisse entstehen, ändert sich der ganze Vorgang. Das Methan kann nun aus dem Stahl austreten, und andererseits findet der Wasserstoff leichten Zugang in das Innere. An den Stellen, an denen sich Risse gebildet haben, wird deshalb eine lebhaftere Reaktion einsetzen. So erklärt sich wohl am ehesten das Entstehen der weit vordringenden entkohlten Zweige sowie das plötzliche Einsetzen und schnelle Vordringen der (sichtbaren) Entkohlung nach einer bestimmten Zeit, während der der Stahl scheinbar beständig ist.

Der Vorgang ist grundsätzlich anders als der bei der gewöhnlichen Randentkohlung von Stählen und unterscheidet sich von diesem sowohl nach seinen Erscheinungsformen als auch in seiner Wirkung. Gewöhnliche Randentkohlung zeigen nach *Zahlentafel 1* nur die bei Atmosphärendruck geglühten Proben; der Beginn der Entkohlung liegt zwischen 600 und 650°. Bei wasserstoffbeständigen Chromstählen wurde diese Art der Entkohlung jedoch auch bei hohen Drücken und dementsprechend niedrigeren Temperaturen bis herab zu 550° beobachtet. Die Randentkohlung dringt im Gegensatz zum Wasserstoffangriff verhältnismäßig langsam und ganz regelmäßig vor und hinterläßt im Gefüge außer dem Verschwinden des Perlits keine Spuren; demgemäß behalten auch die betroffenen Proben, selbst wenn die Entkohlung bis in die Mitte der Proben reicht, ihre volle Zähigkeit.

Worauf beruht nun dieser grundlegende Unterschied zwischen beiden Entkohlungsvorgängen? Wie Diffusionsversuche ergeben haben, hängt das Auftreten der einen

oder anderen Art der Entkohlung mit der Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs nicht zusammen. Randentkohlung kann an demselben Stahl bei der gleichen Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs eintreten, bei der unter anderen Bedingungen Korngrenzenangriff eintritt. Das Fehlen des Korngrenzenangriffs kann auch nicht mit dem Vorhandensein einer Diffusionsmöglichkeit für das entwickelte Methan bei höheren Temperaturen erklärt werden, da die Randentkohlung, wie gesagt, bei legierten Stählen auch bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen auftritt. Es bleibt demnach nur die Folgerung, daß bei dieser Art der Entkohlung überhaupt kein Methan innerhalb des Stahlfüges entsteht. Einen Hinweis auf die Art des Vorgangs ergab die Gefügeuntersuchung randentkohlter Chromstahlproben. Diese zeigten in der Nähe des Randes fein verteilte Oxyde. Die Entkohlung dürfte demnach gar nicht durch Wasserstoff, sondern durch Sauerstoff bewirkt worden sein, der ja in dem verwendeten ungereinigten Wasserstoff sowohl in elementarer Form wie auch als Wasserdampf enthalten war.

Daß feuchter Wasserstoff wesentlich stärker entkohlend wirkt als trockener, ist von vielen Seiten festgestellt worden²⁰⁾. F. Wüst und C. Geiger²¹⁾, F. Wüst und E. Sudhoff²²⁾ und J. V. Emmons²³⁾ fanden überhaupt keine Entkohlung bei Verwendung von reinem trockenem Wasserstoff. Die Versuche von F. Schmitz²⁴⁾ u. a. sprechen allerdings dafür, daß auch reiner Wasserstoff unter Atmosphärendruck bei hohen Temperaturen entkohlend wirken kann. Nach E. H. Schulz und W. Hülsbruch²⁵⁾ beginnt die Entkohlung in trockenem, chemisch reinem Wasserstoff jedoch erst bei 950°, während technisch reiner Wasserstoff schon bei 750° kräftig entkohlend wirkt. C. R. Austin²⁶⁾ fand, daß reiner trockener Wasserstoff bei 800° nur eine äußerst begrenzte und metallographisch nicht nachweisbare Entkohlungsfähigkeit hat. D. H. Rowland und C. Upthegrove¹⁹⁾ stellten ebenfalls fest, daß bei Verwendung von feuchtem Wasserstoff das Hauptentkohlungsmittel Sauerstoff ist, und daß dieser im Eisen in feste Lösung geht und diffundiert. Die Wasserstoffentkohlung verläuft demnach jedenfalls bei Atmosphärendruck viel langsamer und tritt erst bei erheblich höheren Temperaturen in Erscheinung als die Entkohlung durch Wasserdampf. Eigene Versuche ergaben ebenfalls, daß reiner trockener Wasserstoff unter Atmosphärendruck bei 750° und 800° nicht merklich entkohlend wirkte, während befeuchteter Wasserstoff sehr stark entkohlte. Es kann demnach als erwiesen gelten, daß die Randentkohlung an den bei Atmosphärendruck geglühten Proben nicht durch Wasserstoff, sondern durch Sauerstoff bewirkt worden ist.

Bei der Entkohlung durch Sauerstoff entsteht als Reaktionserzeugnis Kohlenoxyd. Dieses kann im Stahl leicht diffundieren¹⁹⁾ und deshalb keine Spannungen und Trennungen hervorrufen. Das beweist auch folgender bei anderer Gelegenheit gemachter Versuch. In ein Rohr mit 12 mm Innendurchmesser wurde ein Plättchen

²⁰⁾ E. D. Campbell: J. Iron Steel Inst. 100 (1919) S. 407/15; vgl. Stahl u. Eisen 42 (1922) S. 1532; E. D. Campbell, J. F. Ross und W. L. Fink: J. Iron Steel Inst. 108 (1923) S. 173/87; vgl. Stahl u. Eisen 43 (1923) S. 1434; A. Bramley und K. F. Allen: Engineering 1932, S. 92/94, 123/26 u. 229/31.

²¹⁾ Stahl u. Eisen 25 (1905) S. 1134/39.

²²⁾ Metallurgie 7 (1910) S. 261/64.

²³⁾ Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr. 50 (1915) S. 405/23.

²⁴⁾ Stahl u. Eisen 39 (1919) S. 373/81 u. 406/13.

²⁵⁾ Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 225/40 (Werkstoffaussch. 111).

²⁶⁾ Trans. Amer. Soc. Met. 22 (1934) S. 31/67.

¹⁷⁾ J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 293/303; vgl. Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 87.

¹⁸⁾ F. Wüst: Metallurgie 5 (1908) S. 73/87; P. Goerens und W. Döbelstein: Metallurgie 5 (1908) S. 561/66; 6 (1909) S. 537/50.

¹⁹⁾ D. H. Rowland und C. Upthegrove: Trans. Amer. Soc. Met. 24 (1936) S. 96/132; vgl. Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 528.

von 5 mm Dicke aus unlegiertem Stahl mit 0,34% C quer eingeschweißt. Dann wurde in die eine Hälfte ungereinigter feuchter Wasserstoff eingeleitet, während die andere leerpumpt wurde. Die Versuchstemperaturen betragen 650, 700, 750, 800, 850 und 900°, die Versuchsdauer jeweils 12 h. Die abgesaugten Gase bestanden, wie *Zahlentafel 3* zeigt, nur aus Kohlenoxyd aus der Entkohlung des Plättchens und Wasserstoff. Da die Versuche alle hintereinander an ein und demselben Plättchen gemacht wurden, war dieses zuletzt fast völlig entkohlt, was sich naturgemäß in einer Abnahme des Kohlenoxydgehaltes in dem abgesaugten Gas äußern mußte.

Zahlentafel 3. Versuch über die Diffusion von Wasserstoff bei einem Druck von 1 kg/cm².

Versuchstemperatur °C	Abgesaugt	
	cm ³ H ₂	cm ³ CO
650	1,60	1,34
700	1,76	2,91
750	1,65	3,83
800	2,67	4,27
850	3,72	2,48
900	4,52	0,35

Wenn sich, wie man nach den erwähnten Arbeiten von Austin²⁶) sowie von Rowland und Upthegrove¹⁹) annehmen muß, bei höheren Temperaturen auch der Wasserstoff an der Entkohlung beteiligt, so unterscheidet sich dieser Vorgang von dem bei der Entkohlung unter hohem Druck wahrscheinlich dadurch, daß er sich nur an der Stahloberfläche abspielt, wo das gebildete Methan frei entweichen kann.

Zusammenfassung.

Nach einer kurzen Besprechung der Äußerungen und Folgen des Wasserstoffangriffs an Hand von Beispielen an

An den Bericht schloß sich folgende Erörterung an.

F. Körber, Düsseldorf: Zu den sehr reichen Unterlagen, die uns Herr Naumann vorgeführt hat und die uns einen tiefen Einblick in den Mechanismus des Angriffs des Wasserstoffs auf den Kohlenstoff geben, hätte ich zu einer Bildgruppe noch eine Frage. Es handelt sich um *Abb. 37*, in der gezeigt wird, daß nach Kaltverformung ein wesentlich verstärkter Angriff zu beobachten ist. Man mag zunächst geneigt sein, diesen auf die Tatsache der Kaltverformung, also Störung des Gitters, Spannungen im Gefüge, Gleitlinienbildung oder sonst etwas zurückzuführen, um so mehr als bei der am stärksten gestauchten Probe bei 600° ein Aufreißen der Ecken zu beobachten ist. Wir müssen aber bedenken, daß sich die kaltgestauchten Proben stundenlang über der Rekristallisationstemperatur befinden; offenbar ist dann das Kaltreckgefüge schon bald nach Beginn des Versuches verschwunden. Ich möchte an Herrn Naumann die Frage richten, ob der Mechanismus des Eindringens des Wasserstoffs in diese kaltverformten Proben genauer untersucht worden ist; denn es könnte doch der Mechanismus des Eindringens in das Korn des Rekristallisationsgefüges anders sein als in das des Umkristallisationsgefüges nach Abkühlung von einer Temperatur oberhalb des Umwandlungspunktes. Wir brauchen nur an die Verteilung der Einschlüsse zu denken, die in beiden Fällen durchaus verschieden sein würde.

H. Guthmann, Düsseldorf: Herr Naumann hat in seinem aufschlußreichen Vortrag erwähnt, daß nach seiner Ansicht der Kohlenstoffgehalt auf die Wasserstoffentkohlung nur von geringem Einfluß ist. Ich darf kurz von eigenen Untersuchungen berichten, die ich zusammen mit Herrn W. Baukloh im vergangenen Jahre im Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Berlin beendet habe und die ein völlig anderes Ergebnis zeigten¹⁰). Wir haben planmäßig an Stahlrohren bei hohen Wasserstoffdrücken und -temperaturen die Wasserstoffdurchlässigkeit und -entkohlung erforscht, und zwar bei Stählen verschiedenen Kohlenstoffgehalts. Grundsätzlich wurde festgestellt, daß der Einfluß des Kohlenstoffs von ganz erheblicher Bedeutung auf die Entkohlung ist, und zwar dergestalt, daß steigender Kohlenstoffgehalt die Wasserstoffdurchlässigkeit und unmittelbar damit auch in starkem Maße die Entkohlung verzögert.

gegriffener Bauteile aus Hochdruck-Hydrieranlagen wird über Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Druck, Temperatur und Zeit auf den Beginn und das Fortschreiten der Entkohlung bei unlegierten Stählen berichtet. Für den Beginn des Angriffs ist außer dem Druck und der Temperatur auch die Versuchsdauer von maßgeblichem Einfluß. Hat der Angriff nach Ueberschreitung der (zeitabhängigen) Beständigkeitsgrenze einmal begonnen, so dringt er verhältnismäßig schnell in den Stahl ein. Die Entkohlung tritt bei niedrigen Temperaturen (400 bis 500°) in einer unvollständigen und verzweigten Form auf. Sie nimmt ihren Ausgang von den Korngrenzen und gewissen bevorzugten Flächen innerhalb der Körner. Die Dendritenachsen werden schneller entkohlt als der übrige Werkstoff. Kaltverformung begünstigt das Auftreten und Fortschreiten des Wasserstoffangriffs.

Die Festigkeit und besonders die Zähigkeit des Stahles wird durch Wasserstoffangriff stark erniedrigt. Auch Armeo-Eisen wird trotz seines niedrigen Kohlenstoffgehaltes von Wasserstoff angegriffen. Phosphor, Schwefel und Sauerstoff werden durch Wasserstoff unter Bedingungen, bei denen schon eine Entkohlung eintritt, nicht entfernt. Stickstoff entweicht schon zum Teil, bevor eine Entkohlung erfolgt, ohne die Zähigkeit zu beeinträchtigen.

Der Wasserstoffangriff unterscheidet sich nach Form und Wirkung grundsätzlich von der bei niedrigem Druck auftretenden gewöhnlichen Randentkohlung. Dieser Unterschied liegt darin begründet, daß die Entkohlung im ersten Fall durch Wasserstoff unter Bildung von Methan, dagegen im letzten Fall durch Sauerstoff (Wasserdampf) unter Bildung von Kohlenoxyd erfolgt.

Neben unlegierten Stählen haben wir eine Reihe chromlegierter Stähle mit Chromgehalten von etwa 0,5 bis 6% bei Kohlenstoffgehalten von 0,15 und 0,35% untersucht. Derselbe Einfluß des Kohlenstoffgehaltes auf die Wasserstoffdurchlässigkeit und -entkohlung konnte auch hier bestätigt werden. Auf die Entkohlung wirkt sich der Chromgehalt, abgesehen von dem bekannten Einfluß höherer Chromgehalte, insofern günstig aus, als schon bei niedrigen Chrom- und höheren Kohlenstoffgehalten Chrom-Eisen-Mischkarbide gebildet werden, die wasserstoffbeständig sind. Als Beispiel sei genannt, daß ein Stahl mit 0,30 bis 0,35% C und etwa 1% Cr genau so wenig wasserstoffdurchlässig und entkohlt ist wie ein Stahl mit 0,15% C und etwa 6% Cr.

Ich wäre Herrn Naumann für eine Mitteilung dankbar, ob er ähnliche Untersuchungen mit chromlegierten Werkstoffen höheren Kohlenstoffgehaltes durchgeführt hat und zu welchen Ergebnissen er gekommen ist.

F. Rapatz, Düsseldorf-Oberkassel: In *Abb. 33* zeigte Herr Naumann, daß innerhalb des Primärkristalliten die Entkohlung in den Dendritenachsen weitaus stärker ist als in dem übrigen Teil des Primärkristalliten. Ist die Annahme berechtigt, daß im Zusammenhang mit dem vom Vortragenden zuletzt erwähnten Einfluß des Phosphors diese Erscheinung im Primärkristalliten auf Phosphorseigerung zurückzuführen ist?

W. v. Kronenfels, Berlin: Durch eigene Arbeiten hat sich herausgestellt, daß der Kohlenstoffgehalt von reinen Stählen bis zu Temperaturen von 700° beim Glühen in strömendem Wasserstoff von 1 kg/cm² einen erheblichen Einfluß auf die Entkohlungsgeschwindigkeit dergestalt hat, daß die Entkohlung in diesem Temperaturbereich mit steigendem Kohlenstoffgehalt abnimmt²⁷). Dieses Ergebnis ist bereits von W. Baukloh und H. Guthmann¹⁰) für einen Druck von 20 kg/cm² einwandfrei belegt worden. Oberhalb 700° gestalten sich diese Verhältnisse anders; es erübrigt sich an dieser Stelle darauf einzugehen, da diese Ergebnisse demnächst veröffentlicht werden.

F. K. Naumann, Essen: Herrn Körber möchte ich erwidern, daß die gleichen Erscheinungen an kaltverformten Proben auch beobachtet wurden, wenn diese bei Temperaturen von 400 und 450°, bei denen eine nennenswerte Rekristallisation noch nicht eintreten kann und auch nicht eingetreten ist, dem Wasserstoff ausgesetzt wurden. Z. B. waren kalt gebogene Proben aus

²⁷) Arch. Eisenhüttenwes. demnächst.

Stahl mit 0,11 und 0,24 % C nach zehnstündiger Einwirkung von Wasserstoff unter 600 kg/cm² Druck bei 450° in den verformten Zonen vollständig entkohlt, während sie in den nicht verformten Schenkeln nur Korngrenzenangriff mit geringfügiger, von den Korngrenzen ausgehender Entkohlung zeigten. Wurden diese Proben dagegen vor der Wasserstoffbehandlung bei 730 oder 780° rekristallisierend gegläht, so war der Angriff sowohl in den feinkörnig als auch in den grobkörnig rekristallisierten Zonen nicht stärker als an den unverformten Stellen. Daraus muß wohl geschlossen werden, daß die Verformung selbst die stärkere Entkohlung verursacht und nicht die als ihre Folge auftretende Rekristallisation.

Zu der Frage von Herrn Guthmann bemerke ich, daß ich auch Versuche mit chromlegierten Stählen verschiedenen Kohlenstoffgehaltes gemacht habe, aber im Gegensatz zu ihm gefunden habe, daß bei gleichem Chromgehalt die kohlenstoffreicheren weniger beständig waren als die kohlenstoffärmeren.

W. Baukloh, Berlin (nachträglicher schriftlicher Erörterungsbeitrag): Es geht meines Erachtens nicht an, eine grundlegende Behauptung wie die, daß die Entkohlung nicht von der Diffusionsmöglichkeit des Wasserstoffs durch das Eisen bestimmt wird, aus Versuchsergebnissen aufzustellen, die aus einem so engen Temperaturbereich gewonnen wurden. Die Diffusionsmöglichkeit des Wasserstoffs ist schlechthin nicht eine Exponentialfunktion der Temperatur, wie das Herr Naumann behauptet. Nachdem man den Einfluß der Umwandlung des Metalls auf die Diffusionsmöglichkeit des Wasserstoffs erkannt hat²⁸⁾ und nachdem festgestellt werden konnte, daß die Charakteristik der Tempe-

²⁸⁾ Vgl. W. Baukloh und H. Kayser: Z. Metallkde. 27 (1935) S. 285.

raturabhängigkeit der Wasserstoffdurchlässigkeit identisch ist mit der Entkohlung¹⁰⁾, der Reduktion von Eisenerzen²⁹⁾ oder der Entschwefelung von Eisen³⁰⁾ durch Wasserstoff, wie wir das im hiesigen Institut verschiedentlich nachgewiesen haben, kann man die Zusammenhänge zwischen Diffusion des gasförmigen Mittels und der eigentlichen Reaktion nicht mehr mit einem Versuchsprotokoll widerlegen, das meiner Ansicht nach zur Beantwortung dieser Frage auf zu schmaler Basis steht (zu kleiner Temperaturbereich!).

F. K. Naumann (schriftliche Stellungnahme): Herr Baukloh hat mit seinen Versuchen zwar einen größeren Temperaturbereich erfaßt als ich, dafür aber einen wesentlich engeren Druckbereich. Denselben Einwand, den Herr Baukloh gegen die Berechtigung meiner Schlußfolgerung über den Zusammenhang zwischen Wasserstoffdiffusion und Entkohlung vorbringt, daß nämlich die Versuche auf zu schmaler Grundlage stünden, könnte man demgemäß auch gegen seine Arbeiten erheben. Die Mehrzahl der Versuche von Herrn Baukloh und seinen Mitarbeitern ist bei hohen Temperaturen und verhältnismäßig niedrigen Drücken gemacht worden, während ich wegen seiner besonderen technischen Bedeutung das Gebiet hoher Drücke und niedriger Temperaturen bevorzugt behandelt habe. Gerade dieses Gebiet scheint mir aber auch besonders geeignet, um daran die Wirkungsweise des Wasserstoffs zu untersuchen, da bei hohen Temperaturen die Verhältnisse durch das Hinzukommen stärkerer Kohlenstoffdiffusion undurchsichtig werden und außerdem selbst bei Verwendung von gereinigtem Wasserstoff leicht nicht nachprüfbar Störungen durch Spuren von Wasserdampf eintreten.

²⁹⁾ W. Baukloh und K. Froeschmann: Stahl u. Eisen 54 (1934) S. 415/16.

³⁰⁾ W. Baukloh: Metallwirtsch. 15 (1936) S. 4193/96.

Das Kühlen mit Erz im Thomasstahlwerk.

Von Edgar Spetzler in Rheinhausen.

[Schluß von Seite 870.]

(Kühlmöglichkeiten beim Thomasverfahren. Eisenerz als Kühlmittel. Prüfung seines Verhaltens in der Birne hinsichtlich Kühlwirkung. Ausnutzung des Eisengehaltes und Verblasbarkeit. Entlastung der deutschen Schrottversorgung durch Erzkühlung. Wirtschaftlichkeit.)

Ueber den Einfluß des Erzes auf die Verblasbarkeit wurde schon eingangs gesagt, daß Eisenerz „mit gewissen Einschränkungen“ den Schrott als Kühlmittel zu ersetzen vermag. Unsere Erfahrungen gehen dahin, daß bei gut verblasbarem Eisen keine Schwierigkeiten auftreten; das Bad nimmt das Erz an ohne auszuwerfen. Wir haben viele Schmelzen nur mit Erz gekühlt und bis zu 1200 kg Erz, das ist 60 kg/t, zugegeben. Bei schlecht blasendem Eisen und oft auch bei neuen Konvertern tritt hingegen vermehrter Auswurf ein, dem man bis zu einem gewissen Grade begegnen kann, wenn man den Erzzusatz kurz vor Eintritt der größten Wärmeentwicklung, also kurz vor dem Uebergang, zugibt. Da unsere Einrichtungen diese unbedingt zweckmäßigste Art der Zugabe zur Zeit nur in beschränktem Umfang gestatten, verwenden wir Erz in der Regel nur bei älteren Konvertern und geben es gleich zu Anfang mit dem Kalk auf. Nachträglich durch die Schrottrutsche zugesetztes Erz muß mindestens Haselnußgröße haben, da es sonst vom Abgasstrom mitgerissen wird. Bei sofortiger Aufgabe kann man auch einen größeren Teil Feinerz verwenden. Stücke sind jedoch vorzuziehen, damit das Roheisenbad gleich zu Beginn keine zu starke Abkühlung erfährt. Aus dem gleichen Grunde soll das Erz auch möglichst trocken sein. Wir verwenden das phosphorarme LKA- oder LKB-Erz. Vor Schwedenerz mit höherem Phosphorgehalt ist zu warnen, weil der Phosphor als Apatit vorliegt, dessen Fluorgehalt bekanntlich die Zitronensäurelöslichkeit herabsetzt.

Wir sind der Ansicht, daß die Frage des Ersatzes des Schrotts durch Erz in der Hauptsache eine Frage des Umlaufquerschnittes ist. Dort, wo dieser groß genug ist, wird man den Schrott ganz durch Erz ersetzen können. Andererseits sind wir überzeugt, daß wohl jedes Thomaswerk einen erheblichen Teil des Schrottbedarfs durch Erz ersetzen kann.

Von welcher Bedeutung eine solche Arbeitsweise wäre, erhellt aus folgender Rechnung. Im Jahre 1935 wurden in Deutschland einschließlich Saargebiet erzeugt:

Thomasstahl	6 885 000 t
Vormetall	1 094 000 t
Zusammen	7 979 000 t

Rechnet man mit einer Kühlterschrottmenge von 4%, so ergibt sich ein Schrottverbrauch von etwa 319 000 t, von denen eine beträchtliche Menge jährlich anderen Zwecken zugeführt werden könnte. Diese Menge ist, gemessen am gesamten deutschen Schrottverbrauch, allerdings nicht groß; ein völliger Ersatz des Schrottes durch Erz würde jedoch schon 4,7% des Gesamtverbrauches ausmachen, also immerhin eine merkbare Besserung unserer Schrottlage bewirken.

Zum Schluß sei die Wirtschaftlichkeitsfrage geprüft. Es wird von der Annahme ausgegangen, daß sowohl Schrott als auch Erz ohne nennenswerte Kosten in Rohstahl umgewandelt wird und das um den Eisengehalt des Schrotts bzw. des Erzes erhöhte Ausbringen als Rohstahl erscheint und vergütet wird. Die Rechnung ist für den üblichen Schrottsatz von 40 kg/t durchgeführt.

Preis des Schrotts mit 99% Fe	42,00 RM je t
Preis des LKA-Erzes mit 66% Fe	17,80 RM je t
Preis des Rohstahls	53,00 RM je t

Kühlmittel

	Schrott	LKA-Erz
Menge je t Rohstahl	40,0 kg	23,2 kg
Eisengewinn je t Rohstahl	39,3 kg	15,3 kg
Rohstahlwert	2,08 RM	0,81 RM
Kosten des Kühlmittels	1,68 RM	0,41 RM
Bleibt Gewinn je t Rohstahl	0,40 RM	0,40 RM

Beide Kühlmittel ergeben demnach gleiche Gewinne. Der Verwendung von Erz stehen also auch keine wirtschaftlichen Bedenken entgegen.

Zusammenfassung.

Als Ersatz von Schrott zur Bindung des beim Thomasverfahren in der Regel auftretenden Wärmeüberschusses sind Kalk und Roheisen nur in sehr beschränktem Maße verwendbar; hingegen kann ein phosphorarmes, eisenreiches Erz bei überlasteten Konverteranlagen in erheblichem Maße und bei genügend großem Umlaufquerschnitt sogar vollkommen an Stelle des Köhlschrottes treten.

An den Bericht schloß sich folgende Erörterung an.

E. Herzog, Hamborn: Die von Herrn Spetzler mitgeteilten Ergebnisse decken sich praktisch völlig mit denen, die wir auf der August-Thyssen-Hütte erhalten haben, als wir vor 12 Jahren, allerdings bei einer ganz anderen Schrottlage als der heutigen, ebenfalls einige Zeit lang mit Erzzusatz gearbeitet haben. Eine gleichzeitige Durchführung von planmäßigen Einzeluntersuchungen ist damals allerdings unterblieben. Wir hatten im Frühjahr 1925 damit begonnen, Erz zuzusetzen, zunächst stückiges Schwedenerz mit möglichst niedrigem Kieselsäuregehalt, und hatten dann im März in vollem Umfange damit gearbeitet. Die Erzzugabe erfolgte zusammen mit dem Kalk vor dem Einleeren des Roheisens. Eine andere Arbeitsweise ist bei der Hamborner Anlage nicht möglich. Die zugesetzte Erzmenge betrug im Durchschnitt des genannten Monats 20 kg je t Rohstahl. Bei an sich gut verblasbarem Roheisen wirkte sich auch der Erzzusatz nicht schädlich aus. Trat aber Neigung zum Auswurf, insbesondere bei einem über 0,3 % hinausgehenden Siliziumgehalt des Roheisens, ein, so wurde diese Neigung durch den Erzzusatz deutlich verstärkt. Noch mehr trat dies in Erscheinung, als die Anordnung erfolgte, an Stelle des stückigen Erzes feines Schwedenkonzentrat, das damals in größeren Mengen auf Lager war, zu verwenden. Da sich außerdem deutlich eine Abhängigkeit der Auswurfstärke von den Schwankungen des Kieselsäuregehalts im Schwedenerz zeigte, so gingen wir schließlich zu dem praktisch kieselsäurefreien Walzsinter über mit dem Erfolg, daß die Auswurfneigung wieder zurückging. Eine im Vergleich zum Arbeiten mit Schrott zusätzliche Auswurfneigung blieb freilich auch dann noch bestehen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei den Hamborner Convertern die Einsatzbelastung schon im Normalbetrieb bis an die äußerste Grenze getrieben ist, so daß mit einem Roheisen von mehr als 0,3 % Si überhaupt nicht mehr ordnungsmäßig zu arbeiten ist. In dieser Beziehung lagen die Verhältnisse in Rheinhausen für die Verwendung von Erz von vornherein günstiger.

Rein äußerlich gesehen dürfte die Wirkung des Erzes in der Thomasbirne in derselben Richtung liegen wie die Wirkung eines höheren Siliziumgehalts im Roheisen.

A. Harr, Dortmund: Aus dem Gedanken heraus, daß Schwedenerz zur Zeit nicht allzu reichlich vorhanden sind, haben wir im Thomaswerk der Hoesch-Köln-Neuessen-A.-G. Versuche angestellt, um mit sauren deutschen Erzen zu kühlen. Dies hat gleichzeitig den Vorteil, daß Kieselsäure für die Schlacke eingebracht wird. Bei Zugabe von stückigem Dillenburg Magnet-eisenstein mit 26 % SiO₂ zu Beginn der Schmelze, also mit dem Kalk, wurde die Verblasbarkeit des Eisens erheblich schlechter. Ohne Nachteile konnte das Erz dagegen in großer Menge nach etwa 8 min Blasedauer zugegeben werden. Bei Zugabe in den blasenden Konverter wird dabei aber Feinerz vom Windstrahl nach draußen gerissen. Um keine Unterbrechung durch Umlegen des Converters in Kauf nehmen zu müssen, wurde das stückige Erz herausgelesen, das Feine — etwa ein Drittel der Gesamtmenge — auf den Kalk zugegeben und das stückige während des Blasens in den Konverter durch ein Schrottaufgaberohr nachgesetzt. Zur Zeit dieser Versuche enthielt das Roheisen 0,20 % Si. Dabei traten die bekannten Schwierigkeiten auf, eine ausreichende Zitronensäurelöslichkeit der Thomasschlacke zu erzielen. Die Konverterschlacke hatte vor Sandzusatz ohne Erzzugabe nur 2,04 % SiO₂, dementsprechend eine Löslichkeit von nur 72,8 %; durch Zugabe von 1000 kg Dillenburg Magnet-eisenstein zur Schmelze, entsprechend etwa 23 kg/t Ausbringen, war es möglich, die Schlacke auf 5,14 % SiO₂ vor dem Sandzusatz zu bringen. Das bedeutet aber, daß zur Erzielung eines gleichen Silizierungsgrades nachträglich weniger Sand zur Schlacke zugegeben zu werden braucht, oder daß bei gleicher Sandzugabe der Kieselsäuregehalt wesentlich gesteigert werden kann und damit eine bessere Zitronensäurelöslichkeit erreicht wird.

Es muß aber nochmals bemerkt werden, daß auch bei unseren großen 45-t-Konvertern, die im allgemeinen ein ausgezeichnetes Blasen ermöglichen, die Verblasbarkeit beeinträchtigt wurde,

Der Eisengehalt des Erzes wird nicht verschlackt, sondern vom Eisenbade aufgenommen.

In wirtschaftlicher Hinsicht sind zur Zeit beide Kühlmittel gleichwertig.

Zum Schlusse möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. Wens danken, der mich bei der Durchführung und Auswertung der Versuche tatkräftig unterstützt hat.

weshalb die oben angeführte Art der Erzzugabe in zwei Teilen angewandt wurde. Hier liegt aber die Schwierigkeit, stückige deutsche Erze zu erhalten, und stückig müssen sie sein, falls man, ohne das Blasen zu unterbrechen, die Erzzugabe in den Konverter vornehmen will.

H. Knop, Oberhausen: In der Zeit von Juli bis Oktober 1935 wurde in unserem Thomasstahlwerk versucht, Agglomerat aus Lengeder und Bültener Erz als Ersatz für Schrott im Konverter zu verarbeiten. Die Agglomerate waren von der Ilseder Hütte zur Verfügung gestellt worden und hatten ungefähr folgende Zusammensetzung:

	SiO ₂	Fe	P ₂ O ₅	MnO	Mn ₂ O ₄	CaO
	%	%	%	%	%	%
Bültener Erz	8,75	36,81	3,09	8,18	—	23,52
Lengeder Erz	8,87	46,60	3,94	—	1,40	16,00

Das Bültener Erz hatte einen höheren Mangan- und Kalkgehalt, während das Lengeder Agglomerat einen höheren Eisen-gehalt aufwies. Um die Agglomerate verarbeiten zu können, mußten sie getrocknet werden, da sie durch den Transport naß geworden waren. Die Versuche wurden so durchgeführt, daß jeweils zu den mit Erzzusatz verblasenen Schmelzen in demselben Konverter zu gleicher Stunde zum Vergleich normale Schmelzen mit dem üblichen Schrottzusatz verblasen wurden. Auf diese Weise entstand eine Anzahl von Versuchsgruppen. Um die Verblasbarkeit des Erzes beurteilen zu können, wurde eine Reihe von Schmelzen nach verschiedenen Gesichtspunkten zusammengestellt.

Wirkung der Art und des Zeitpunktes der Erz-zugabe. Frühere Versuche haben gezeigt, daß warmes Roheisen einen Zuschlag von etwa 1000 kg Erz verträgt, eine Menge, die etwa 2000 kg Schrott entspricht. Deshalb wurde fast durchweg die genannte Menge Agglomerat verblasen. Die Erzzugabe konnte auf verschiedene Weise vorgenommen werden; entweder wurde die gesamte Erzmenge mit einem Male durch den Kalk-trichter in den blasenden Konverter gekippt oder mit Mulden in den umgelegten Konverter eingesetzt. Diese Frage ist jedoch von untergeordneter Bedeutung, da sich das Erz stets gut verblasen läßt, wenn nur der Zeitpunkt der Zugabe richtig gewählt ist. Die besten Ergebnisse wurden erzielt, wenn das Erz beim Uebergang oder kurz nach dem Uebergang zugegeben wurde. Es ließ sich zu diesem Zeitpunkt ohne Auswurf verblasen. Je früher der Zeitpunkt der Erzzugabe vor dem Uebergang gewählt wurde, um so mehr neigen die Schmelzen zum Auswurf. Ein Verarbeiten des Erzes während der Auswurfperiode, d. h. während der ersten 8 min des Vorblasens, ist nicht zu empfehlen, da die Schmelzen dann sehr unruhig blasen und stoßweise auswerfen. Ein Zusatz des Erzes in zwei Teilen bringt nur zum Teil Erfolg, ist aber umständlich und deshalb nur für größere Erzzusätze als 1000 kg erwägenswert.

Vergleich von Schmelzen mit Erzzusatz beim Uebergang mit Schmelzen üblichen Schrottzusatzes. Verglichen wurden Rohstahl-Ausbringen, letzte Vorproben, Mangan- und Eisengehalte der Schlacken der gerzten Schmelzen, bei denen das Agglomerat etwa beim Uebergang oder kurz nach dem Uebergang zugesetzt wurde und sich ohne Auswurf verblasen ließ, mit den dazugehörigen normalen Vergleichsschmelzen mit Schrottzusatz. Das Rohstahl-Ausbringen wurde bezogen auf den gesamten metallischen Einsatz (also Roheisen, Ferromangan, Spiegeleisen und Schrott, sowie Eisen-, Mangan- und Phosphorgehalte des Erzes). Das Bültener Erz schneidet mit einem Ausbringen von 87,5 % um 0,6 % besser als das Lengeder Erz ab. Es ist kaum anzunehmen, daß die Erzart dies verursacht. Der Unterschied wird vielleicht durch verschiedene Versuchsbedingungen, z. B. Roheisenbeschaffenheit, verursacht sein. Der Durchschnitt der gerzten Schmelzen zeigt ein um 0,9 % geringeres Ausbringen als das der normalen Vergleichsschmelzen, bei denen das Ausbringen 88,6 % beträgt. Den mittleren Mangan-gehalten der letzten Vorproben mit 0,23 % Mn bei den mit Erzzusatz verblasenen Schmelzen gegenüber 0,25 % Mn bei den Vergleichsschmelzen ist keine Bedeutung beizulegen, weil die

ersteren zum Teil zu weit heruntergeblasen wurden. Diese Erscheinung ist lediglich eine Folge des ungewohnten Bildes der Löffelprobe der geerzten Schmelzen. Die Eisen- und Mangan-gehalte der Schlacke weisen den üblichen Prozentsatz, etwa 10 bis 11 %, auf. Die Reduktion des Eisengehaltes der Erze ist also ziemlich vollkommen. Der Verbrauch an Ferromangan war ziemlich gleich. Die Zitronensäurelöslichkeit der Phosphorsäure liegt gleichfalls in dem üblichen Rahmen (etwa 91 % ohne Sandzugabe).

Vergleich von Schmelzen mit Erzzusatz vor dem Uebergang mit Schmelzen üblichen Schrottzusatzes. Es zeigt sich folgendes Bild: Je weiter der Erzzusatz in die Vorblaseperiode vorverlegt wird, desto mehr neigen die Schmelzen zum Auswurf. Dies ist eine Folge der bei Zugabe von Erz sofort einsetzenden heftigen Reduktion der Eisenoxyde durch den Kohlenstoff des Roheisens. Infolge des nicht einwandfreien Blasens ist das Rohstahl-Ausbringen bei diesen Schmelzen schlechter. Für die anderen Werte gelten dieselben Ausführungen wie bei den Versuchsschmelzen, bei denen das Erz beim Uebergang gekippt wurde.

Ein kostenmäßiger Vergleich zeigt zwar, daß die Erzeugungskosten der Schmelzen mit Erz 0,06 *R.* je t Rohstahl höher sind. Es ist jedoch nicht angängig, aus dieser Aufstellung einen endgültigen Schluß zu ziehen, denn erfahrungsgemäß wird ein neues Arbeitsverfahren erst nach längerer Betriebszeit wirtschaftlich richtig durchgeführt. Der Kalksatz wurde bei den mit Erzzusatz geblasenen Schmelzen absichtlich nicht geändert, um die Schlacken-zusammensetzung nicht stark zu ändern. Es dürfte sich aber eine Kalkersparnis erzielen lassen. Ferner wird der hohe Mangan-gehalt des Bültnener Erzes bei gleichem Enderzeugnis zu Manganersparnissen führen.

L. Steinhäuser, Völklingen: Wenn man im Konverter mit Erz eine gute Kühlwirkung erzielt, so müßte es auch möglich sein, mit kalter Siemens-Martin-Schlacke Schrott zu ersetzen. Der Kieselsäuregehalt der Thomasschlacke wird dann erhöht, und ihre Zitronensäurelöslichkeit steigt, wenn fluorfreie Siemens-Martin-Schlacken verwendet werden.

E. Herzog: Ich habe auf dem früheren Hüttenwerk in Aachen-Rote Erde, in den Jahren 1917/18 derartige Versuche durchgeführt mit dem Ziel, die Gehalte der Siemens-Martin-Schlacke an Eisen, Mangan und Kalk nutzbar zu machen, da in Rote Erde die Siemens-Martin-Schlacke nicht wieder Hochöfen zugeführt werden konnte. Außerdem sollte die Kieselsäure der Erhöhung der Zitronensäurelöslichkeit dienen. Uebrigens stammt der älteste bekannt gewordene Vorschlag des Zuschlags von Siemens-Martin-Schlacke zur Thomasschmelze schon aus den neunziger Jahren. Die Wirkung der schon vor dem Roheiseneinsatz in die Birne gegebenen Schlacke war, äußerlich gesehen, ganz ähnlich derjenigen eines Erzzuschlags. Die mit der Schlacke zugeführte Kieselsäuremenge führte zu einer empfindlichen Steigerung der Auswurfneigung, weshalb diese Arbeitsweise damals wieder aufgegeben wurde.

F. Körber, Düsseldorf: In einer kürzlich in der Revue de l'Industrie Minérale vom März 1937 erschienenen Arbeit berichtet H. Malcor⁵⁾ über einen Versuch bei einem ostfranzösischen Hüttenwerk, zusammen mit dem Kalk Flußspat in den Konverter zuzugeben, um schnell eine basische Schlacke zu erhalten. Die Entphosphorung beginnt dann fast zu Beginn des Blasens und schreitet gleichzeitig mit der Entkohlung fort. Das ist ein Gedanke, den wir im Eisenforschungsinstitut auf Grund unserer Untersuchungen über den metallurgischen Ablauf des Thomasverfahrens⁶⁾ in etwas anderer Art verfolgt haben, indem wir an die Zugabe von Siemens-Martin-Schlacke in den Konverter dachten. Die Verbrennung des Phosphors setzt trotz seiner hohen Verwandtschaft zum Sauerstoff in erster Linie deshalb nicht zugleich mit der Verbrennung von Silizium und Mangan ein, weil noch keine basische Schlacke vorhanden ist, die in der Lage ist, die Phosphorsäure aufzunehmen. Wenn nun die Siemens-Martin-Schlacke, die leichter zu verflüssigen ist und von vornherein ein Aufnahmevermögen für Phosphorsäure hat, zugesetzt wird, so ist zu erwarten, daß die Entphosphorung früher einsetzt.

E. Herzog: Zu meinen Ausführungen sei noch ergänzt, daß wir nicht ausschließlich Siemens-Martin-Schlacke zugesetzt haben, sondern ein Drittel des Kalkes durch eine mehr als doppelt so große Menge Schlacke ersetzt haben, weil sonst der Schlackenballast zu groß geworden wäre. Die von M. Malcor angestellten Ueberlegungen sind richtig unter der Voraussetzung, daß es sich um eine kieselsäurearme Siemens-Martin-Schlacke handelt. Die übliche Siemens-Martin-Schlacke enthält etwa 15 bis 20 % und

mehr Kieselsäure, und ein derartiger Kieselsäuregehalt dürfte während der Entkohlungsperiode, während deren ja neben der Siemens-Martin-Schlacke nur wenig Kalk in Lösung geht, das Aufnahmevermögen der Schlacke für Phosphorsäure doch stark beeinträchtigen.

W. Bading, Huckingen: Ich glaube nicht, daß durch den Zusatz von Siemens-Martin-Schlacke die Basizität der Schlacke hoch genug wird, um den Phosphor zu binden. Auf anderem Wege habe ich seinerzeit bei Versuchen hochehitzen Kalk mit 1200° zugegeben, um sehr früh eine basische Schlacke zu erhalten und den Phosphor während der Kohlenstoffverbrennung abzubinden. Leider ist dies nicht gelungen, denn der Kohlenstoff nimmt während dieser Zeit doch den ganzen Sauerstoff in Anspruch.

F. Körber: Ich glaube nicht, daß die Zugabe von erhitztem Kalk entscheidend anders wirkt wie von kaltem Kalk, weil ja in der ersten Zeit der Siliziumverbrennung sich um das Kalkstück eine Haut von Kalziumorthosilikat bilden soll, die einen sehr hohen Schmelzpunkt hat und daher sehr schwer angreifbar ist. Diese Tatsache wird nicht dadurch weggeräumt werden können, daß die Schlacke heiß zugegeben wird. Man sollte einen Versuch nach dieser Richtung machen.

W. Bading: Der Kalk wurde nicht nur im Anfang, sondern auch zu verschiedenen anderen Zeiten zugegeben.

F. Körber: Der Schlacken-zusatz müßte sehr frühzeitig erfolgen. Eine Frage bleibt es aber, wieviel damit überhaupt gewonnen ist, wenn man den Phosphor frühzeitiger aus dem Bade herausbringt.

E. Herzog: Meiner Ansicht nach nur dann, wenn man dabei harten Stahl ohne nachträgliche Aufkohlung herstellen will. Im übrigen ist nicht zu übersehen, daß bei dem in Frage kommenden Temperaturbereich die Verflüssigung der Siemens-Martin-Schlacke frühestens erst etwa in der Mitte der Entkohlungsperiode beginnen wird.

R. Frerich, Dortmund: Vor etwa 10 Jahren haben wir ähnliche Versuche durchgeführt, wie sie Herr Körber vorgeschlagen hat. Das Ziel war, den Phosphor vor dem Kohlenstoff beim Frischen zu entfernen. Es wurde kalte Siemens-Martin-Schlacke zugegeben. Das Ergebnis war lediglich, daß der Phosphor in stärkerem Maße als üblich mit dem Kohlenstoff entfernt wurde. Am Ende der Entkohlung betrug der Phosphorgehalt etwa 0,2 bis 0,3 %; unter gewöhnlichen Verhältnissen beträgt er zu diesem Zeitpunkt etwa 0,8 bis 1 %. Die Versuche wurden sehr bald wegen des wenig befriedigenden Ergebnisses abgebrochen.

P. Bardenheuer, Düsseldorf: Herr Spetzler hat festgestellt, daß durch Erzzusatz die Blasezeit um etwa 1/2 min verkürzt wird. Das weist darauf hin, daß das Bad mehr Sauerstoff aufnehmen kann, als ihm durch den Wind zugeführt wird. Das Verfahren könnte also durch stärkere Sauerstoffzufuhr noch weiter beschleunigt werden. Auch bei unseren Untersuchungen über das Thomasverfahren⁷⁾ haben wir gefunden, daß während der gesamten Blasezeit eher Sauerstoffmangel als Sauerstoffüberschuß vorhanden ist. Durch den Erzsauerstoff wird also ein Teil des erforderlichen Sauerstoffs aufgebracht. Infolgedessen braucht dieser Teil an Luftsauerstoff, der mit dem großen Stickstoffballast ebenfalls eine beachtenswerte Kühlwirkung ausübt, weniger eingeblasen zu werden. Wenn die Kühlwirkung dieser Luftmenge, die in der eingesparten Blasezeit weniger eingeblasen wird, in der Bilanz in *Zahlentafel 5* berücksichtigt wird, so erklärt sich dadurch sehr wahrscheinlich der Unterschied zwischen der errechneten und der tatsächlich festgestellten Kühlwirkung des Eisenerzes.

E. Spetzler: Diese Erklärung könnte zutreffen. Es wäre zu prüfen, ob genügend Unterlagen vorliegen, um auf dem Rechnungswege die Bestätigung zu finden.

E. Herzog: Die ergänzenden Berichte in der Erörterung haben völlige praktische Uebereinstimmung mit Herrn Spetzler ergeben und gleichzeitig noch einen Punkt in den Vordergrund gerückt, nämlich die Frage des Zeitpunktes der Zugabe des Erzes. Dieser Zeitpunkt ist ohne Zweifel ganz ausschlaggebend. Herr Spetzler hat berichtet, daß in Rheinhausen das Erz von vornherein mit dem Kalk zusammen zugegeben wird, weil die Betriebsverhältnisse das nicht anders gestatten. Genau so war es in Hamborn. Bei dieser Arbeitsweise dürfte die Höhe des Kieselsäuregehaltes des Erzes eine ausschlaggebende Rolle spielen. Ich sagte schon, daß wir in Hamborn gleich bei Beginn des Arbeitens mit Erz den niedrigsten Kieselsäuregehalt, den wir ausfindig machen konnten, herangezogen haben. Herr Knop hat absichtlich ein kieselsäure-reiches Erz genommen, um eine hohe Zitronensäurelöslichkeit der Schlacke zu erreichen, und es ist sehr bemerkenswert, daß die Kieselsäure in dem Augenblick keine Schwierigkeit mehr bereitet,

⁵⁾ Rev. ind. minér. 1937, Nr. 389, S. 121/32.

⁶⁾ Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseldorf, 14 (1932) S. 205/19; 15 (1933) S. 311/14.

⁷⁾ Mitt. Kais.-Wilh.-Inst. Eisenforsch., Düsseldorf, 15 (1933) S. 311/14.

in dem man die Zugabe erst vorm oder beim Uebergang durchführt. Bei den Thomaswerken, bei denen eine solche Arbeitsweise möglich ist, dürfte sie daher unbedingt vorzuziehen sein.

A. Jellinghaus, Haspe: Ich möchte fragen, ob beim Zusatz von Erz kurz vor dem Uebergang etwa beobachtet worden ist, daß der metallurgische Verlauf der Schmelzung sich geändert hat. Ich könnte mir denken, daß durch das zusätzlich große Sauerstoffangebot aus dem Erz in der Entphosphorungsperiode der sogenannte Manganbuckel fortfiel, eine Reduktion des Mangans aus der Schlacke also unterbunden würde. Das wäre im Hinblick auf die Manganwirtschaft nicht vorteilhaft.

A. Harr: Wir haben keine Zwischenproben genommen; lediglich sind die üblichen Vorproben genommen worden, deren Mangangehalt nicht höher war als ohne Erzzugabe.

O. Scheiblich, Peine: Wir haben über einen Monat laufend mit Erzzugabe gearbeitet. Ich kann über den blasttechnischen Verlauf solcher Schmelzen nur das bestätigen, was die Herren Knop und Spetzler gesagt haben. Je größer die Erzmenge und je eher der Zeitpunkt der Zugabe ist, desto größer ist der Auswurf. Der metallurgische Verlauf ändert sich grundsätzlich nicht. Die Blasezeit wird verkürzt; infolgedessen verläuft die Entphosphorung, wenn das Erz nach dem Uebergang zugegeben wird, schneller, so daß man sich vor dem Ueberblasen hüten muß.

Ein anderer Punkt, der aus dem Bericht nicht ohne weiteres hervorgeht, verdient noch nebenbei herausgestellt zu werden. Man könnte sich, wenn man die am Ende des Berichtes wiedergegebene Zahlentafel über die Wirtschaftlichkeitsfrage prüft, leicht dazu verleiten lassen, in Zukunft den gesamten Schrott einfach durch Erz zu ersetzen. Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß bei allen Anlagen, die in ihrer mengenmäßigen Leistung bereits ausgeschöpft sind, die Leistung bei dem Ersatz des Schrotts durch Erz leidet.

E. Spetzler: Die Ausführungen von Herrn Scheiblich treffen wohl für solche Konverteranlagen zu, die bis zum Aeußersten ausgenutzt sind, und bei denen das Erz mit dem Roheisen zugegeben werden muß, weil Einrichtungen zum Nachkühlen fehlen. Wenn man jedoch in der Lage ist, das Erz kurz vor oder während der Entphosphorung zuzugeben, wodurch die Verblasbarkeit nicht ungünstig beeinträchtigt wird, so kann man erforderlichenfalls durch entsprechende Erhöhung des Roheisensatzes das gewünschte hohe metallische Ausbringen beibehalten.

E. Herzog: Bei unseren Hamborner Verhältnissen würden wir allerdings auch nicht in der Lage sein, nach dem Vorgang von Herrn Spetzler beim Erzzuschlag so viel mehr Roheisen einzusetzen, daß das Ausbringen tonnenmäßig dasselbe bleibt wie bei der Verwendung von Schrott.

A. Harr: Man kann die Wirtschaftlichkeitsrechnung auch anders gestalten, als Herr Spetzler sie dargestellt hat. Gemäß *Zahlentafel 2* wird zur Erreichung eines gleichen Schmelzungsgewichtes bei der Zugabe von Erz der fehlende Schrottsatz durch Thomasroheisen ersetzt, so daß diese Thomasroheisenmenge in die Wirtschaftlichkeitsrechnung eingesetzt werden muß, und zwar unter Berücksichtigung des Kalkbedarfs und der Phosphorsäuregutschrift. Bei der Kühlung mit Erz ergibt sich dann:

Ausgaben:		<i>R.M.</i>
Erz	23,2 kg/t Rohstahl =	0,41
Thomasroheisen	26,3 kg/t Rohstahl =	1,18
Kalk	3,4 kg/t Rohstahl =	0,05
Zusammen		1,64

Einnahmen:		
Eisengewinn aus Erz und Roheisen	39,3 kg = 2,08	
Phosphatschlacke	6,34 kg = 0,16	
Zusammen		2,24

Bleibt Gewinn je t Rohstahl	0,60
gegenüber der Schrottkühlung mit	0,40
Mehrgewinn bei Erzkuhlung je t Rohstahl	0,20

Es muß aber als fraglich erachtet werden, ob dieser Mehrertrag nicht durch die von allen Seiten beobachtete Verschlechterung der Verblasbarkeit mehr als aufgezehrt wird.

E. Spetzler: Abschließend möchte ich sagen, daß auch wir die Zugabe des Erzes kurz vor der Entphosphorung anstreben, weil, wie ich bereits ausführte, hierbei die Verblasbarkeit nicht beeinträchtigt wird. Voraussetzung hierbei ist die Verwendung eines Erzes von mindestens Haselnußgröße, das aber nicht in genügenden Mengen zur Verfügung steht. Wir setzen daher versuchsweise das Erz in Brikettform zu, was sich ausgezeichnet bewährt. Ob sich diese Arbeitsweise wirtschaftlich durchführen läßt, hängt von dem Ausgang eingeleiteter Brikettierungsversuche ab, um ein billiges Brikettierungsverfahren auszuarbeiten. Es bestehen berechnete Hoffnungen, dieses Ziel zu erreichen.

Umschau.

Manganerz-Vorkommen in Portugal und Südfrankreich.

Ueber einige im allgemeinen wenig bekannte Lagerstätten von Eisenmanganerz in Südportugal berichtet H. Quiring¹⁾. In einem etwa 120 km breiten Streifen paläozoischer Gesteine, der von Nordwesten nach Südosten die portugiesischen Provinzen Estremadura, Alemtejo und Algarve, also das ganze Land südlich des Tejo, durchzieht, kommen zahlreiche, durch einen hohen Mangangehalt ausgezeichnete Lagerstätten von Eisenmanganerzen vor. Diese Erze drängen sich in einem etwa 60 km südöstlich von Lissabon beginnenden Geländestreifen zusammen, der mit etwa 55 km Länge und 10 km Breite nur 5 bis 10 km von der Küste des Atlantischen Ozeans entfernt verläuft. Die Verkehrsverhältnisse sind im Erzgebiet sehr schlecht, schiffbare Flüsse gibt es nicht, die einzige vorhandene Eisenbahnstrecke verläuft in wenigstens 15 km Entfernung, ausgebaute Landstraßen sind nur in geringer Zahl vorhanden. Elektrischer Strom steht nur in dem etwa in der Mitte des Erzgebietes gelegenen Orte Odemira zur Verfügung. Die Erze treten in Gängen und Lagern auf. Mineralogisch sind es Erze der Oxydationszone, nämlich Brauneisenerz und Hartmanganerz. Der Gehalt an Mangan und Eisen wechselt sehr stark, stellenweise erreicht der Mangangehalt eines guten Hartmanganerzes 50 %, liegt aber im allgemeinen niedriger. Die Analyse von Erzproben ergab:

	Eisenhaltiger Psilomelean	Manganhaltiges Brauneisen I	Manganhaltiges Brauneisen II
Fe	8,70 %	36,92 %	39,45 %
Mn	35,54 %	15,96 %	13,80 %
P	0,06 %	0,30 %	0,16 %
SiO ₂	12,90 %	4,60 %	7,40 %
Al ₂ O ₃	3,45 %	1,85 %	2,05 %
CaO	0,09 %	0,05 %	0,07 %
MgO	7,96 %	6,23 %	5,15 %

Der Schwefelgehalt ist gering, etwa 0,1 bis 0,16 %; dagegen wechselt der Gehalt an Schwerspat zwischen 0,65 und 3,80 %. An Nebenmetallen wurden geringe Mengen von Arsen, Kupfer, Blei, Zink, Nickel und Kobalt festgestellt. Ein Teil der Lagerstätten ist als abbauwürdig anzusehen; eingehendere Untersuchungen über die Vorräte liegen nicht vor. Im gegebenen Falle

¹⁾ Arch. Lagerst.-Forsch. 1936, Nr. 63.

bedarf das meiste Erz wohl einer Handaufbereitung. An einzelnen Stellen sind die Vorkommen abgebaut worden.

Ein anderes wenig bekanntes, aber schon um 1840 verliehenes Manganvorkommen befindet sich in Südfrankreich in den als Ausläufer der Cevennen anzusehenden Schwarzen Bergen nordöstlich von Carcassonne bei dem Dorfe Caunes Minervois an der Grenze der Departements Aude und Hérault. Mit dieser Lagerstätte befaßt sich R. Esparseil¹⁾. Die Manganerze selbst liegen im oberen Devon und sind durch Auslaugung des Muttergesteins entstanden. In unmittelbarer Nähe befinden sich Brüche von Languedoc-Marmor, dessen rote und rotbraune Farbe von Mangan herrührt. Das Erz ist entweder reiner Pyrolusit oder ein Gemenge von Eisenspat und Manganspat. Als Pyrolusit enthält es 50 bis 61 % Mn, 0,45 bis 1,8 % Fe, 0,76 bis 1,15 % SiO₂, 0,12 bis 1,74 % Al₂O₃, 0,3 bis 0,6 % CaO, 0,02 bis 0,18 % MgO, geringe Mengen von Phosphor und Schwefel, außerdem etwas Kupfer und Blei. Das Karbonatgemenge enthält 20 % Fe, 28 % Mn, 4 % SiO₂, 4 bis 8 % CaO, 15 bis 20 % Glühverlust. Im Marmor wurden 5 bis 12 % Mn festgestellt. Das Vorkommen selbst ist schon lange bekannt; ein Abbau findet bereits seit dem Ausgang des 18. Jahrhunderts statt, wo man das Erz als Klärungszusatz in Glashütten gebrauchte. Später fand das Erz weitere Verwendung in der chemischen und der Papierindustrie und seit etwa 1870 auch im Eisenhüttenwesen. ¹⁾Hans Schmidt.

Fortschritte im ausländischen Walzwerksbetrieb²⁾. Halbkontinuierliche Blechstraße der Carnegie-Illinois Steel Corp. in den Homestead Steel Works, Munnhall, Pa.

Die neue Walzwerksanlage ist für eine jährliche Erzeugung von 730 000 t Blechen aus legiertem oder unlegiertem Stahl in Breiten von 505 bis 2285 mm und in Dicken von 2,4 bis 16 mm, bei einer größten Länge von 45,5 m vorgesehen worden³⁾.

Die Brammen sind 560 bis 1370 mm breit, 75 bis 225 mm dick und 1220 bis 4570 mm lang. Sie kommen von einem vor-

¹⁾ Rev. ind. minér. 1936, Nr. 377, S. 948/54.

²⁾ Vgl. Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 796.

³⁾ Steel 100 (1937) Nr. 3, S. 38/43 u. 64; Iron Age 139 (1937) Nr. 3, S. 36/41; Blast Furn. & Steel Plant 25 (1397) Nr. 2, S. 195/200 u. 218; Iron Steel Engr. 14 (1937) Nr. 6, S. H₁/H₁₁.

handenen Brammenwalzwerk und werden zu 6 oder 8 übereinander auf einem Rollgang mit angetriebenen Rollen aufgestapelt; dieser bringt sie zu einer Entladevorrichtung, die sie einzeln auf den Rollgang hinter den Wärmöfen schafft. Jeder der drei Öfen hat zwei Brammendrücker, die einzeln oder zusammen arbeiten, je nachdem Brammen bis 2,286 m Länge in zwei Reihen oder solche von 4,6 m Länge einreihig eingesetzt werden. Die Öfen haben 5,5 m l. W. und etwa 25,2 m Länge; jeder kann 50 t/h kalt eingesetzte Brammen erwärmen. Platz für einen vierten Ofen ist vorgesehen worden. Alle Öfen haben Rekuperatoren aus Karborundumsteinen und arbeiten mit ganz selbsttätiger Temperaturregelung; sie werden gewöhnlich mit Koksofengas geheizt, aber es kann auch mit Naturgas, allein oder mit Koksofengas, geheizt werden. Die Haupttüren werden elektrisch betätigt. Gegen ausstrahlende Wärme werden die Öfen durch eine Wärmeschutzschicht hinter dem Stahlgeschränk geschützt.

gerüst und an den vier Fertigerüsten, sondern auch an den Schraubenstellvorrichtungen aller Gerüste, an den Antrieben, Richtmaschinen, Scheren, Rollgängen usw., angewendet, während das Zunderbrechgerüst und das Querwalzgerüst Weißmetallager haben. Die Stellung der Druckschrauben an den Gerüsten wird auf elektrischem Wege zur Steuerbühne übertragen und kann dort abgelesen werden.

Die Steuerung zum Stellen der Druckschrauben am Umkehrgerüst ist so eingerichtet, daß sie, wenn die Abnahme für jeden Stich festgelegt worden ist, selbsttätig die Walzen stellt und sie in ihre ursprüngliche Lage zurückbringt, wenn das Walzgut das Gerüst verlassen hat.

Die obere Stütz- und obere Arbeitswalze werden durch Druckwasser ausgeglichen. Zum Messen des Walzdruckes sind an allen Vierwalzengerüsten Druckmesser angebracht, die die Streckung des Walzenständers in Geräten auf den Steuerbühnen anzeigen und aufschreiben.

Vor und hinter den Fertigerüsten ist genügend Platz zum Aufstellen je eines zusätzlichen Gerüsts vorgesehen worden.

Die Fertigstraße ist mit elektrisch angetriebenen Führungen und Schlingenspannern ausgerüstet, die Ein- und Ausführungen können beim Wechseln der Walzen durch elektrische Motoren zurückgezogen werden. Besondere Sorgfalt ist durch geeignete Vorrichtungen darauf verwendet worden, Kratzer am Walzgut

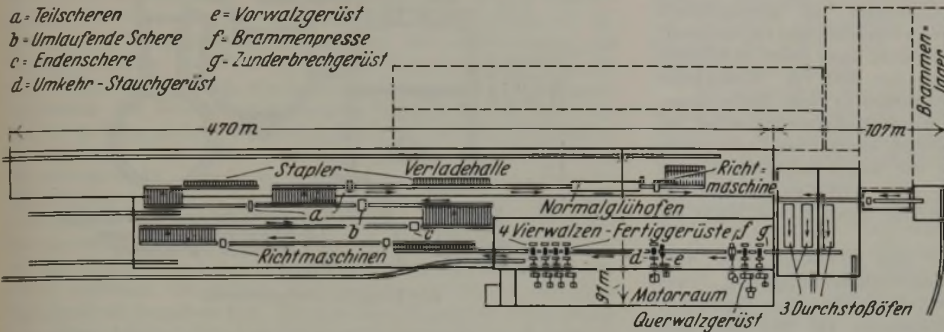


Abb. 1. Bandblechstraße der Carnegie-Illinois Steel Corp.

Das erste Gerüst der Vorstraße (Abb. 1) ist ein Zweiwalzen-Zunderbrechgerüst mit Walzen von 914 mm Dmr. und 2540 mm Ballenlänge. Die vom Ofen kommende Bramme geht entweder gerade durch zum Querwalzgerüst oder sie kann von 2286 mm auf 2385 mm Länge gestreckt und vor dem zweiten Gerüst, dem Querwalzgerüst, um 90° gedreht werden, so daß sie mit ihrer Breitseite in die Walzen dieses Gerüsts hineingeht. Die Walzgeschwindigkeit im Zunderbrechgerüst beträgt 0,965 m/s. Hinter dem Gerüst spritzen geneigte Druckwasserstrahlen mit 70 at Druck den Zunder von der Ober- und Unterseite der Bramme ab. Das Querwalzgerüst hat 4 Walzen, die zwei Arbeitswalzen haben 1065 mm Dmr. und die Stützwalzen 1320 mm Dmr., die Ballenlänge beträgt 3045 mm, die Walzgeschwindigkeit etwa 0,939 m/s. Die vom Zunderbrechgerüst kommenden Brammen von 2385 mm Länge können in einem Stich bis auf eine größte Breite von 2415 mm und 2790 mm Länge gedrückt werden. Auf der Vorderseite kann ein starker durch Motor betätigter Drücker die Bramme rechtwinklig zwischen die Walzen drücken. Sowohl vor als auch hinter diesem Gerüst befindet sich eine Brammendrehvorrichtung; die hintere kann bei Bedarf die aus dem Querwalzgerüst kommende Bramme um 90° wieder in ihre ursprüngliche Längsrichtung zurückdrehen.

Die Bramme geht dann in eine Presse mit 4,8 m langen Backen, die eine 150 mm dicke Bramme um 75 mm auf genaue Breite stauchen und ihre Kanten rechtwinklig drücken kann. Sie läuft hierauf auf einem Rollgang und unter einer Druckwasser-Zunderabspritzvorrichtung etwa 36,6 m zu einem Vierwalzen-Umkehrgerüst mit Walzen von 914 und 1370 mm Dmr. bei 2540 mm Ballenlänge; vor ihm steht ein Stauchgerüst mit senkrechten Walzen von 1016 mm Dmr. und 250 mm Ballenlänge, das aber nur zum Einhalten der Brammenbreite dient. Im Umkehrgerüst erhält die Bramme drei, fünf oder sieben Stiche. Am Gerüst befinden sich drei Sätze von Führungsleisten, die in Verbindung mit den Druckschrauben gleichzeitig auf elektrischem Wege gestellt werden¹⁾. Die halbkontinuierliche Anordnung wurde gewählt, weil sie ein rasches Stellen der Walzen an den voneinander unabhängigen Gerüsten gestattet.

Hierauf geht die Bramme auf einem aus drei Teilen bestehenden Rollgang, dessen Geschwindigkeit im zweiten und dritten Teil zum Einhalten der für das Fertigwalzen geeigneten Brammentemperatur zwischen 0,762 und 3,04 m/s geregelt werden kann, zu einer aus zwei federbelasteten Klemmrollen bestehenden Einrichtung, die als Zunderbrechgerüst der Fertigstraße dient, und dann durch eine Druckwasser-Zunderabspritzvorrichtung zur Fertigstraße. Diese hat vier Vierwalzengerüste mit Walzen von 685 und 1370 mm Dmr. bei 2540 mm Ballenlänge. Rollenlager werden nicht nur am Vierwalzen-Umkehr-

zu vermeiden. Zum Wechseln der ganzen Walzensätze mit Einbaustücken an den Vierwalzengerüsten sind Ausbawagen vorgesehen worden.

Drehzahl und Stärke der Antriebsmotoren mit sonstigen Angaben sind in *Zahlentafel 1* enthalten. Die Walzgeschwindigkeit am letzten Fertigerüst beträgt 3,33 bis 7,04 m/s.

Zahlentafel 1. Angaben über die Antriebsmotoren.

Stärke PS	Drehzahl min	Spannung V	Stromart	Walzgerüst	Ob mit oder ohne Vorgelege
1000	500	6600	Drehstrom 25 Per.	Zunderbrechgerüst	mit
4500	370	6600	Drehstrom	Vierwalzen-Quergerüst	mit
500	500	230	Gleichstrom	Brammenpresse	
600	140/406	700	Gleichstrom	Stauchgerüst	mit
7000	40/80	700	Gleichstrom	Vierwalzen-Umkehrgerüst	ohne
vier Motoren zu 5000	3 mit 110/250, der vierte 125/265	600	Gleichstrom	vier Vierwalzengerüste	mit

Angaben über Umformersätze:

Drehstrommotoren mit 6000 kWA und 375 U/min für 6600 V Gleichstrommaschinen, 2 Stück zu 3000 kW für 700 V Gleichstrom und 375 U/min.

Auf dem Auslaufrollgang hinter der Fertigstraße sind auf einer Länge von 18,3 m zum Kühlen des Bleches Spritzdüsen angebracht. Die Rollen haben Einzelantrieb und sind aus Schleuderguß und geschliffen. Ebenso sind die Deckplatten und Schleppleisten auf den Querschleppanlagen aus Gußeisen und geschliffen, um Kratzer auf den noch heißen Blechen zu vermeiden. Alle Rollgänge zum Weiterbefördern der Bleche haben Wälzlager.

Vom Auslaufrollgang werden die Bleche von Schlepfern zu einem Kühllrollgang befördert, der sie zu einer Richtmaschine für Bleche bis 46 mm Dicke bringt. Diese hat zwei Klemmrollen von 300 mm Dmr. und 17 Richtrollen von 200 mm Dmr.; alle Rollen haben 2740 mm Ballenlänge. Hierauf geht das Blech zu einem Rollgang mit versetzten und geschliffenen Scheibenrollen, der es zu einer zweiten Richtmaschine mit zwei Klemmrollen und 11 Richtrollen der gleichen Abmessungen wie bei der ersten Richtmaschine bringt. Das gerichtete und fast kalte Blech läuft über einen Rollgang weiter, und Zahnstangenschlepper bringen es zu einem andern Rollgang, auf dem es angezeichnet wird und der es zu dem Rollgang vor eine Enden- und Teilschere bringt. Bemerkenswert ist hierbei, daß das Blech nicht mit fischschwanzähnlichen oder gelappten Enden aus dem Walzwerk zur Schere kommt; gewöhnlich genügt ein Schrotstück von 250 mm Länge, um die Bleche an beiden Enden geradzuschneiden. Hinter der Schere geht das Blech über ein Kettenschlepperbett zu einem Rollgang, der es zu einer umlaufenden Schere schafft; diese beschneidet die Längskanten um nur etwa 25 bis 37 mm, da die

¹⁾ Steel 100 (1937) Nr. 3, S. 44/46 u. 64.

Bleche so geradegewalzt werden, daß ihre Längskanten fast keine Krümmung oder Bogen zeigen.

Das Blech geht dann entweder geradeaus zu einer in den Rollgang eingebauten Schere mit wiegendem Obermesser und von da weiter über ein Schlepperbett zu einer Wiege- und Stapelvorrichtung oder aber über ein Seilschlepperbett zu einem Rollgang, der es zu einer zweiten Schere mit wiegendem Obermesser bringt. Der Rollgang hinter dieser Schere kann es entweder zu einer neben dem Rollgang angeordneten Wiege- und Stapelvorrichtung bringen oder geradeaus zu einem Normalgühhofen, den es durchläuft, worauf es zu einer Richtmaschine mit sich anschließendem Schlepperbett gelangt.

Die Teilscheren mit wiegendem Obermesser wurden von den Homestead Steel Works entworfen und ausgeführt. Vier schwere durch Druckluft betätigte Niederhalter halten das Blech fest, während ein vergütetes gekrümmtes Scherenmesser den wiegenden Schnitt ausführt; hierdurch wird der beim Schneiden mit geradem, schräg angeordnetem Obermesser an gewöhnlichen Scheren sich am Blech bildende Bogen vermieden und ein sauberer, glatter und spannungsloser ebener Schnitt ohne jeden sichtbaren Bogen erreicht. Der Antriebsmotor hat 150 PS. Elektrische Anzeiger auf den Steuerbühnen gestatten es dem Bedienungsmann, die Bleche mit Hilfe verstellbarer Maßvorstöße selbst bei Blechen von 18,3 m Länge auf angeblich weniger als 1 mm genau zu stellen. Förderbänder bringen die abgeschnittenen Enden zu durchlaufenden Schrottscheren; diese zerteilen sie und die Abschnitte fallen in Schrottmulden, die durch Krane leicht erreichbar sind.

An Kranen sind vorhanden: ein 10-t-Kran über dem Brammenlager und der Brammen-Entladevorrichtung, zwei 10-t-Krane über den Oefen, ein 100-t-Kran über dem Walzwerk, ein 15-t-Kran über den Auslaufrollgängen, ein 20-t-Kran mit einem und ein 20-t-Kran mit zwei Haken zu 10 t in der Scherenhalle, vier 20-t-Krane in der Verladehalle. Ein 75-t-Kran ist im Motorenhause vorhanden, in dem auch ein Förderwagen vorgesehen wurde, um Teile ins oder aus dem Motorenhause zu schaffen.

Bemerkenswert sind noch die Nebeneinrichtungen, wie Schmierölpump- und -filteranlagen, sowie die fünf Schmiergruppenanlagen, von denen eine die Kammwalzen und Schraubstellvorrichtungen, die zweite die Antriebe, die dritte das Stauchgerüst, die vierte die Motoren versorgt, während die fünfte zum Wiedergewinnen verbrauchten Oeles dient. Zwei unterirdische Gänge ziehen sich der Länge nach unter der gesamten Anlage hin; in dem einen sind die Oelleitungen, im andern die Druck- und Kühlwasserleitungen untergebracht. Alle Leitungen sind durch besonderen Farbanstrich gekennzeichnet. Auf gute und gleichmäßige Beleuchtung sowie Entlüftung durch hohe Dächer und Erwärmung der Hallen bei kaltem Wetter durch Heizanlagen wurde besonders geachtet.

H. Fey.

Verbesserung der Gaserzeuger-Ueberwachung.

Die Ueberwachung des Druckgefälles in Gaserzeugern beschränkt sich gewöhnlich auf zwei Druckmessungen: den Winddruck unter dem Rost und den Gasdruck in der Hauptgasleitung. Aus dem Unterschied beider Messungen schließt man (bei gleicher Leistung) auf den Verschlackungszustand des Gaserzeugers. Jedoch erscheinen diese zwei Messungen nicht ausreichend, da das angeführte Druckgefälle sich aus zwei Größen zusammensetzt, nämlich dem Rostwiderstand und dem Widerstand der Brennstoffsäule. Beide Größen sind veränderlich, und zwar der Rostwiderstand durch Verstopfung der Rostspalten und der Widerstand der Brennstoffsäule durch Verschlacken oder durch Zusammenbacken der Entgasungsschicht. Bei den üblichen Messungen ist demzufolge nicht zu erkennen, ob eine Verstopfung der Brennstoffsäule oder eine Verstopfung der Rostspalten vorliegt. Es ist aber möglich, jeden dieser beiden Einflüsse einzeln erkennbar zu machen durch Hinzufügen von einer oder mehreren (über den Umfang verteilten) Druckmeßstellen am unteren Teil des Mantels, etwa in Höhe des Rostes oder auch darunter, am einfachsten am Tauchmantel über dem äußeren Wasserspiegel. Der Druckunterschied zwischen der Meßstelle unter dem Rost und der Meßstelle am Tauchmantel gibt dann den Druckverlust in den Rostspalten an, der Druckunterschied zwischen der Meßstelle am Tauchmantel und der Meßstelle in der Gasleitung gibt den Widerstand der Brennstoffsäule an. Bei Anlagen mit engen Gasleitungen, die zu Verstopfungen, beispielsweise in den Gasaustrittsstützen der Gaserzeuger, neigen, empfiehlt es sich, eine weitere Druckmeßstelle im Gasraum des Gaserzeugers anzubringen etwa in einem Stochloch, in der Kohlenaufgabeöffnung oder im Mantel über der Beschickungssäule. Man erhält dann auch eine klare Trennung des Widerstandes der Brennstoffsäule und des Widerstandes des Gasaustrittsstützens.

Um die einzelnen Druckgefälle augenfällig zu machen und zeitraubende, lästige Vergleiche und Rechnungen zu vermeiden,

empfiehlt es sich, die Druckunterschiede und nicht die einzelnen Drücke zu messen (vgl. Abb. 1).

Es dürfte sich empfehlen, am Tauchmantel nicht nur eine, sondern drei oder vier über den Umfang verteilte Anbohrungen zum Messen des Gas- oder Winddruckes am unteren Ende der Brennstoffsäule anzubringen. Hierdurch kann auch eine einseitige Verstopfung des Rostes oder der Brennstoffsäule erkennbar gemacht werden.

Der vorstehend gebrauchte Ausdruck „Widerstand der Rostspalten“ ist so zu verstehen, daß dieser Widerstand den Widerstand der Aschenschicht in der nächsten Nähe der Rostspalte mit einschließt, in der die Ausbreitung des Windes auf einen größeren Querschnitt erfolgt, da dieser Widerstand mit abhängig ist von der Größe und Anordnung der Rostspalten.

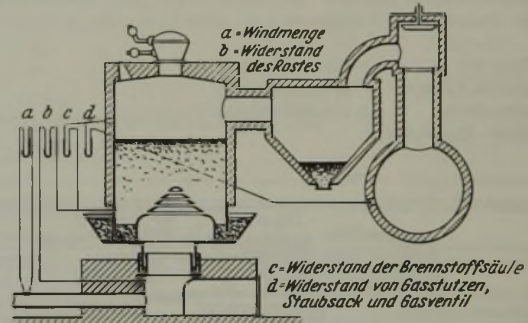


Abbildung 1. Meßanordnung.

Um ein gutes Vergasungsergebnis zu erhalten, ist die Ueberwachung der Leistung jedes einzelnen Gaserzeugers wichtig. Die besten Vergasungsergebnisse werden dann erreicht werden, wenn der Betrieb so geführt wird, daß alle Gaserzeuger gleich hoch belastet sind.

Die Leistungsüberwachung mit Hilfe der Gasmengenmessung ist meistens nicht möglich oder zu ungenau. Die Ueberwachung der Kohlenaufgabe liefert nur über längere Zeit ein zutreffendes Bild. Einen jederzeitigen, verzögerungslosen Aufschluß über die Leistung liefert dagegen die in den Gaserzeuger eingeführte Windmenge. Es empfiehlt sich daher, die Windmenge vor jedem einzelnen Gaserzeuger zu messen. Es ist hierzu nicht einmal der Einbau einer druckvernichtenden Meßblende nötig, sondern der Einbau eines Staurohres, unter Umständen würde auch die Messung des Druckunterschiedes zwischen zwei verschiedenen Punkten der Zuleitung genügen. Die Windmengenmessung ist auch deshalb wichtig, weil sie im Zusammenhang mit den zu Anfang empfohlenen Messungen die Deutung der Vorgänge im Gaserzeuger oder seines Zustandes erleichtert und verbessert.

Wichtig für die Brauchbarkeit der Windmengenmessung ist die Vermeidung von größeren Windverlusten. Es gibt Gaserzeugerbauarten, bei denen die Windleitung senkrecht bis in die Rosthaube geführt worden ist. Bei solchen Gaserzeugern dürften die Windverluste bei guter Ausführung und Instandhaltung sehr gering sein. Es gibt aber auch Gaserzeuger, bei denen die Rosthaube über einer gemauerten Windkammer sitzt, die durch eine mit Lehm verschmierte Tür befahrbar ist. Bei dieser Bauart können erhebliche Windverluste durch Undichtheiten im Mauerwerk und in der Lehmverschmierung der Tür eintreten. Die große Windkammer ist an sich zweckmäßig, da sie eine Reinigung des Rostes von unten her in den Betriebspausen ermöglicht.

Die Möglichkeit von größeren und besonders in nicht zu übersiehender Weise veränderlichen Windverlusten sollte aber vermieden werden. Es ist daher bei Neuanschaffungen zu empfehlen, die Windkammer nicht zu mauern, sondern aus einem Blechzylinder herzustellen und mit einem dicht verschließbaren Mannloch (mit Asbest-Dichtungsring und Anpreßschrauben) zu versehen. Bei vorhandenen Anlagen könnte durch gute Wartung und sorgfältige Abdichtung des Mauerwerks und der Tür der Einfluß der Undichtheiten vielleicht praktisch ausgeschaltet werden.

Bei gewöhnlichem Betrieb und bestimmter Leistung müssen die verschiedenen Druckgefälle (einschließlich des Meßdrucks der Windmenge) eine bestimmte Verhältnisreihe ergeben. Abweichungen von dieser Verhältnisreihe deuten auf Störungen hin. Die Deutung solcher Abweichungen ist zum großen Teil von vornherein auf Grund von theoretischen Ueberlegungen möglich, im übrigen wird die Anwendung dieser ohne Mühe und ohne wesentliche Kosten durchführbaren Messungen und Beobachtungen von selbst Erfahrungsgrundlagen für die Deutung der Abweichungen zeitigen.

Gustav Neumann.

Aus Fachvereinen.

Kieler Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure.

Der Ruf des Vereins deutscher Ingenieure zu seiner 75. Hauptversammlung in den Tagen vom 28. Juni bis 2. Juli 1937 in die Stadt der Kriegsmarine, nach Kiel, hatte lebhaften Widerhall in den Kreisen seiner auf allen Gebieten der Technik tätigen Mitglieder gefunden; waren doch nicht weniger als etwa 2500 Ingenieure aus allen Gauen Deutschlands herbeigeeilt, die sich allerdings auf die verschiedenen Veranstaltungen, neben den Gemeinschaftsveranstaltungen elf Fachgruppentagungen, verteilten.

Eine Ehrenpflicht gegenüber den gefallenen Kameraden der Marine erfüllte der Verein mit einer eindrucksvollen Helden-gedenkfeier am Marine-Ehrenmal in Laboe. Die eigentliche Hauptversammlung unter der Leitung des Vorsitzenden Dr.-Ing. H. Schult brachte nach den Begrüßungen und dem Geschäftsbericht, der besonders die Mitarbeit des Vereins deutscher Ingenieure am Vierjahresplan herausstellte, die Ueberreichung der Ehrungen, die Dr.-Ing. F. Todt vollzog. Es erhielten Dr.-Ing. Alfred Jünger, Augsburg, wegen seiner Arbeiten über die Dauerhaltbarkeit der Schweißverbindungen, Bergrat Dr. Hans Malzacher in Wien als hervorragender Betriebsleiter und Organisator in österreichischen Hüttenwerken und Professor Wilhelm Messerschmidt, Augsburg, wegen seiner Verdienste um die Entwicklung des deutschen Flugzeugbaues den VDI-Ehrenring. Dem General der Artillerie Professor Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. Karl Becker wurde in Anerkennung seiner entscheidenden Verdienste um den hohen Stand der deutschen Waffen die Grashof-Denk-münze verliehen, die höchste Ehrung, die der Verein deutscher Ingenieure zu vergeben hat. In dem anschließenden Festvortrag behandelte Admiral Saalwächter den Einfluß der Technik auf die Seekriegsführung.

An die Gesamtheit der Teilnehmer wandte sich dann noch eine technische Haupttagung. Es sprachen Oberst F. Löb, Berlin, über „Gemeinschaftsarbeit im Rahmen des Vierjahresplanes“, Ministerialrat H. Burckhardt, Berlin, über den „Einfluß des Kriegsschiffbaues auf die Entwicklung der Technik“, ein Vortrag, der wegen seines Eingehens auf Werkstofffragen und Fragen des Schweißens auch die besondere Beachtung des Hüttenmannes verdient, und Dr.-Ing. H. Ude, Berlin, über „Werkstoffforschung als Grundlage der Konstruktion“, wobei den Vortragenden die Problematik der heutigen Werkstoff- und Festigkeitsforschung zu der Forderung führte, die „innere Mechanik“ der Festigkeit zu klären, im übrigen aber Vorsicht walten zu lassen bei der Uebertragung vorläufiger Forschungsergebnisse auf die Konstruktion und sie zunächst nur zu benutzen für Schärfung des konstruktiven Gefühls, nicht aber als Konstruktionsrezepte.

Eine Schau der größten Zusammenhänge, wie es Dr.-Ing. Todt in seiner Ansprache bezeichnete, brachte bezeichnenderweise auch die Jungingenieurtagung. Die Themen: Dr.-Ing. O. Stäbel „Das Leistungsprinzip in der Technik“, Professor Dr. J. von Leers, Berlin, „Der nordische Mensch und die Technik“ und A. Funkenberg, Berlin, „Die Bedeutung des Ostseeraumes für Deutschland“ sprechen für sich.

Auf die Fachsitzungen, und zwar

- Schweißtechnik,
- Schwingungs- und Schalltechnik,
- Konstrukteur und Betrieb,
- Auslandstechnik,
- Korrosionsschutz und Anstrichfragen,
- Gestaltung,
- Technikgeschichte,
- Wehrtechnik und Wehrwirtschaft,
- Schiffsantrieb,
- Rohstofffragen,
- Ingenieur und Volkswirtschaft,

mit insgesamt 50 Vorträgen im einzelnen einzugehen, verbietet der Raum. Sie waren ebenfalls, dem Geiste des Ortes entsprechend, vorwiegend auf das schiffbauliche Gebiet eingestellt. Wir werden in üblichem Rahmen auf einschlägige Veröffentlichungen in der Zeitschriftenschau verweisen. Auf einige Berichte sei schon jetzt die Aufmerksamkeit des Hüttenmannes gelenkt.

Einen bemerkenswerten Ueberblick gab R. Berthold, Berlin, in dem Vortrag: „Neue Möglichkeiten der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung, insbesondere in der Schweißtechnik.“ Für den Neubaugenieur enthält der Vortrag von E. Schulz, Berlin, „Der Werkstoffaufwand in Dampfkraftwerken“ Unterlagen, ebenso die Mitteilungen von Dr.-Ing. H. Lent, Berlin, über „Erfahrungen beim Bau und Betrieb der Benson-Kesselanlage Scholven“.

Zum Abschluß der Tagung wurden eine Reihe von Besichtigungen durchgeführt, die sich lebhafter Teilnahme erfreuten.

Iron and Steel Institute.

(Frühjahrsversammlung am 29. und 30. April 1937 in London. — Fortsetzung von Seite 824.)

A. M. Portevin und René Castro, Paris, beenden mit den vorliegenden Teilen 4 und 5 ihre Arbeit über die

Äußere Form nichtmetallischer Einschlüsse im Stahl¹⁾.

In Teil 4 werden zunächst kennzeichnende Einschlüsse von titan-, zirkon- und vanadinhaltigen Stählen bei Gegenwart von Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, beschrieben. Untersucht wurden Flußstahl und Chrom-Nickel-Ver-gütungsstahl mit Titangehalten bis etwa 1%, nichtrostender Stahl mit 18% Cr und 8% Ni bei Titanzusätzen bis 0,5% und Laboratoriumsschmelzen aus Armcro-Eisen, die mit Silikotitan desoxydiert waren. Ferner kamen Versuchsgüsse aus schwedischem Eisen mit Zirkonzusätzen bis etwa 0,9% und ein zirkonhaltiger korrosionsbeständiger austenitischer Chrom-Nickel-Stahl zur Prüfung. Desgleichen wurden Versuchsgüsse mit Vanad-gehalten bis 4,5% und die Ferrolegierungen der drei Zusatzelemente einbegriffen.

Bei Gegenwart von Titan und Sauerstoff treten oxydische, undurchsichtige, nicht sehr bildsame Einschlüsse auf, die bei Betrachtung mit einem Immersionsobjektiv ziegelrote, bei einem Trockenobjektiv braunviolette Farbe besitzen und im polarisierten Licht anisotrop sind. Sie unterscheiden sich hierdurch von Aluminiumsilikaten, die meistens ebenfalls vorhanden sind, da Ferrotitan merkliche Mengen an Aluminium und Silizium enthält. Im Gußzustand haben die genannten Einschlüsse runde Formen, so daß die Verfasser annehmen, daß Ilmenit ($TiO_2 \cdot FeO$) und nicht Rutil (TiO_2) vorliegt, da Ilmenit einen niedrigeren Schmelzpunkt als Stahl hat. In aluminothermisch hergestelltem Ferrotitan treten dendritische, schwärzliche oder farblose schwach doppelbrechende Einschlüsse auf, die wahrscheinlich der Reihe $TiO_2-Al_2O_3$ angehören. Bei Gegenwart von Schwefel und geringen Titangehalten im Stahl ist lediglich eine feinere Verteilung der Mangansulfide zu beobachten, während das Aussehen gleichbleibt. Mit höheren Titanmengen dagegen tritt ein weniger verformbares, unregelmäßig gestaltetes Sulfid auf, das anisotrop ist und eine schwach rosa Farbe zeigt. Es muß stark titanhaltig sein und wird von 5prozentiger Schwefelsäure nicht, wohl aber von 10prozentiger Chromsäure angegriffen. Ist Stickstoff zugegen, so bilden sich Titanitride (Ti_2N_2) von goldgelber Farbe. Wenn noch dazu Kohlenstoff vorhanden ist, so erscheinen kohlenstoffhaltige Nitride ($Ti_2(C, N)_2$), die rosa gefärbt sind. Da Titanitrid und -karbid eine lückenlose Reihe von Mischkristallen bilden, gehen die Farben allmählich ineinander über. Beide Kristalle sind kubisch, sehr hart und nicht verformbar. Ihre Größe beträgt meistens nur 1 bis 8 μ . Die Titanitride haben gewöhnlich oktaedrische Formen, während die kohlehaltigen Nitride vielfach unregelmäßiger ausgebildet sind. Häufig vorhandene, noch feinere Einschlüsse (0,1 bis 1 μ) könnten Sulfide darstellen. Da das spezifische Gewicht der Nitride über 5 liegt, steigen sie im flüssigen Stahl schlecht auf.

Zirkonoxyeinschlüsse sind bisher nicht beobachtet worden, da Zirkon als Ferrosilikozirkon zugesetzt wird. In dieser Ferrolegierung sind farblose oder grünlichgraue, drei- oder rechteckige doppelbrechende Einschlüsse zu erkennen, die aus Zirkonsilikaten bestehen müssen. Bei hohem Schwefelgehalt treten gelbgraue nicht sehr plastische kristallisierte Sulfide auf, die von alkalischer Natriumpikratlösung angegriffen werden, dagegen nicht von verdünnter Schwefel- oder Salzsäure. Sie sind stark anisotrop und sollen aus reinem Zirkonsulfid bestehen. Bei geringeren Schwefelgehalten liegen zirkonhaltige Mangansulfide vor, die sich vom Mangansulfid wenig unterscheiden. Graublauere Einschlüsse werden nicht für Oxysulfide, sondern für Zirkonkarbid gehalten. Das Zirkon bildet, wie Titan, sehr leicht Nitride, deren Farbe von goldgelb, orangebraun, purpur, violett bis blau schwankt. Es ist anzunehmen, da Zirkonitrid und -karbid feste Lösungen bilden, daß auch hier kohlehaltige Nitride auftreten, welche diese Farbenskala bedingen. Reines Zirkonitrid ist goldgelb und von eckiger Form. Da das spezifische Gewicht der Nitride dem des Eisens etwa gleich ist, werden sie leicht eingeschlossen.

Reines, schlecht polierbares, durchscheinendes und anisotropes Vanadinoxid von schwarzer Farbe scheint in Ferrovanadin vorzukommen. In vanadinhaltigem, umgeschmolzenem Elektrolyteisen treten isotrope Einschlüsse von graubrauner (Immersionsobjektiv) oder violetter (Trockenobjektiv) Farbe auf, die wahrscheinlich aus Vanadinspinell ($V_2O_3 \cdot FeO$) bestehen. Kennzeichnende Sulfide konnten nicht beobachtet werden. Vanadinitrid ist wahrscheinlich rosafarben und sehr hart.

Im allgemeineren Teil 5 wird zur Frage der Erkennung von Einschlüssen folgendes mitgeteilt.

¹⁾ Vgl. J. Iron Steel Inst. 132 (1935) S. 237/80; 134 (1936) S. 213/39; Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 75/76 u. 1391.

Die Aetzverfahren zur Unterscheidung verschiedener Einschlüsse sind bei einiger Uebung nicht immer erforderlich. Sie hängen auch beträchtlich ab von geringen Veränderungen der Zusammensetzung und Größe der Einschlüsse. In Einzelfällen können sie nützlich sein, sind aber nicht immer entscheidend. Mit Hilfe von polarisiertem Licht lassen sich isotrope von anisotropen Körpern unterscheiden, wobei natürlich die Frage nach der Zusammensetzung offen bleibt. Die Verfasser weisen noch auf störende Einflüsse hin, die sich durch das Auftreten elliptisch polarisierten Lichtes einstellen können. Das Erscheinen von „Auslöschungskreuzen“ und Auslöschungen beim Drehen des Objektives ist bei runden oder ovalen durchsichtigen Einschlüssen auch durch Reflexion an der Trennungsschicht Einschluß—Metall möglich. Ueberzeugende Versuche wurden hierbei mit runden und ovalen Glycerintröpfchen auf einer polierten Metalloberfläche ausgeführt. Das wichtigste Erkennungsmerkmal ist die Farbe der Einschlüsse, wobei unterschieden werden muß zwischen durchfallendem Licht (wahre Farbe) bei durchsichtigen und dem meistens vorkommenden reflektierten Licht bei undurchsichtigen Einschlüssen. Bei durchfallendem Licht sind besonders Immersionsobjektive, polarisiertes Licht und streifende Beleuchtung von Vorteil. Im allgemeinen ändert sich diese wahre Farbe nicht mit der Vergrößerung. Bei reflektiertem Licht hingegen hängt die Farbe beträchtlich ab von der Vergrößerung, der Objektivart, den Abmessungen der Einschlüsse und der Oberflächenbeschaffenheit des umgebenden Metalles. Stärkere Vergrößerungen hellen auf, da der Einschluß meist dunkel gegenüber dem Metall erscheint und bei starker Vergrößerung weniger Metalloberfläche betrachtet wird. Trockenobjektive ergeben mehr violettfarbige Bilder als Immersionsobjektive. Kleine harte Einschlüsse sind meistens nicht eben und führen dann zu farbändernden Beugungserscheinungen. Aetzen oder Anlaufenlassen der Metalloberfläche ändert die Farbe der Einschlüsse, da die Lichtgegensätze hierdurch anders werden.

Die Frage: „Was ist ein nichtmetallischer Einschluß?“ ist schwierig eindeutig zu beantworten. Zu beachten sind hierzu die Löslichkeit der Einschlüsse in der metallischen und Schlackenphase, ihre Schädlichkeit und ihre physikalischen Eigenschaften, wie mechanische Festigkeit, Schmiedbarkeit, elektrische Leitfähigkeit, Dichte, metallischer Glanz und Farbe. Unter den oxydischen Arten sind die Silikate ausgesprochen nichtmetallische Einschlüsse, während andere Oxyde schon mehr metallisches Gepräge tragen. Im allgemeinen werden Silikate und Oxyde als schädlich betrachtet. Ebenso gelten Sulfide meist als Verunreinigungen, abgesehen von den Automatenstählen, bei denen sie absichtlich erzeugt werden. Nitride und Karbide haben hauptsächlich metallisches Wesen. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei gegebenem Kation die metallischen Eigenschaften der Verbindungen in folgender Reihe zunehmen: $O_2 \rightarrow S \rightarrow N_2$ und C (P und B). Für ein gegebenes Anion (Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff oder

Kohlenstoff) dürfte folgende Reihe gelten: Alkali-, Erdalkalimetalle Mg und Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. Es ist kaum möglich, eine allgemeine Begriffsbestimmung für alle Einschlüsse in Metallen zu geben. Der Ausdruck „nichtmetallische Einschlüsse“ bringt immer Schwierigkeiten. Man könnte folgende Einteilung vereinbaren.

Einschlüsse: Silikate, Aluminate, Oxyde, Sulfide,
metallische Gefügebestandteile: Nitride, Karbide (Boride
und vielleicht Phosphide).
Paul Schafmeister.

J. E. Hurst, Darlaston, berichtete von einigen Versuchen über den

Einfluß von Silizium, Phosphor und Mangan auf Nitrierguß Eisen,

wobei er auch noch Kohlenstoff und Chrom in den Kreis seiner Betrachtungen zog. Hurst ging von zwei Hauptreihen mit 1,75 % und 2,25 % C aus, von denen er zunächst je drei Chromreihen mit 1,75, 2,25 und 2,75 % Cr im Graphittiegelofen erschmolz, von denen wiederum jede einen zwischen 2 und 5 % veränderten Siliziumgehalt hat. Mangan, Phosphor und Aluminium wurde mit etwa 0,65 % bzw. < 0,1 % bzw. etwa 0,8 % gleich gehalten. Die Verstickung wurde bei 500, 550 und 600° durchgeführt.

Kurz zusammengefaßt kann man sagen, daß keines der Elemente einen nennenswerten Einfluß auf die Härte oder die Härtetiefe ausübt, wenn schon mit steigendem Siliziumgehalt eine geringe Zunahme der Härte auffällt. Von viel wesentlicherem Einfluß ist die Verstickungstemperatur. Die Härte erreicht bei einer Verstickung bei 550° ihren Höchstwert, bei 600° fällt sie stark ab. Die Härtetiefe ist natürlich bei 600° am größten.

In den mechanischen Eigenschaften des geglähten, nicht verstickten Werkstoffes kommt der Einfluß von Kohlenstoff und Silizium klar zum Ausdruck, während Chrom weniger bemerkbar ist. Die Proben mit niedrigem Kohlenstoffgehalt haben die höchste Zugfestigkeit [70 bis 35 kg/mm² Zugfestigkeit an der Ringprobe¹], je nach Siliziumgehalt, während die höhergekohlten tiefer liegen (55 bis 35 kg/mm²). Mit steigendem Siliziumgehalt fällt die Zugfestigkeit in den einzelnen Kohlenstoffreihen im Rahmen der oben angegebenen ungefähren Grenzwerte. Der Elastizitätsmodul wird weniger beeinflusst. Sehr ungünstig wirkt Phosphor auf Härte und Härtetiefe, sobald sein Gehalt 0,2 % übersteigt. Mangan hat auch auf Firth-Härte und Härtetiefe keinen Einfluß, während der Elastizitätsmodul der geglähten Proben um ein wenig steigt.

Man muß demnach für die günstigste Zusammensetzung des Nitriergusses aus den Hurstschen Versuchen den Schluß ziehen, daß man vor allem mit dem Phosphorgehalt nicht zu hoch kommen darf.

Hans Jungbluth.

¹ Vgl. J. E. Hurst: J. Iron Steel Inst. 125 (1932) S. 223/41; Stahl u. Eisen 52 (1932) S. 669.

Patentbericht.

Deutsche Patentanmeldungen.

(Patentblatt Nr. 31 vom 5. August 1937.)

Kl. 7 a, Gr. 1, V 32 614. Verfahren zur Herstellung von Walzerzeugnissen. Vereinigte Stahlwerke, A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 a, Gr. 5/04, Sch 107 798. Fortlaufend arbeitendes Walzwerk für Bänder oder Streifen. Schloemann, A.-G., Düsseldorf.

Kl. 7 a, Gr. 12, K 138 890. Walzenstraße mit mehreren nebeneinander angeordneten Walzgerüsten. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau, und Karl Bruns, Völklingen a. d. Saar.

Kl. 7 a, Gr. 22/02, K 136 907. Schraubenfeder-Reibungskupplung zur Verbindung zweier Wellen, insbesondere für den Antrieb der Schleppwalzen von Schleppwalzwerken. Fried. Krupp Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau.

Kl. 7 b, Gr. 3/50, E 44 557. Anwendung des Verfahrens zur Herstellung nahtloser Rohre, deren Außendurchmesser so groß ist, daß er im einfachen Walzverfahren nicht mehr erreicht werden kann; nach Patent 619 070. Deutsche Röhrenwerke, A.-G., Düsseldorf.

Kl. 12 e, Gr. 5, S 106 654; Zus. z. Pat. 638 700. Verfahren zur elektrischen Reinigung von Gasen u. dgl. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 8/80, S 115 950. Verfahren und Vorrichtung zur Vermeidung von rußartigen Niederschlägen auf mit Oel- oder Fettresten in den Ofen eingebrachtem Glühgut. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 8/90, S 121 214. Vorrichtung an mit Schutzgas betriebenen Durchziehöfen zum Absaugen des austretenden Gases. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 18 c, Gr. 14, G 87 066. Verfahren zur Herstellung von elastischen Maschinenteilen für hohe Temperaturen. Goetzewerk, Friedrich Goetze, A.-G., Burscheid b. Köln.

Kl. 24 k, Gr. 4/01, T 43 453. Zum rekuperativen Austausch von Wärme dienende Trennwand. A. Treplin & Co., Nachf., Kommanditgesellschaft, Düsseldorf.

Kl. 31 a, Gr. 2/40, S 121 460. Vorrichtung zum Heben und Kippen von Hochfrequenzöfen. Siemens & Halske, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 31 c, Gr. 15/03, K 139 346. Vorrichtung zum Ausbessern von Gußstücken auf flüssigem Wege. Dr. Erich Knickmann, Uelzen.

Kl. 31 c, Gr. 18/02, P 73 556. Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Schleudergußkörpern. Georg Pemetzrieder, Berlin-Tempelhof.

Kl. 48 b, Gr. 4, K 121 464. Verfahren zum fortlaufenden Glühen und Ueberziehen von Draht u. a. bandförmigem Werkstoff mit Metallen auf schmelzflüssigem Wege. Westfälische Union, A.-G. für Eisen- und Drahtindustrie, Hamm i. W.

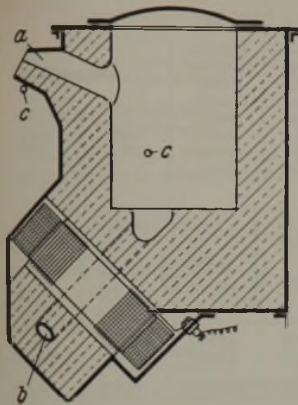
Kl. 58 a, Gr. 6, L 85 073. Schrottpaketierpresse mit horizontal sich bewegendem Preßkolben und einem Aufnahmebehälter für die Schrottpakete. Waldemar Lindemann, Düsseldorf.

Deutsche Gebrauchsmuster-Eintragungen.

(Patentblatt Nr. 31 vom 5. August 1937.)

Kl. 81 e, Nr. 1 412 963. Einrichtung zur stapelweisen Aufbringung von zu beizenden Platinen, Sturzen, Bleichen oder sonstigem Beizgut auf die Transportvorrichtung. Hüttenwerke Siegerland, A.-G., Siegen i. W.

Deutsche Reichspatente.



Kl. 21 h, Gr. 18₀₁, Nr. 642 556, vom 31. März 1935; ausgegeben am 8. März 1937. Siemens & Halske, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. Induktionsofen mit Schmelzrinne.

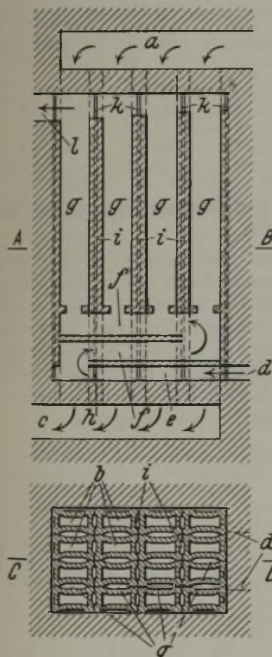
Die Ausgußrinne a und die Schmelzrinne b liegen übereinander auf derselben Ofenseite; beim Entleeren wird der Ofen um die in seinem Schwerpunkt oder um eine unterhalb der Ausgußschauze angeordnete Achse c gekippt.

Kl. 31 c, Gr. 18₀₂, Nr. 642 652, vom 29. Mai 1935; ausgegeben am 11. März 1937. Zusatz zum Zusatzpatent 641 241 [vgl. Stahl u. Eisen 57 (1937) S. 588]. Hundt & Weber, G. m. b. H., in Geisweid (Kr. Siegen). Verfahren und Vorrichtung zur Massenerstellung von Schleudergußkörpern.

Die Formen werden erst dann gefüllt, nachdem das Gießgut annähernd die Drehzahl der Gußformen erreicht hat. Die Gießgeschwindigkeit wird entsprechend dem Querschnitt der die Formen speisenden Düsen so gewählt, daß das Gießgut im Ringkanal vorgebeschleudert und entgast wird.

Kl. 24 c, Gr. 5₀₂, Nr. 642 727, vom 17. Dezember 1933; ausgegeben am 13. März 1937. Fritz Bender in Geisweid (Kr. Siegen). Gegenstromrekuperator.

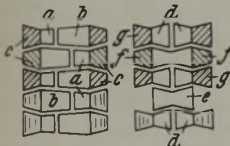
Schnitt C-D



Schnitt A-B

Die durch den Kanal a eingelassenen Heizgase streichen in den Heizkanälen b, deren Querschnitt im wesentlichen rechteckig ausgebildet ist, abwärts, um dann durch die Kanäle c zu entweichen. Die zu erhitzen, durch die Öffnung d eintretende Luft gelangt von den Kanälen e teilweise in die Querkäle f, die sie mit großer Geschwindigkeit durchstreicht, und dann in die Hauptluftkanäle g, während der andere Teil der Luft durch die Öffnungen h hindurch in die Nebenluftkanäle i gelangt. Die Luft wird in den Kanälen i und g im Gegenstrom zu den Abgasen geführt, und nach der Mischung der verschiedenen Luftströme in den Sammelkanälen k wird die erhitzte Luft durch die Öffnung l hindurch abgeleitet. Die Nebenluftkanäle i sind enger gehalten als die Hauptluftkanäle g, um an allen Seiten der Heizgaskanäle ein gleiches Verhältnis zwischen dem Luftkanalquerschnitt und dem Wärmeübergang vom Heizgas an die zugehörige Trennwandfläche zu erhalten.

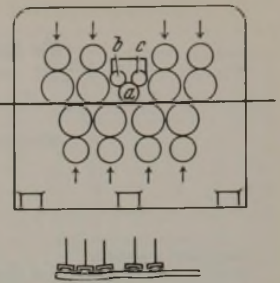
Kl. 10 a, Gr. 13, Nr. 642 781, vom 17. November 1933; ausgegeben am 15. März 1937. Dipl.-Ing. Theodor Kretz und Eduard Kuhl in Essen a. d. Ruhr. Heizwand für Koksöfen.



Die die Wand bildenden Steine a, b, c, d, e, f, g werden durch entsprechende Schrägstellung ihrer gegenseitigen Berührungflächen in einem allseitigen Keilverband so angeordnet, daß der Druck auf den einzelnen Stein in Richtung senkrecht zur Heizwandfläche auf die angrenzenden Steine übertragen wird.

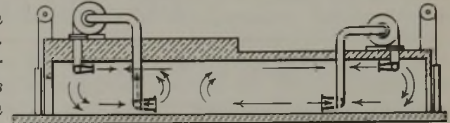
Kl. 7 c, Gr. 1, Nr. 642 790, vom 11. Mai 1935; ausgegeben am 18. März 1937. Maschinenbau.-A.-G., vorm. Ehrhardt & Sehmer, in Saarbrücken. Blechrichtmaschine für starkwandige Bleche.

Die Maschine hat einen Satz oberer und einen dazu versetzten Satz unterer dicker Walzen, die alle durch Stützrollen unterstützt werden. Zwischen den dicken Oberwalzen wird eine dünne Richtwalze a angeordnet, die durch eine größere Zahl über ihre Länge verteilter kurzer Stützrollen oder Stützrollenpaare b, c unterstützt wird. Diese können z. B. durch Schraubenge triebe verschieden stark gegen die dünne Richtwalze bewegt werden, um sie an das Blech örtlich anzudrücken.



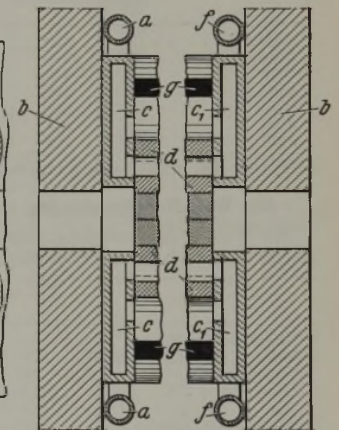
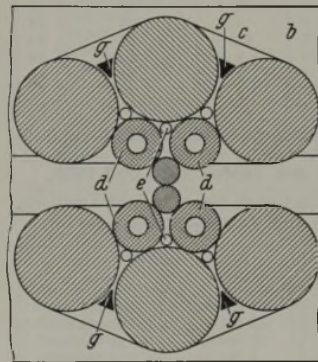
Kl. 18 c, Gr. 11₁₀, Nr. 643 013, vom 23. Juli 1935; ausgegeben am 22. März 1937. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., in Berlin-Siemensstadt. (Erfinder: Karl Tamele in Berlin-Schmargendorf.)

Verfahren, um im Ofenraum elektrisch beheizter Oefen, besonders Tunnelöfen zum ununterbrochenen Blankglühen von Eisen- und Stahlblechen, Konvektionsströmungen zum Stillstand zu bringen.



Gas von der Zusammensetzung der Ofenatmosphäre wird in der Längsrichtung des Ofenraumes entgegengesetzt zur Richtung der dort auftretenden Konvektionsströmungen eingeletet.

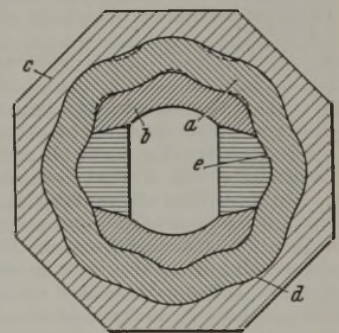
Kl. 7 a, Gr. 18, Nr. 643 070, vom 24. August 1934; ausgegeben am 24. März 1937. Heraeus-Vacuumschmelze, A.-G., in Hanau am Main. Vorrichtung zur Wärmeabfuhr an Mehrrollenwalzwerken.



Bei a wird in die hohle zwischen Einbaustück b und den Stirnflächen der Walzen angeordnete Metallplatte c Kuhlöl eingepumpt, das durch Austrittsöffnungen aus der Platte nach dem Innern der Walzen d sowie nach den zwischen diesen befindlichen Hohlräumen e fließen und durch die hohle Metallplatte c₁ bei f austreten kann. Dichtungstreifen g verhindern das Herausfließen des Kuhlöls zwischen den äußeren Stützwalzen.

Kl. 7 a, Gr. 14₀₂, Nr. 643 154, vom 17. Januar 1934; ausgegeben am 30. März 1937. Heinrich Lemcke in Düsseldorf-Oberkassel. Gegossenes hohles Ausgangswerkstück aus schmiedbarem Metall zur Herstellung von gewalzten oder gezogenen Rohren.

Der Hohlkörper a wird gebildet zwischen dem Kern b und der Gießform c. Besonders für Rohre aus Eisen oder Stahl sind die Außenwand d und die Innenwand e des im wesentlichen zylindrischen Hohlkörpers a fortlaufend in gleichmäßiger Zuge gewellt; Wellenberge und -täler der einen und der anderen Wand stehen einander gegenüber, daß eine tunlich gleichmäßige Wandstärke erzielt wird.



Statistisches.

Die Roheisenerzeugung des Deutschen Reiches im Juli 1937¹⁾. — In Tonnen zu 1000 kg.

Bezirke	Hämatit-eisen	Gießerei-Roheisen	Bessemer-Roheisen (saurer Verfahren)	Thomas-Roheisen (basisches Verfahren)	Stahleisen, Spiegel-eisen, Ferro-mangan und Ferro-silizium	Puddel-Roheisen (ohne Spiegel-eisen) und sonstiges Eisen	Insgesamt								
							Juli 1937	Juni 1937							
Juli 1937: 31 Arbeitstage, Juni 1937: 30 Arbeitstage															
Rheinland-Westfalen	35 890	55 008	—	628 620	230 159	21 792	28 005	943 598	908 336						
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen								49 039	44 659						
Schlesien								16 418	40 534	—	90 424	30 876	28 005	147 675	144 446
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland														25 407	25 068
Süddeutschland														179 762	181 734
Saarland	—	—	—	167 755	—	—	—	—							
Insgesamt: Juli 1937	52 308	95 542	—	886 799	282 827	28 005	1 345 481	—							
Insgesamt: Juni 1937	75 090	77 324	—	871 446	255 375	25 008	—	1 304 243							
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung								43 403	43 475						
Januar bis Juli 1937: 212 Arbeitstage, 1936: 213 Arbeitstage															
Rheinland-Westfalen	304 078	334 089	—	4 310 631	1 453 955	133 429	157 279	6 372 312	6 188 804						
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen								296 828	251 852						
Schlesien								140 157	241 826	—	607 731	243 347	157 279	966 243	839 810
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland														181 931	177 070
Süddeutschland														1 238 490	1 237 686
Saarland	—	—	—	1 129 282	—	—	—	—							
Insgesamt: Januar/Juli 1937	444 235	575 915	—	6 047 644	1 830 731	157 279	9 055 804	—							
Insgesamt: Januar/Juli 1936	436 347	577 247	—	5 845 670	1 707 582	128 376	—	8 695 222							
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung								42 716	40 823						

¹⁾ Nach den Ermittlungen der Wirtschaftsgruppe Eisen schaffende Industrie.

Stand der Hochöfen im Deutschen Reich¹⁾.

Am Monatsletzten	Hochöfen					
	vorhandene	in Betrieb befindliche	ge-dämpfte	zum Anblasen fertig-stehende	in Ausbesserung oder Neuzustellung befindliche	still-liegende
Januar 1937	176	115	7	8	21	25
Februar	176	115	6	8	25	22
März	176	113	7	10	24	22
April	175	115	6	9	23	22
Mai	174	114	6	11	22	21
Juni	174	118	6	11	22	17
Juli	174	119	4	12	22	17

¹⁾ Nach den Ermittlungen der Wirtschaftsgruppe Eisen schaffende Industrie.

Die Welt-Rohölgewinnung in den Jahren 1935 und 1936.

Die Welt-Rohölförderung, getrennt nach den einzelnen Ländern, stellte sich nach den jetzt vorliegenden Angaben¹⁾ wie folgt:

	1935 metr. t	1936 metr. t
Vereinigte Staaten	135 334 000	149 289 000
Rußland (einschl. Sachalin)	25 191 800	27 415 800
Venezuela	21 990 373	22 938 794
Rumänien	8 394 000	8 701 444
Iran	7 607 400	8 329 289
Niederländisch-Indien	6 060 795	6 386 926
Mexiko	5 871 175	5 943 000
Irak	3 728 681	4 070 080
Kolumbien	2 516 300	2 677 000
Peru	2 265 000	2 323 000
Argentinien	2 031 001	2 211 000
Trinidad	1 695 000	1 922 000
Britisch-Indien und Burma	1 222 323	1 366 267
Britisch-Borneo	729 122	703 341
Bahrein	174 000	639 000
Polen	515 000	510 630
Deutsches Reich	429 663	444 640
Japan einschl. Taiwan	297 866	341 400
Ekuador	245 309	268 300
Kanada	192 961	200 600
Aegypten	173 938	177 491
Frankreich	80 392	76 000
Uebrige Länder	73 000	80 000
Insgesamt	226 819 099	247 015 002

Aus diesen Zahlen geht zunächst hervor, daß sich im verflossenen Jahre die Vereinigten Staaten wiederum an der Spitze standen. Um mehr als 10% stieg die Gewinnung dieses Landes an, und obwohl fast alle Gewinnungsstätten höhere Zahlen ausweisen als im Vorjahr, hat — wenn man die Groß-erzeuger berücksichtigt — sonst nirgends die Zunahme einen derartigen Umfang angenommen. Die Gewinnungssteigerung, die nahezu überall auf der Welt zu verzeichnen war, ohne daß sich irgendwo auffällige Anzeichen vorzeitiger Erschöpfung bemerkbar gemacht hätten, dürfte wohl darauf hinweisen, daß die Vorräte in den meisten Gewinnungsländern noch auf lange Zeit ausreichen werden, den Bedarf an Erdölzeugnissen zu befriedigen.

¹⁾ Königliche Niederländische Gesellschaft zur Ausbeutung von Petroleumquellen in Niederländisch-Indien. Bericht über das Jahr 1936, S. 13/14.

Belgiens Bergwerks- und Eisenindustrie im Juni 1937.

	Mai 1937	Juni 1937
Kohlenförderung t	2 298 110	2 511 660
Kokserzeugung t	485 010	489 750
Brikettherstellung t	136 430	155 080
Hochöfen in Betrieb Ende des Monats	48	48
Erzeugung an:		
Roheisen t	336 288	341 450
Flußstahl t	322 025	340 531
Stahlguß t	7 526	8 107
Fertigerzeugnissen t	233 492	260 018
Schweißstahl-Fertigerzeugnissen t	2 720	3 210

Frankreichs Roheisen-, Flußstahl- und Walzwerkserzeugung im Jahre 1936.

Nach Ermittlungen des Comité des Forges de France¹⁾ wurden im Jahre 1936 in Frankreich 6 229 762 t Roheisen erzeugt; gegenüber dem Jahre 1935 mit 5 789 177 t war somit eine Zunahme um 7,6% zu verzeichnen. Von der Roheisenerzeugung entfielen 6 171 874 t = 99,1% auf den Kokshochöfen und 57 888 t = 0,9% auf den Elektroöfen. Die vorhandenen Hochöfen und Elektroöfen sind in *Zahlentafel 1*, die Roheisenerzeugung nach Bezirken in *Zahlentafel 2* wiedergegeben.

Zahlentafel 1. Zahl der Hochöfen und Elektroöfen.

Bezirk	In Betrieb		Am 31. Dezember 1936				
	am 31. Dezember		ge-dämpft oder in Ausbesserung	zum Anblasen fertig-stehend	im Bau	außer Betrieb	ins-gesamt
	1935	1936					
Hochöfen:							
Ostfrankreich	37	38	30	18	4	11	88
Elsaß-Lothringen	25	27	23	7			64
Nordfrankreich	11	10	6	4			21
Mittelfrankreich	2	2	3	—			7
Südwestfrankreich	2	3	8	6			20
Südostfrankreich	1	1	1	1	3		
Westfrankreich	3	3	1	4	8		
Insgesamt	81	84	72	40	4	11	211
Elektroöfen	60	44	13	67	1	—	125

Zahlentafel 2. Die Roheisenerzeugung nach Bezirken.

Bezirk	1935 t	1936 t	Anteil der Bezirke an der Gesamterzeugung	
			1935 %	1936 %
Ostfrankreich	2 495 254	2 569 383	43,1	41,2
Elsaß-Lothringen	2 100 159	2 317 574	36,2	37,2
Nordfrankreich	652 923	841 129	11,2	13,5
Mittelfrankreich	74 831	51 983	1,3	0,8
Südwestfrankreich	61 327	52 420	1,1	0,9
Südostfrankreich	83 174	90 758	1,5	1,5
Westfrankreich	321 509	306 515	5,6	4,9
Insgesamt	5 789 177	6 229 762	100,0	100,0

¹⁾ Bull. Nr. 4342 (1937).

Auf die einzelnen Sorten verteilte sich die Roheisenerzeugung wie folgt:

	1935 t	1936 t
Phosphorreiches Roheisen (mehr als 1% P) insgesamt	5 246 825	5 682 754
Davon: Thomasroheisen	4 738 619	5 184 586
Gießereiroheisen	508 063	497 722
O. M.	143	446
Phosphorarmes Roheisen (über 0,12% P bis 1% P) insgesamt	60 998	60 373
Davon: Stahlisen	34 900	32 504
Gießereiroheisen	26 098	27 869
Hämatit insgesamt	305 235	327 463
Davon: für die Stahlbereitung	151 515	192 912
für Gießereizwecke	153 720	134 551
Sonderroheisen insgesamt	176 119	159 172
Davon: Spiegeleisen	81 737	67 705
Ferromangan	55 968	46 363
Ferrosilizium	19 738	20 764
Andere Eisenlegierungen	18 676	24 340

Zur Roheisenerzeugung wurden verwendet insgesamt 17 627 465 (1935: 16 373 016) t Eisenerze. Davon stammten aus dem Inlande 17 354 557 (15 953 580) t, aus den französischen Kolonien 49 094 (19 574) t und aus dem Auslande 324 814 (399 862) t. Verbraucht wurden ferner 338 632 (352 576) t Manganerze, 507 745 (444 219) t Schrott, 754 344 (711 785) t Schlacken, Abbrände und Gichtstaub sowie 526 465 (521 800) t Zuschläge (Kalk und Phosphate).

Die gesamte Flußstahlerzeugung betrug während des Berichtsjahres 6 708 095 (1935: 6 276 776) t, darunter 6 568 445 (6 124 457) t Stahlblöcke und 139 650 (152 319) t Stahlguß. Gegenüber dem Vorjahre bedeutet das eine Zunahme um 6,7 (1,7) %. Ueber die Erzeugung in den einzelnen Bezirken und getrennt nach Sorten unterrichten die *Zahlentafeln 3 und 4*. Die Zahl der am 31. Dezember 1935 und 1936 in Betrieb befindlichen Oefen ist aus *Zahlentafel 5* ersichtlich.

Zahlentafel 3. Die Flußstahlerzeugung nach Bezirken.

Bezirk	1935		Anteil d. Bezirks an der Gesamt-erzeug. %	1936		Anteil d. Bezirks an der Gesamt-erzeug. %
	Stahlblöcke t	Stahlguß t		Stahlblöcke t	Stahlguß t	
Ostfrankreich	2 289 430	22 112	36,9	2 366 465	21 804	35,6
Elsaß-Lothringen	1 959 508	12 859	31,4	2 194 461	13 867	32,8
Nordfrankreich	1 058 145	81 934	18,2	1 179 694	69 098	18,7
Mittelfrankreich	334 068	22 445	5,6	345 112	21 497	5,5
Südwestfrankreich	31 864	2 033	0,5	32 297	2 505	0,5
Südostfrankreich	74 163	4 536	1,3	62 707	5 129	1,0
Westfrankreich	377 279	6 400	6,1	387 709	5 750	5,9
Zusammen	6 124 457	152 319	100,0	6 568 445	139 650	100,0
%	97,6	2,4	—	97,9	2,1	—

Zahlentafel 4. Die Flußstahlerzeugung (Stahlblöcke und Stahlguß zusammen) nach Sorten.

	1935		1936	
	t	%	t	%
Thomasstahl	4 004 248	63,8	4 386 782	65,4
Siemens-Martin-Stahl	1 966 190	31,3	1 966 965	29,8
Pfektroststahl	246 411	3,9	272 382	4,1
Bessemerstahl	46 218	0,8	40 471	0,6
Tiegelstahl	13 709	0,2	11 495	0,1
Zusammen	6 276 776	100,0	6 708 095	100,0

Zahlentafel 5. In Betrieb befindliche Oefen.

Bezirk	Bessemerbirnen		Thomasbirnen		Siemens-Martin-Oefen ¹⁾		Tiegelöfen		Elektroöfen	
	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936	1935	1936
Ostfrankreich	15	14	40	40	21	21	—	—	6	7
Elsaß-Lothringen	1	2	28	28	9	11	—	—	1	1
Nordfrankreich	30	25	10	10	25	29	—	—	16	14
Mittelfrankreich	4	4	—	—	12	12	16	18	18	18
Südwestfrankreich	3	3	—	—	1	1	—	—	5	7
Südostfrankreich	—	—	—	—	1	1	1	1	11	12
Westfrankreich	3	2	1	1	8	8	—	—	1	1
Zusammen	56	50	79	79	77	83	17	19	58	60

¹⁾ Darunter 77 (1935: 74) basische und 6 (3) saure Siemens-Martin-Oefen.

Der Flußstahlerzeugung dienten 5 530 623 (5 047 541) t Roh-eisen, 2 102 605 (2 035 872) t Schrott, 22 632 (21 296) t Eisenerze, 1405 (742) t Manganerze, 727 659 (654 571) t Kalk, 35 054 (37 132) t Kalkstein und 12 544 (11 164) t Flußspat.

Die Lieferungen an Halbzeug, zum Absatz bestimmt (vorgewalzte Blöcke, Knüppel, Platinen usw.), stieg von 987 187 t im Jahre 1935 auf 1 285 055 t im Berichtsjahre. Davon wurden 963 392 (675 558) t = 74,9 (68,4) % an inländische Verbraucher geliefert, während 321 663 (311 629) t = 25,1 (31,6) % ausgeführt wurden. Von dem Halbzeug waren 947 443 (718 352) t aus Thomasstahl, 286 216 (225 297) t aus Siemens-Martin-Stahl, 21 997 (18 418) t aus Tiegel- und Elektro Stahl sowie 29 399 (25 120) t aus Sonderstählen.

An Fertigerzeugnissen wurden 4 683 196 t hergestellt gegen 4 339 177 t im Jahre 1935. Davon entfielen auf:

	1935	1936
Stabstahl	1 246 390	1 470 145
Sonderstabstahl	153 836	142 189
Träger und Formstahl	447 893	476 459
Schienen	316 599	280 564
Schwellen, Laschen, Unterlagsplatten	118 726	90 805
Radreifen und Achsen	55 204	42 281
Bandstahl	162 142	176 903
Röhrenstreifen	49 650	43 891
Bleche	866 922	962 245
Universalstahl	44 866	31 728
Weißblech	106 911	122 410
Gezogener Draht	141 249	175 176
Röhren	177 973	183 747
Schmiedestücke	46 003	40 673
Walzdraht	314 753	354 325
Sonstige Erzeugnisse	72 060	231 844

Ueber die Herstellung von Fertigerzeugnissen in den einzelnen Bezirken unterrichtet *Zahlentafel 6*.

Zahlentafel 6. Die Herstellung von Fertigerzeugnissen nach Bezirken.

Bezirk	1935		1936	
	t	%	t	%
Ostfrankreich	1 416 504	32,7	1 483 376	31,7
Elsaß-Lothringen	1 171 565	27,0	1 250 677	26,7
Nordfrankreich	1 108 398	25,5	1 241 343	26,5
Mittelfrankreich	254 037	5,8	269 890	5,8
Südwestfrankreich	42 320	1,0	53 721	1,1
Südostfrankreich	77 869	1,8	77 961	1,7
Westfrankreich	268 484	6,2	306 228	6,5
Zusammen	4 339 177	100,0	4 683 196	100,0

Am 31. Dezember 1936 beschäftigte die französische Eisenindustrie insgesamt 209 749 (1935: 198 013) Personen.

Wirtschaftliche Rundschau.

Der französische Eisenmarkt im Juli 1937.

Trotz der Unsicherheit, die auch weiterhin auf der gesamten französischen Wirtschaft lastete, hatte man zu Anfang Juli den Eindruck, daß sich die mißliche Lage des Eisenmarktes nicht verstärkte. Die Werke hatten ihre Erzeugung auf ein Höchstmaß gesteigert, wodurch ein großer Fortschritt in der Abkürzung der Lieferfristen erzielt werden konnte. Wenn diese auch im allgemeinen unverändert zehn Wochen betragen, gingen sie andererseits in bestimmten Gegenden nicht über sechs Wochen hinaus. Besonders beunruhigte die industriellen Kreise der Rückgang der Geschäftstätigkeit im Inlande, den man seit Anfang des Jahres nach vorsichtigen Schätzungen auf 25 % bemißt. Demgegenüber blieb die Erzeugung größer als im Jahre 1936. Man rechnete damit, daß die Werke binnen kurzem neue Preise fordern würden, um die seit dem 1. April vorgenommenen Preissteigerungen, insbesondere für Koks und Erze, auszugleichen. Wenn eine Entscheidung in der ersten Julihälfte nicht fiel, so hängt das damit zusammen, daß die Preisstopverordnung vom 2. Juli für einige Tage hinausgeschoben wurde, um den Einfluß der Frachtkostenenerhöhung, der Roh-

stoffenerneuerung und der neuen Steuerbelastungen auf die Geste-hungskosten festzustellen. Inzwischen hatten die französischen Eisen- und Stahlverbände mit Rücksicht auf die erwähnte Zunahme der Geste-hungskosten Anträge auf Preiserhöhungen gestellt und einstweilen um die Ermächtigung gebeten, vorläufig geringere Preiserhöhungen sofort durchführen zu dürfen. Der nationale Preisüberwachungsausschuß hat diesen Anträgen der Verbände zugestimmt. Ende Juli traten daher für die vom Comptoir Siderurgique überwachten Erzeugnisse folgende Preiserhöhungen in Kraft, die etwas hinter den Anträgen zurückbleiben (Preise ab Werk einschließlich 6 % Erzeugungssteuer): Für vorgewalzte Blöcke und Brammen 65 Fr, für Knüppel 70 Fr, für Platinen 70 Fr, für Träger 75 Fr, für Stabstahl 75 Fr, für Bandstahl 80 Fr, für Röhrenstreifen 80 Fr, für Walzdraht 85 Fr, für Grob- und Mittelbleche 90 Fr, für Universalstahl 85 Fr, für Feinbleche 100 Fr, Rundstahl für Röhren 80 Fr, für kaltgewalzten Bandstahl 115 Fr. Für sonstige Erzeugnisse gelten folgende Aufschläge: Für phosphorreiches Gießereiroheisen 20 Fr, für verzinkte Bleche 140 Fr, für blankgezogenen Draht 85 Fr, für verzinkten Draht 110 Fr, für Hämatitroheisen 55 Fr. Diese Preise gelten ab

Werk ausschließlich Erzeugungssteuer; nur Hämatitroheisen und Spiegeleisen werden frei Verbraucherwerk und ausschließlich Erzeugungssteuer verkauft. Es sei aber nochmals betont, daß die Preiserhöhungen der tatsächlichen Zunahme der Gesteungskosten nur unvollständig Rechnung tragen.

In den letzten Monatstagen gingen Aufträge nicht mehr in dem alten Umfang ein. Die Erzeugung blieb jedoch beachtlich dank den großen Bestellungen, welche die Werke vorliegen haben. Der Rückgang in der Beschäftigung der weiterverarbeitenden Industrie läßt jedoch eine gewisse Abschwächung des Inlandsmarktes in den nächsten Wochen vorhersehen. Die Lieferfristen blieben im allgemeinen unverändert. Während sich die Geschäftsabschlüsse in Thomasgüte am Monatsende verminderten, rechnete man mit großen Aufträgen in Siemens-Martin-Güte infolge der Bewilligung neuer Kredite für die nationale Verteidigung.

Die Roheisenerzeugung war während des Berichtsmonats unverändert hoch, wogegen der Absatz offensichtlich nachließ. Besonders gilt dies für Gießereiroheisen. Trotz den zu erwartenden Preissteigerungen hielten sich die Gießereien stark zurück, die sowieso infolge der bevorstehenden Erhöhung der Versandkosten und der Unbestimmtheit der immer noch ziemlich langen Lieferfristen unter schwierigen Verhältnissen arbeiteten. Gegenwärtig befinden sich weder der Schiffbau noch die Betriebe für rollendes Eisenbahnzeug und der Baumarkt in besonders günstiger Verfassung. Das Ausführungsgeschäft blieb dagegen aussichtsreicher. Im Verlauf der zweiten Monatshälfte war der Geschäftsrückgang in Roheisen im Vergleich zum Jahresanfang beträchtlich. Dies gilt besonders für phosphorreiches Gießereiroheisen, wogegen die starke Erzeugung der Stahlwerke einen guten Absatz in Hämatitroheisen sicherte. In den letzten Monatstagen wurden in Erwartung der Entscheidung des Preisüberwachungsausschusses Verkäufe ohne Angabe von Preisen getätigt. Die Werke bemühten sich ernstlich, die Ausfuhr zu steigern. Nachstehend sind die Grundpreise in Fr je t frei Verbraucherwerk angegeben:

Bezirk	Hämatit		Spiegeleisen
	für Stahlzeugung	für Gießerei	
Osten	715	715	825
Norden	715	715	830
Westen	745	745	860
Mittelfrankreich	725	725	840
Südwesten	730	730	845
Südosten	735	735	850
Pariser Bezirk	715	715	830

Die Verhältnisse auf dem Halbzeugmarkt erwiesen sich noch als zufriedenstellend. Die Werke bemühten sich kaum um Aufträge. Späterhin trat lediglich im Inlande eine geringe Abschwächung ein, die jedoch nicht derart war, daß sie das Aussehen des Marktes ungünstig beeinflusst hätte. Im letzten Monatsdrittel war dann der Geschäftsgang wegen der bevorstehenden Entscheidung des Preisüberwachungsausschusses recht schleppend. Die Grundpreise lauteten wie folgt:

	Inland ¹⁾ : Zum Walzen		Zum Schmieden	
	Thomasgüte	Siemens-Martin-Güte	Thomasgüte	Siemens-Martin-Güte
Rohblöcke	575	700	640	775
Vorgewalzte Blöcke	610	735	675	810
Brammen	615	740	680	815
Knüppel	655	780	720	855
Platinen	685	810	750	885

	Ausfuhr ¹⁾ : Goldpfund	
		Goldpfund
Vorgewalzte Blöcke, 140 mm und mehr	5.5.6	Platinen, 20 lbs und mehr . . . 5.8.6
2½- bis 4zöllige Knüppel	5.7.6	Platinen, Durchschnittsgewicht von 15 lbs . . . 5.10.-

Sonderstahl wurde weiterhin stark gefragt. Die Lieferfristen für Walzzeug betrug Anfang Juli etwa zwei Monate. In den ersten Monatstagen auftretende Befürchtungen wegen einer Abschwächung des Inlandsmarktes bewahrheiteten sich nicht, wenigstens nicht in dem angenommenen Umfang. Das Ausführungsgeschäft besserte sich sichtlich, und die Aussichten blieben gut. Die Verkäufe nach dem Osten nahmen offensichtlich erheblich zu. Im Verlauf des Monats fand eine Ueberprüfung der Preise statt, doch zögerte sich das Inkrafttreten der neuen Preise noch hinaus. Auch die Weiterverarbeiter verhielten sich abwartend, da sie ihrerseits keine Preise festsetzen konnten, bevor sie nicht die neuen Bedingungen ihrer Lieferer kennen gelernt hatten. Andererseits beeinflusste die Ferienzeit den Geschäftsgang im Inlande. Ende Juli wurde die Ruhe auf dem inneren Markt noch betonter. Die Aufträge aus dem Auslande blieben gut, wenn sie auch etwas nachließen. Es kosteten in Fr oder £ je t:

Inland ¹⁾ :	
Betonstahl	885
Röhrenstreifen	907,50
Große Winkel	885
Träger, Normalprofile	860
Handelstabstahl	885
Bandstahl	1000

1) Die Inlandspreise verstehen sich ab Werk Osten, die Ausfuhrpreise fob Antwerpen für die Tonne zu 4016 kg.

	Ausfuhr ¹⁾ : Goldpfund	Goldpfund
Winkel, Grundpreis	5.8.-	Betonstahl 6.-
Träger, Normalprofile	5.7.6	

Auf dem Blechmarkt trat in der ersten Monatshälfte eine ziemlich erhebliche Abschwächung ein. Die Lieferfristen gingen stark zurück, die Preise behaupteten sich aber gut. Man rechnete sogar mit Preisberichtigungen nach oben infolge der fortgesetzten Zunahme der Gesteungskosten. Das Anziehen der Zinkpreise in Fr befestigte den Markt für verzinkte Bleche. In den letzten Julitagen belebte sich das Ausführungsgeschäft wieder; der Inlandsmarkt blieb ruhig. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland ¹⁾ :			
Grobbleche, 5 mm und mehr:		Feinbleche:	
Weiche Thomasbleche	1105	Grundpreis ab Werk Osten:	
Weiche Siemens-Martin-Bleche	1275	Weiche Thomasbleche	1500
Weiche Kesselbleche, Siemens-Martin-Güte 1385—1455		Weiche S.-M.-Bleche	1670
Mittelbleche, 2 bis 4,99 mm:		Durchschnittspreise:	
Thomasbleche:		1,75 bis 1,99 mm	1550
4 bis unter 5 mm	1105	1 mm	1625
3 bis unter 4 mm (ab Osten)	1255	0,5 mm	2030
		Universalstahl, Thomasgüte, Grundpreis	980
		Universalstahl, Siemens-Martin-Güte, Grundpreis	1150

Ausfuhr ¹⁾ :			
Bleche:	Goldpfund	Bleche:	Goldpfund
9,5 mm und mehr	7.2.6	3,2 mm bis unter 4,0 mm	8.7.6
7,9 mm bis unter 9,5 mm	7.4.-	Riffelbleche	
6,3 mm bis unter 7,9 mm	7.7.-	9,5 mm und mehr	7.9.-
4,7 mm bis unter 6,3 mm	7.13.-	Universalstahl	7.1.-
4,0 mm bis unter 4,7 mm	8.0.6		

Der Markt für Draht und Drahterzeugnisse blieb zufriedenstellend. Der Auftragsbestand sicherte den Werken regelmäßige Beschäftigung. In der zweiten Monatshälfte nahmen sie größtenteils keine Bestellungen mehr an in der Erwartung, daß sie demnächst ihre Grundpreise erhöhen dürften. Es kosteten in Fr je t:

Blanker Draht	1360	Verzinkter Draht	1720
Angelassener Draht	1460	Stacheldraht	1625

Der Schrottmarkt zeigte sich insgesamt während der Berichtszeit ziemlich schwach, doch behaupteten sich die Preise im allgemeinen. Das Abkommen zwischen Schrottverbrauchern und -händlern, das den Werken die erforderlichen Schrottmengen zu annehmbaren Preisen sichert, wurde für das dritte Vierteljahr 1937 erneuert.

Der belgische Eisenmarkt im Juli 1937.

Die Marktlage war zu Monatsanfang unverändert günstig. Der Ende Juni festzustellende Rückgang neuer Aufträge ermöglichte es den Werken, die Bestellungen etwas schneller zu erledigen. Im ersten Monatsdrittel schenkte die Kundschaft den Geschäften größere Aufmerksamkeit, wobei namentlich die Nachfrage aus Norwegen, Portugal, der Türkei, den Vereinigten Staaten von Nordamerika und der Südafrikanischen Union sehr bemerkenswert war. Die Frage der Lieferfristen spielte natürlich bei den Abschlüssen eine große Rolle. Im übrigen waren sich die Verbraucher klar darüber, daß sie nicht mit niedrigeren Preisen rechnen könnten. Die Gesteungskosten nahmen fortgesetzt zu. Nach dem Anziehen der Koks- und Erzpreise sowie der Löhne befürchteten die industriellen Kreise eine neue baldige Heraufsetzung der Frachten. Infolge von Verhandlungen zwischen der British Steel Federation und der IRG. kommt es im zweiten Halbjahr 1937 zu einer zusätzlichen Lieferung nach England von 225 000 t, darunter 100 000 t Halbzeug, 75 000 t Stabstahl, Formstahl, Bleche, Bandstahl, Röhrenstreifen und Walzdraht sowie 25 000 t Sonderprofile. Die Herabsetzung der englischen Einfuhrzölle von 10 auf 2,5 % läßt mit besseren Preisen rechnen, indem der Unterschied in den Zöllen den Verkaufspreisen zugute kommt, und zwar gilt dies nicht nur für die erwähnten zusätzlichen Lieferungen, sondern gleicherweise für die gewöhnlichen Einfuhrmengen einschließlich der Lieferungsrückstände.

Im Verlauf des Monats blieb die Geschäftstätigkeit zufriedenstellend, ja es war sogar im Umfang der neuen Abschlüsse ein gewisser Fortschritt vorhanden. Stab- und Formstahl waren besonders gefragt. Zu Ende Juli rechnete man mit einer neuen wesentlichen Besserung, da die Werke inzwischen große Anstrengungen gemacht haben, die Lieferfristen normaler zu gestalten. Die Preise blieben fest. In die Verbandspreise für die Ausfuhr werden die für verbindlich erklärten Zuschläge eingerechnet. Mit Wirkung vom 1. Juli an haben die internationalen Eisenverbände die Ausfuhrmengen, die noch im Mai rd. 200 000 t und im Juni 120 000 t betragen haben, nunmehr auf 80 000 t herabgesetzt, wovon 32 000 t für die organisierten Märkte bestimmt sind. Der Verkauf nach Französisch-Marokko wurde eingestellt, da die von der französischen Regierung festgesetzten Preise unter den belgischen Inlandspreisen lagen.

Ende Juli besserte sich der Geschäftsgang sichtlich. Die Vereinigten Staaten, Mittelamerika, Argentinien und der Nahe Osten schenken dem Markt lebhaftere Aufmerksamkeit. Die Spekulation machte sich viel weniger bemerkbar als zu Beginn des zweiten Vierteljahres. Bevorzugt waren Stabstahl, Formstahl und Grobbleche. Die Preise für Feinbleche und verzinkte Bleche vermochten sich infolge des lebhaften Wettbewerbs nur mit Mühe zu behaupten; Zugeständnisse mußten gemacht werden. Die Bemühungen der Werke um eine vermehrte Erzeugung bewirkten, daß die Lieferfristen von vier auf drei Monate zurückgingen. Die Werke sind sozusagen bis Ende des Jahres beschäftigt. Die Preise blieben unverändert, doch dürften die Frachtkosten demnächst preissteigernd wirken. Vom 1. Oktober an sind die Frachten für British-Indien um 2/6 Goldschilling und die für Portugal und die nördliche Levante um 1/- Goldschilling heraufgesetzt worden. Am Monatsschluß verfügte die „Cosibel“ über einen Auftragseingang von ungefähr 170 000 t gegen 140 000 t im Juni. Hiervon entfielen 72 000 t auf das Inland und 98 000 t = 60 % der Gesamtmenge auf die Ausfuhr. Diese Zahlen beweisen, daß das Ausfuhrgeschäft wieder in den Vordergrund tritt. Von obigen Mengen entfielen u. a. 64 000 t auf Stabstahl und 20 000 t auf Grobbleche. Infolge des Anziehens der Lebenshaltungsmesszahl werden die Löhne für alle Arbeiter der Eisenindustrie am 15. August 1937 um 2,5 % erhöht.

Die Geschäfte in Gießereirohisen waren zu Monatsanfang zufriedenstellend. Die Verbraucher hatten sich in der Erwartung von Preissenkungen etwas zurückgehalten, erteilten dann aber angesichts der zunehmenden Festigkeit des Marktes Bestellungen. In Hämatit sind die Vorräte äußerst gering. Der Preis für Gießereirohisen behauptete sich auf 825 Fr je t ab Wagen Werk Äthus. Im Verlauf des Monats änderte sich die Lage nur wenig. In Gießereirohisen hat das belgisch-luxemburgisch-französische Gießereirohisenkontor auf Grund des wieder zunehmenden Wettbewerbs einiger Außenseiter die seit 1 1/2 Jahren gestrichenen Treunachlässe wieder eingeführt. Zu Ende des Monats wurden nur geringe Mengen Gießereirohisen zu unveränderten Preisen verkauft. Phosphorarmes Rohisen kostete 920 Fr und Hämatit 1200 Fr ab Werk. Die Ausfuhrpreise sind von den belgischen Rohisenerzeugern Anfang August um etwa 15/- bis 17/6 Papier-schilling je t ermäßigt worden, so daß Gießereirohisen jetzt noch 5.15.- Papierpfund, Thomasrohisen 5.12.6 bis 5.15.- Papierpfund kostet. Man erwartet von der Preissenkung für Gießereirohisen insbesondere eine Belebung der englischen Nachfrage. Verschiedene Werke sind dazu übergegangen, ihre Erzeugungsgrundlage zu erweitern, und haben den Bau neuer Hochöfen beschlossen.

Anfang Juli kamen vier Fünftel der Aufträge an Halbzeug aus Kreisen der Weiterverarbeitung, ein Fünftel wurde aus England bestellt. Die Preise für Lieferung im August wurden um 125 Fr je t erhöht. Die Ausfuhrpreise waren nominell. Ein Ausschluß wurde eingesetzt, der die Frage einer etwaigen Preiserhöhung unter Berücksichtigung des Anziehens der Gesteinskosten und des Abstandes zu den Preisen für Fertigerzeugnisse prüfen sollte. Dementsprechend wurden am Monatsschluß für British-Indien, Japan und die Mandchurei die Preise für vorgewalzte Blöcke auf 5.5.6 Goldpfund, für Knüppel auf 5.7.6 Goldpfund und für Platinen auf 5.8.6 Goldpfund, alles fob, festgesetzt. Die entsprechenden Preise für Italien, Rumänien und Südslawien betrugen 4.15.6, 4.17.6 und 4.18.6 Goldpfund und für China 5.8.-, 5.10.- und 5.11.- Goldpfund. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland ¹⁾ :	
Vorgewalzte Blöcke	930
Knüppel	960
Platinen	1095
Ausfuhr ¹⁾ :	
Goldpfund	Goldpfund
Robblöcke	5.-
Vorgewalzte Blöcke	5.5.6
Knüppel	5.7.6
Platinen	5.8.6
Röhrenstreifen	6.15.-

Zwar herrschte in den ersten Julitagen auf dem Markt für Fertigerzeugnisse ziemliche Ruhe, doch rechnete man mit sichtlicher Besserung, nachdem sich die Lieferfristen verkürzt hatten. Die Verkaufspreise blieben unverändert, nur war die Zahlung der Zuschläge bindend. Diese stellten sich bei Stabstahl auf 25 Goldschilling für China, die Mandchurei, Indien, Japan, die Straits-Settlements, Siam und die Philippinen, auf 20 Goldschilling für die übrigen Bestimmungsländer, auf 15 Goldschilling für Kanada und auf 10 Goldschilling für die Vereinigten Staaten. Im Verlauf des Monats traten keine wesentlichen Änderungen ein. Die Kundschaft hielt sich noch in Erwartung annehmbarer Lieferfristen zurück. Ende Juli machte sich eine Besserung bemerkbar, die zwar nicht übermäßig stark, aber recht nachhaltig war; sie beruhte auf einer Nachfrage aus der Mehrzahl der gewohnten Absatzländer. Der Inlandsmarkt besserte sich gleicher-

weise und erteilte recht beträchtliche Aufträge. Es kosteten in Fr oder in £ je t:

Inland ¹⁾ :		Inland ¹⁾ :	
Handelsstabstahl	1100	Wärmgewalzter Bandstahl	1550
Träger, Normalprofile	1100	Gezogener Rundstahl	1865
Breitflanschträger	1115	Gezogener Vierkantstahl	2025
Mittlere Winkel	1100	Gezogener Sechskantstahl	2375
Ausfuhr ¹⁾ :			
Goldpfund	Goldpfund	Goldpfund	Goldpfund
Handelsstabstahl	6.-	Gezogener Rundstahl	7.15.-
Träger, Normalprofile	5.7.6	Gezogener Vierkantstahl	8.15.-
Breitflanschträger	5.8.-	Gezogener Sechskantstahl	9.10.-
Mittlere Winkel	5.8.-		
Wärmgewalzter Bandstahl	6.10.-		

Da die Schweißstahlerzeugnisse erneut in Wettbewerb mit den Flußstahlerzeugnissen standen, war der Geschäftsgang auf dem Schweißstahlmarkt etwas unregelmäßig. Die Preise betragen für die große Ausfuhr 9.- bis 9.5.- Papierpfund und 10.- Papierpfund für Großbritannien. Die Unregelmäßigkeit dauerte während des ganzen Monats an. Immerhin nahm der Markt im letzten Julidritteln an der Festigkeit der übrigen Märkte teil, so daß die Preise Ende Juli um 5 Papierschilling über den obengenannten lagen.

Während der Geschäftsgang in Feinblechen und verzinkten Blechen bei schwachen Preisen ruhig war, herrschte bei Mittel- und Grobblechen lebhaftere Tätigkeit. Im Verlauf des Monats traten keine wesentlichen Änderungen ein, nur waren die Lieferfristen nicht mehr so ausgedehnt. Es kosteten in Fr oder £ je t:

Inland ¹⁾ :		Inland ¹⁾ :	
Gewöhnliche Thomasbleche		Bleche (gegüht und gerichtet):	
(Grundpreis frei Bestimmungsort)		2 bis 2,99 mm	1575-1625
8 mm	1300	1,50 bis 1,99 mm	1620-1670
7 mm	1325	1,40 bis 1,49 mm	1635-1685
6 mm	1350	1,25 bis 1,39 mm	1650-1700
5 mm	1375	1 bis 1,24 mm	1710-1725
4 mm	1400	1 mm (gegüht)	1720-1770
3 mm	1425	0,5 mm (gegüht)	2045
Ausfuhr ¹⁾ :			
Goldpfund	Goldpfund	Papierpfund	Papierpfund
Universalstahl (Grundpreis fob Antwerpen)	7.1.-	11/14 BG (3,05 bis 2,1 mm)	12.15.-
Bleche:		15/16 BG (1,85 bis 1,65 mm)	13.5.-
9,5 mm und mehr	7.2.6	17/18 BG (1,47 bis 1,24 mm)	13.10.-
7,9 mm bis unter 9,5 mm	7.4.-	19/20 BG (1,07 bis 0,88 mm)	13.15.-
6,3 mm bis unter 7,9 mm	7.7.-	21 BG (0,81 mm)	14.17.6
4,7 mm bis unter 6,3 mm	7.13.-	22/24 BG (0,75 bis 0,56 mm)	14.10.-
4,0 mm bis unter 4,7 mm	8.-6	25/26 BG (0,51 bis 0,46 mm)	15.5.-
3,2 mm bis unter 4,0 mm	8.9.6	30 BG (0,3 mm)	18.5.-
Riffelbleche:			
9,5 mm und mehr	7.9.-		
7,9 mm bis unter 9,5 mm	7.18.6		
6,3 mm bis unter 7,9 mm	8.8.6		
4,7 mm bis unter 6,3 mm	8.18.6		
4,0 mm bis unter 4,7 mm	9.18.6		
3,2 mm bis unter 4,0 mm	12.6.9		

Die Verhältnisse auf dem Markt für Draht und Drahterzeugnisse waren nicht sehr erfreulich. Seit April ist das Ausfuhrgeschäft um die Hälfte zurückgegangen. Ebenso war der Inlandsmarkt schwach. Im Verlauf des Berichtsmonats machte sich aber für die Ausfuhr eine leichte Belebung in Stacheldraht und verzinktem Draht bemerkbar, wogegen im Inlande keine Besserung eintrat. Es kosteten in Fr je t:

Blanker Draht	1650	Stacheldraht	2250
Angelassener Draht	1700	Verzinnter Draht	3250
Verzinkter Draht	2100	Drahtstifte	2000

Auf dem Schrottmarkt schienen sich die Preise zu Monatsanfang zu bessern, zum mindesten war ein Stillstand in den Preisrückgängen festzustellen. Die Geschäftsabschlüsse waren nicht sehr zahlreich; erst in den letzten Julitagen trat für einige Sorten eine Besserung ein. Im allgemeinen hielt aber die Ruhe an. Es kosteten in Fr je t:

Sonderschrott	560-570
Siemens-Martin-Schrott	540-550
Drehspäne	430-450
Maschinengußbruch, erste Wahl	670-680
Ofen- und Topfgußbruch (Poterie)	580-590

Regelung der Vorratswirtschaft im Eisenhandel.

Die Ueberwachungsstelle für Eisen und Stahl hat in ihrer Anordnung 15 vom 26. September 1936¹⁾ Bestimmungen getroffen, welche die Entlastung des Eisenmarktes bezwecken, insbesondere das übermäßig starke Anwachsen der Vorräte auf den Händlerlagern verhindern. Durch die Anordnung 29 der Ueberwachungsstelle für Eisen und Stahl²⁾ werden die Bestimmungen der Anordnung 15 erheblich erweitert.

Die Begrenzung der Lagerhaltung gilt nach der neuen Anordnung für Eisen- und Stahlhändler sowie für Bauunternehmungen, Baumaterialienhändler und Bauhandwerker, sofern diese einen Lagerbestand von insgesamt mehr als 30 t (bisher mehr als 100 t) der in der Anordnung aufgeführten Waren unterhalten.

¹⁾ Siehe Stahl u. Eisen 56 (1936) S. 1223/24.

²⁾ Reichsanzeige Nr. 179 vom 6. August 1937.

¹⁾ Die Inlandspreise verstehen sich ab Werk, die Ausfuhrpreise fob Antwerpen für die Tonne zu 1016 kg.

Die bei Inkrafttreten der Anordnung über den Höchstlagerbestand hinausgehenden Bestände sind bis zum 30. September 1937 auf den Höchstlagerbestand zurückzuführen. Um den zulässigen Höchstlagerbestand feststellen zu können, haben die von der Anordnung betroffenen Unternehmen den jeweiligen Monatsbestand ihrer Lager im Jahre 1935 sowie den Höchstlagerbestand bis zum 1. September 1937 der Ueberwachungsstelle für Eisen und Stahl zu melden. Weiterhin wird eine ständige monatliche Meldepflicht über Bestand, Umsatz oder Verbrauch der Unternehmen des Eisen- und Stahlhandels und des Baugewerbes vorgeschrieben, wenn der Gesamtbestand oder der Gesamtumsatz 30 t erreicht. Außerdem werden Bestimmungen über die Auftragserteilung im Eisen- und Stahlhandel und im Baugewerbe getroffen. Die Anordnung 15 tritt am 1. Oktober 1937 außer Kraft.

Buchbesprechungen.

Hartmann, Friedrich, Dr.-Ing., o. Professor der Technischen Hochschule in Wien: **Knickung, Kippung, Beulung**. Mit 143 Textabb. Leipzig und Wien: Franz Deuticke 1937. (VI, 201 S.) 8°. 16 R.M., geb. 18,40 R.M.

Die Theorie des „plastischen Knickens“, die in dem Fachschrifttum der letzten Jahre einen verhältnismäßig breiten Raum einnahm, ist zu einem gewissen Abschluß gekommen. Es war daher an der Zeit, diese Ergebnisse zusammenfassend und in der abgeklärten Form eines Lehrbuches dem praktischen Gebrauch unmittelbar zugänglich zu machen, zumal da gedrungene Stäbe, d. h. solche mit kleinerem Schlankheitsgrad, die den Gesetzen des „plastischen Knickens“ unterliegen, in der Praxis die Regel bilden, während schlankere Stäbe, die der Eulerschen Knickformel gehorchen, selten vorkommen. Die Weiterentwicklung der von Engesser und von v. Kármán begründeten Theorie bezieht sich vor allem auf die Untersuchungen von Stäben mit außerordentlichem Kraftangriff und solchen mit veränderlichem Trägheitsmoment, ferner auf die Klärung des Einflusses der Querschnittsform des Stabes auf dessen Knickwiderstand. Diese Aufgabe hat Hartmann, der selbst an der Entwicklung der Theorie hervorragend beteiligt war, mit dem Geschick des erfahrenen Hochschullehrers meisterhaft gelöst.

Der Fortschritt der Knicktheorie ist u. a. durch eine schärfere Erfassung der mechanischen Eigenschaften unseres Baustoffes gekennzeichnet. Bei der gesteigerten Genauigkeit der durchgeführten Untersuchungen spielt die Lage der Proportionalitäts- und Fließgrenze für die Widerstandsfähigkeit der auf Stabilität zu bemessenden Bauteile eine wichtige Rolle. Hierin mag auch der Eisenhüttenmann einen Grund erkennen, weshalb die für dickere Breitflachstähe aus hochwertigen Stählen oft erwünschte Herabsetzung der Fließgrenze dem Bauingenieur Sorge bereitet, zumal da im plastischen Gebiet, wo die Tragfähigkeit durch die Fließgrenze bestimmt ist, die Sicherheitszahlen verhältnismäßig klein sind und der außerordentliche Krafteinfluß erhöhte Beachtung erfordert. Die der Vollständigkeit halber unentbehrliche, aber knappe Darstellung des „elastischen Knickens“ verdankt ihre begriffliche Strenge nicht zuletzt den bei der Weiterentwicklung der Knicktheorie gewonnenen Erkenntnissen. Es werden ferner noch die bereits in früheren Büchern mehrfach berücksichtigten Fragen der Knicksicherheit von Druckgurten oben offener Brücken (Trogbrücken), dem Stande der Forschung entsprechend, in einer abschließenden Form behandelt. Auch über Kipperscheinungen und über die Knickung von Stabwerkssystemen findet der Leser gründliche Darstellungen. Bei der Kippung vermißt man die Verwertung der Arbeit von Stüssi, der hierfür nach der von Vianello für den Knickstab entwickelten Annäherungsmethode ein sehr zweckmäßiges Verfahren angegeben hat. Mit wachsender Bevorzugung der vollwandigen Hauptträger für weitgespannte Brücken, die früher als Fachwerke ausgebildet wurden, und mit zunehmender Verwendung des hochbeanspruchten St 52 kam auch den rechnerischen Untersuchungen der Stegbleche auf Ausbeulen größere Bedeutung als früher zu. Der entsprechende zusammenfassende Abschnitt, der ebenfalls vorbildlich klar abgefaßt ist, würde wahrscheinlich noch an Wert gewonnen haben, wenn das Buch einige Wochen später erschienen wäre, so daß z. B. die neuesten Ergebnisse über die Untersuchungen der Steifigkeitsbedingungen für waagerechte Stegblechaussteifungen hätten berücksichtigt werden können. Diese sind bei Beulgefahr infolge Biegungsspannungen, so z. B. bei durchlaufenden Trägern größerer Abmessungen über den Stützen, kaum zu entbehren. Die Zusammenwirkung von Biegung und Schub könnte (auch unter Berücksichtigung der Arbeiten von Stein) bei einer Neubearbeitung des Buches ebenfalls ausführlicher berücksichtigt werden, ohne daß der erfreulicherweise nicht allzu große Umfang des Buches erweitert zu werden brauchte; denn der Abschnitt über den schon in früheren Büchern ausgiebig behandelten mehrteiligen Druckstab wäre vielleicht sogar entbehrlich trotz seiner Erweiterung auf

das plastische Gebiet, wo aber erst recht für die praktische Bestimmung der Knickkraft mehrteiliger Druckstäbe Näherungsverfahren die gleiche Berechtigung wie strenge Untersuchungen haben.

Besonderer Dank gebührt dem Verfasser dafür, daß er die Anschaulichkeit, das wichtigste Mittel ingenieurmäßigen Denkens, auch bei mathematischen Ableitungen gewahrt hat. Ingenieure, die sich bisher aus Zeitmangel mit der Formelsprache der nicht alltäglichen Mathematik und den Feinheiten der Energiekriterien nur wenig oder gar nicht beschäftigen konnten, werden die klaren anschaulichen Darstellungen Hartmanns besonders begrüßen. Jedem, der heute im Stahlbau als Statiker und Konstrukteur verantwortlich tätig ist, muß die Anschaffung dieses Buches, das auch viele Zahlenbeispiele enthält, empfohlen werden. *Kurt Klöppel*.

Vereins-Nachrichten.

Aus dem Leben des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

(Juli 1937.)

Am 2. und 16. Juli tagte der Arbeitskreis für den Vierjahresplan, der sich im wesentlichen mit der Aufbereitung und Verhüttung von inländischen Eisenerzen sowie den damit in Zusammenhang stehenden Energiefragen beschäftigte.

Der Unterausschuß für Verwaltungstechnik trat am 3. Juli zu einer Aussprache über die Standard-Kostenrechnung in Verbindung mit vollmechanischer Einzelauftrags-Nachrechnung zusammen.

Am 5. Juli wurde zu einer Aussprache über Leichtschlakken berufen.

Mit der Möglichkeit der etwaigen Einführung verbesserter Normalprofilträgerreihen beschäftigte sich eine Versammlung am 6. Juli, in der auch über die Frage der Walzbarkeit solcher Profile sowie der etwa notwendig werdenden Umänderung und Erneuerung des Walzenparkes gesprochen wurde.

In einer Sitzung des Arbeitsausschusses des Walzwerksausschusses am 7. Juli wurden Beschlüsse gefaßt über die weiter aufzugreifenden Arbeiten des Ausschusses.

Am Nachmittag des gleichen Tages wurden im Unterausschuß für Verwaltungstechnik Vorträge gehalten über die Schriftgutablage bei industriellen Verwaltungen und über die Arbeitsplatzgestaltung im Büro.

Der Arbeitsausschuß für Verwaltungstechnik besprach am 13. Juli die Einheitsvordrucke für Walzstahlbestellungen. Inzwischen sind diese Vordrucke vom Stahlwerks-Verband für seine Mitgliedswerke und den Verbandshandel eingeführt worden.

Am gleichen Tage wurde im Unterausschuß für Dauerprüfung eine Anzahl Berichte aus dessen Arbeitsgebiet entgegengenommen.

Am 16. Juli hielt der Schmiermittelausschuß eine Sitzung ab. Es wurde die vom Schriftleitungsausschuß entworfene Schrift „Wegweiser für die Ersparnis von Schmiermitteln und für die Verwendung von Altölen“ dem Ausschuß zur Genehmigung vorgelegt. Ferner wurde ein Bericht über den Welt-Erdölkongreß in Paris erstattet.

Auf der Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen kam am gleichen Tage der Unterausschuß für Abnutzungsprüfung zusammen. Es wurde über das Schrifttum der letzten Jahre auf dem Gebiete der Verschleißprüfung berichtet und die weitere Gemeinschaftsarbeit behandelt. Anschließend fand eine Besprechung zur Vorbereitung der Internationalen Schienentagung im Jahre 1938 statt. Der Nachmittag galt der Besichtigung der Friedrich-Alfred-Hütte.

Seine 140. Sitzung hielt der Ausschuß für Betriebswirtschaft am 20. Juli ab, wobei Vorträge über Zeitakkorde in Zuchtereien und Zeitstudien in Schmiedebetrieben und deren Verwertung in der Vorrechnung gehalten wurden.

Am 21. Juli wurde in Remscheid im Betriebe der Deutschen Edelstahlwerke über Beizfragen verhandelt und gleichzeitig die auf dem genannten Werke erstellte Anlage zur Aufarbeitung der Beizabwässer besichtigt.

Der Arbeitsausschuß des Werkstoffausschusses tagte am 22. Juli in Rüsselsheim und am 23. Juli in Schweinfurt. Er beschäftigte sich mit der Werkstoffprüfung in weiterverarbeitenden Betrieben und mit allgemeinen derzeit im Vordergrund stehenden Werkstofffragen. Bei dieser Gelegenheit wurden die Anlagen der Adam-Opel-A.-G. in Rüsselsheim und der Vereinigten Kugellagerfabriken, A.-G., in Schweinfurt besichtigt.

Der Arbeitsausschuß des Maschinenausschusses versammelte sich am 22. Juli auf der Ausstellung „Schaffendes Volk“ zu einer Aussprache über die weiteren Arbeiten dieses Ausschusses und zu einer Besichtigung der Ausstellung.

Am 29. Juli fand eine Besprechung der Werkstoff-Normblätter der Kriegsmarine (KM 9102 bis 9104) statt.