

# STAHL UND EISEN

## ZEITSCHRIFT FÜR DAS DEUTSCHE EISENHÜTTENWESEN

Herausgegeben vom Verein deutscher Eisenhüttenleute

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

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

HEFT 32

9. AUGUST 1928

48. JAHRGANG

### Bau und Betrieb von Bandeisenstraßen.

#### III. Bandeisenstraße der Bochumer Stahlindustrie<sup>1)</sup>.

Von Direktor Dipl.-Ing. H. v. Avanzini in Bochum.

[Bericht Nr. 61 des Walzwerksausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>2)</sup>.]

(Walzprogramm. Abmessungen des auszuwalzenden Halbzeugs. Ofen mit Einsatz- und Ausstoßvorrichtung. Anordnung der Straße und Beschreibung ihrer Einrichtungen. Leistung der Anlage.)

Beim Bau der im Frühjahr 1921 im Walzwerk der Bochumer Stahlindustrie in Betrieb genommenen Bandstraße (Abb. 1) lag die Aufgabe vor, eine Straße zu schaffen, auf der sowohl Sonderstahl als auch Eisen in schweren, gut maßhaltigen Bändern wirtschaftlich erzeugt werden können. Das Walzprogramm der Straße umfaßt Bänder in Breiten von 50 bis 203 mm. Die kleinste Stärke beträgt in den Breiten 50 bis 80 mm bei Eisen 1 mm, bei Stahl  $1\frac{1}{4}$  mm und steigt bei den Höchstbreiten von 150 bis 203 mm auf  $1\frac{3}{4}$  mm bei Eisen und 2 mm bei Stahl. Die Ringgewichte betragen 26 bis 127 kg je nach Abmessung. Als Einsatz dienen Knüppel von 50 mm<sup>2</sup> oder Flachknüppel und Platinen von 60 bis 210 mm Breite und 35 bis 40 mm Stärke.

zur Einsatztür, fallen dort in den Rauchkanal ab und ziehen unterhalb der Beschickung zum Fuchs. Da die einzelnen Platinen oder Knüppel im Ofen nicht genau dicht aneinanderliegen, zieht ein Teil der Feuer-gase auch zwischen den Fugen auf dem kürzesten Wege in den Rauchkanal.

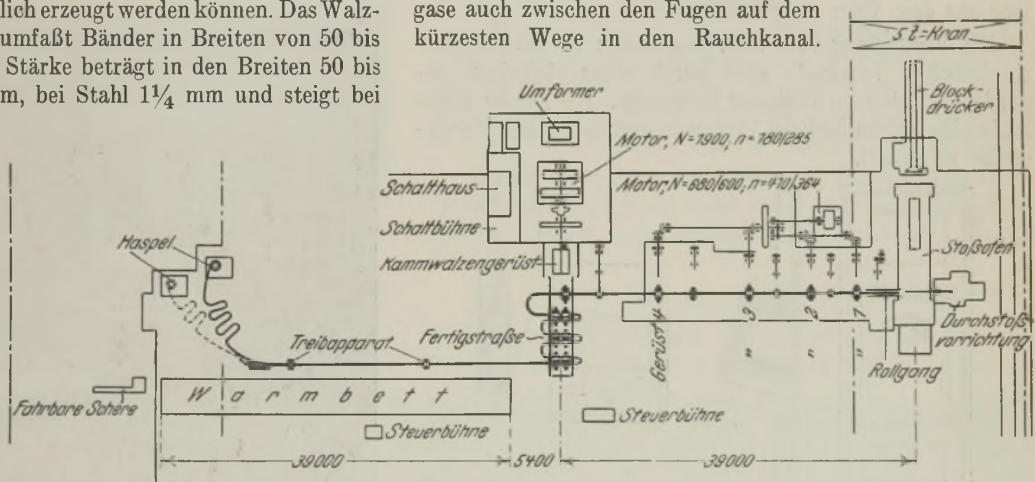


Abbildung 1. Bandstahlstraße.

Die Länge des Einsatzgutes wird durch die Ofenbauart nach unten mit 1600 mm, nach oben mit 2400 mm begrenzt.

Das Platinenlager ist in unmittelbarer Nähe des Ofens angelegt und wird von zwei Einsatzkranen mit 5 und 3 t Tragkraft bestrichen, die gleichzeitig die neben der Bandstahlstraße liegenden 230er und 280er Straßen bedienen.

Zur Vorwärmung der Platinen wurde ein Stoßofen mit doppelter Halbgasfeuerung, Bauart Hermann Gasch, gewählt. Der Ofen (s. Abb. 2) hat eine Gesamtlänge von 15,8 m und eine Breite von 2,6 m. Die nutzbare Herdlänge beträgt 12 m, die nutzbare Herdbreite 2,4 m. Seine Vorteile bestehen in dem günstigen Verbrennungsraum und in der durch die Bauart bedingten Flammenführung.

Der Rauchkanal ist bei dieser Ofenbauart auf zwei Drittel der Ofenlänge in Richtung der Ofenachse in der Weise durchgeführt, daß das Beschickungsgut die Abdeckung des Rauchkanals bildet. Die Flammen und Feuergase streichen zuerst zwischen Gewölbe und dem Walzgut bis

Durch diese Art der Flammenführung wird das Halbzeug von zwei Seiten, zum Teil von vier Seiten umspült, wodurch eine ausgezeichnete Wärmeabgabe und eine hohe Ofenleistung bei geringstem Kohlenverbrauch erzielt wird. Der Ofen hat sich, was Güte des Erzeugnisses und Wirtschaftlichkeit anbelangt, als sehr gut erwiesen. Neben einem großen Durchsatz, der bis 132 t in 10 st betrug, wird bei kaltem Einsatz ein Kohlenverbrauch von 7 % im Mittel, bei vorgenannter Höchstleistung ein solcher von 5 % erreicht. Der Abbrand beträgt bei Eisen etwa  $3\frac{1}{2}$ , bei Stahl etwa 3 %. An der Einsetzseite wurden Pendeltüren vorgesehen, um den Eintritt der kalten Luft möglichst weitgehend zu vermeiden. Das Auflegen des Einsatzgutes auf den vor der Eintrittstür liegenden Tisch geschieht mittels Magnetkranes. Das Einstoßen selbst besorgt ein durch Seilzug betätigter Drücker, der über ein Rädervorgelege von einem Motor angetrieben wird. Um ein restloses Leerdrücken des Ofens zu erreichen, was namentlich bei hochwertigem Einsatzgut wichtig ist, wurde ein Drücker von 9 m Hub vorgesehen.

Besonderer Wert wurde auf einwandfrei dichtschießende Stoß- und Schafftüren (s. Abb. 3) gelegt. Diese Türen sind

<sup>1)</sup> Siehe auch St. u. E. 48 (1928) S. 897/903 u. 1041/4.

<sup>2)</sup> Sonderdrucke sind vom Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Schließfach 664, zu beziehen.

am unteren Ende keilförmig ausgebildet und legen sich gegen Gleitflächen. Das Eigengewicht der Türen bewirkt deren Andrücken an die Ofenplatten; so ergibt sich ein selbsttätiges, vollkommen dichtes Schließen der Türen.

Um die Platinen, die hochkant durch den Ofen gedrückt werden, quer zu seiner Längsrichtung ausstoßen zu können, ist eine mechanische Ausstoßvorrichtung (Abb. 4)

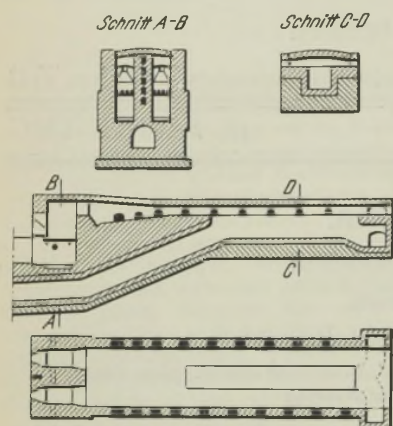


Abbildung 2. Bandstahlofen.

angeordnet worden, die sich gut bewährt hat. Sie besteht aus zwei übereinanderliegenden Rollen, von denen die obere angetrieben wird. Der Ofenmann führt zwischen beiden Rollen eine Ausstoßstange in den Ofen bis an die auszustoßende Platine heran. Mit Hilfe eines Fußhebels betätigt der Arbeiter einen Preßluftzylinder, der die zweite Rolle an die angetriebene Rolle herandrückt, wodurch die dazwischenliegende Stange nach vorn geführt, und die Platine aus dem Ofen ausgestoßen wird.

Die Verbindung vom Ofen zum ersten Gerüst der kontinuierlichen Vorstraße wird durch einen elektrisch angetriebenen, kurzen Rollgang hergestellt. Die Straße selbst ist in eine kontinuierliche Vorstraße und eine offene Fertigstraße unterteilt.

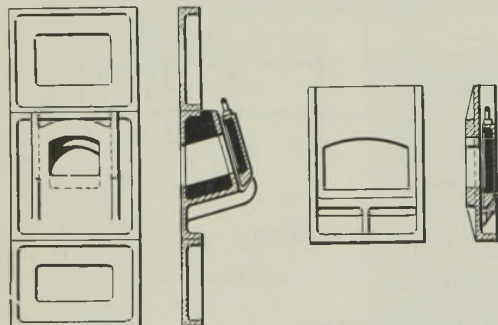


Abbildung 3. Türen des Bandstahlofens.

Die Vorstraße besteht aus vier hintereinander angeordneten Duogerüsten von 360 mm Durchmesser. Die Entfernung der Gerüste voneinander ist so gewählt, daß die längsten Stäbe frei austreten und durch einen Treibapparat jeweils dem nachfolgenden Gerüst zugeführt werden. Der Antrieb der Vorstraße erfolgt unter Zwischenschaltung eines Schwungrades sowie eines Stirnräderpaares durch Kegelradgetriebe durch einen Drehstrommotor von 680/600 PS bei 410/364 Umdrehungen. Die zwischen den Gerüsten angeordneten Treibapparate werden von den jeweiligen Gerüsten durch Riemen angetrieben.

Umdrehungszahl und Walzgeschwindigkeit der vier Gerüste der Vorstraße stellen sich wie folgt:

	Umdrehungszahl	Walzgeschwindigkeit
1. Gerüst	136/120	2.55/2.26 m/sek
2. „	170/151	3.20/2.82 m/sek
3. „	215/190	4.05/3.57 m/sek
4. „	215/190	4.05/3.57 m/sek

In den drei ersten Gerüsten wird die Platine flachgedrückt, wogegen das vierte als Stauchgerüst ausgebildet ist.

Der Walzstab wird vom dritten Flachgerüst nach dem Stauchgerüst durch eine Drallführung hochgestellt und dann durch senkrechte Treibrollen in den Staucher eingeführt.

Da wegen Platzmangels nicht mehr als vier Duogerüste aufgestellt werden konnten, werden in diesen Verhältnis-mäßig hohe Drücke gegeben: im ersten Gerüst etwa 20 bis 25 % Druck, im zweiten Gerüst der höchste Druck mit etwa 40 % — aus diesem Grunde werden hier Stahlwalzen verwendet —, im dritten Gerüst wieder etwa 25 % Druck.

Die Anordnung von vier Gerüsten in der Vorstraße ergab sich aus den beengten Platzverhältnissen. Es war ursprünglich geplant, fünf Gerüste aufzustellen, und zwar als erstes ein Stauchgerüst. Dadurch wäre die Lagerhaltung für die Abmessungen des auszuwalzenden Halbzeugs einfacher geworden, außerdem hätte sich beim ersten Stauchen eine ausgezeichnete Entzunderung durchführen lassen. Um dies bei den vorliegenden Verhältnissen trotzdem zu erreichen, ist vor dem ersten Gerüst der Vorstraße eine beim Durchlaufen der Platine selbsttätig arbeitende Abblasevorrichtung unter Verwendung von Preßluft mit beigefügtem Wasser angeordnet worden. Außerdem wurde hinter dem Stauchgerüst eine zweite Entzunderungsvorrichtung angebracht, die mit Preßwasser arbeitet.

Die Fertigstraße besteht aus vier Doppel-Duogerüsten mit 420 mm Durchmesser und 600 mm Ballen-

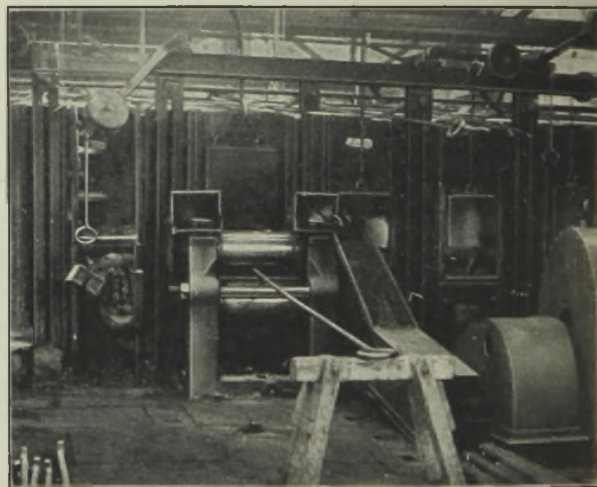


Abbildung 4. Ausstoßvorrichtung.

länge. Der Antrieb erfolgt unter Zwischenschaltung eines Schwungrades und einer Orthmann-Kupplung unmittelbar auf ein geschlossenes Dreiständer-Vierkammwalzgerüst mit einem AEG-Regelsatz, der eine Dauerleistung von 1400 kW aufweist. Stoßweise ist eine 100prozentige Ueberlastung zulässig. Der Regelsatz besteht aus einem Induktionsmotor mit angekuppeltem Gleichstrom-Compound-Motor, wozu ein getrennt aufgestellter Einankerumformer gehört. Mit diesem Regelsatz ist man in der Lage, die Umdrehungszahl zwischen 180 und 285 verlustlos bei gleicher Leistung zu verändern. Bei der kleinsten Umdrehungszahl beträgt die Walzgeschwindigkeit 3,95 m/sek, bei der größten 6,3 m/sek.

Die Gesamtzahl der Stiche in der Fertigstraße ist je nach den zu walzenden Abmessungen verschieden. Es wird gewalzt: bei 50 bis 70 mm breiten Bändern in sieben Stichen der Fertigstraße mit einer Schöpf-Umführung und zwei Quast-Umführungen, bei einer Besetzung von drei Walzern und einem Hakenjungen; bei 71 bis 130 mm breiten Bändern in fünf Stichen der Fertigstraße mit einer Schöpf-Umführung, bei einer Besetzung von drei Walzern und einem Haken-

Zahlentafel 1. Leistungsübersicht der Bandstahlstraße.

Monat	Arbeitsstunden	Störungen h	Bauzeit h	Reine Laufzeit h	Monatsleistung t	Erzeugung in t/Laufst.	Stromverbrauch in kWh/t
Februar 1927	319	15	39	265	2162,5	8,168	104
Juni 1927 . .	485	23	57	405	3669,9	9,056	88
Jahresdurchschnitt 1927	337	22	65	349	3133,6	8,971	97
Januar 1928 .	464	23	62	379	3584,6	9,463	93

ungen; bei 131 bis 203 mm breiten Bändern in fünf Stichen der Fertigstraße ohne Umführung, bei einer Besetzung von vier Walzern, einem Querzieher und einem Hakenjungen.

In das erste Gerüst des Fertigstranges tritt der Walzstab mit einer Stärke von 11 mm ein. Sind für die zu erreichende Endstärke nur fünf Stiche notwendig, dann wird der Stab

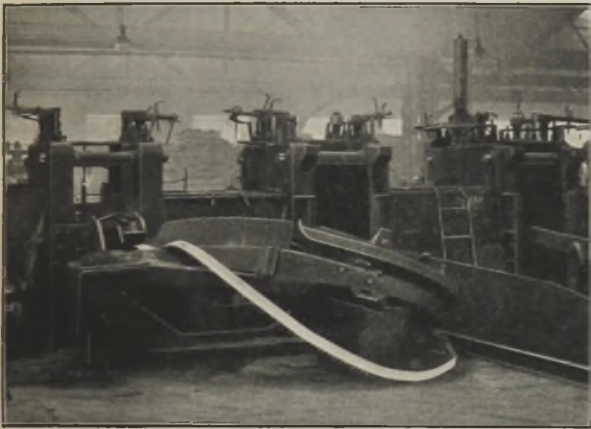


Abbildung 5. Schöpf-Umführung mit Deckel für Band Eisen.

nur flach gedrückt; werden jedoch sieben Stiche benötigt, so wird im dritten Gerüst unten ein Stauchstich eingefügt.

Vom ersten Gerüst der Fertigstraße, das als oberes Duo läuft, wird der Stab durch eine Schöpf-Umführung (Abb. 5) in das untere Duo des zweiten Gerüsts — eines Doppel-Duogerüsts — umgeführt. Die Schöpf-Umführung ist durch die Anbringung eines besonderen Deckels verbessert worden.

Am zweiten und dritten Gerüst der Fertigstraße ist auf der Ofenseite je eine Quast-Umführung (Abb. 6) angebracht worden, und zwar im zweiten Gerüst zum Umführen von flach auf flach und im dritten Gerüst zum Umführen von stauch auf flach. Dieses ist durch Anordnung einer besonderen Drallausführung möglich geworden.

Am dritten und vierten Gerüst sind je zwei mit Druckluft betriebene Schrapppvorrichtungen angebracht, die durch einen Jungen von erhöhter Steuerbühne aus bedient werden.

Das fertige Band läuft aus dem oberen Duo des letzten Gerüsts über eine U-Eisenrinne auf die Ablaufrinne, welche mit zahnartig ausgesparten Laufplatten ausgestattet ist. In der Ablaufrinne sind zwei elektrisch angetriebene Streifenzüge angeordnet. Die obere Rolle ist durch Preßluftbetätigung ausschwenkbar, die untere Rolle ist angetrieben.

Die Streifenzüge befördern die Bänder zu den beiden elektrisch angetriebenen Haspeln in der Richterei, wo sie zu Ringen aufgewickelt werden.

Um das auslaufende Band hochkant auf den Plattenbelag zu bringen, ist am Ende der Auslaufrinne eine Aufstell- und Lenkvorrichtung angebracht. Diese ist vom Führerstand des einen Haspels aus schwenkbar und ermöglicht so die Zuführung der fertigen Bänder in abwechselnder Folge zu den beiden Haspeln. Beim Austreten stellt sich das Band hochkant, wobei es sich durch den Reibungswiderstand an den Bodenplatten selbsttätig in Schlingen wirft.

Soll Band Eisen in Stäben erzeugt werden, so werden die Oberrollen der Streifenzüge ausgeschwenkt und die Stäbe auf die seitlich angeordnete Streckbank ausgeworfen.

Am Ende des Warmbettes ist eine senkrecht zur Walzrichtung verschiebbare, elektrisch angetriebene Schere angeordnet.

Die Leistung der Straße beträgt mit Störungen und Bauzeit im Jahresmittel 71 t Ausbringen je zehnstündiger Schicht, wobei zu berücksichtigen ist, daß etwa 20 % der Gesamterzeugung auf Stahl und Edelstahl entfällt. Die Höchstleistung betrug bisher 125 t gutes Ausbringen in 10 st bei Band Eisen von  $130 \times 1\frac{3}{4}$  mm. Der Kraftverbrauch betrug im Jahresdurchschnitt 86 kWh je t Ausbringen, bei der Höchstschichtleistung 46 kWh.

Die Leistung der Straße, die Arbeitsstunden, Störungsstunden, Baustunden, die Laufzeit in Stunden mit der Umstellzeit von einer Abmessung auf eine andere, die Monatsleistung und die Erzeugung je Laufstunde sowie der Stromverbrauch je t in kWh sind aus Zahlentafel 1 zu ersehen.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Straße den Erwartungen voll entsprochen hat; sie arbeitet wirtschaftlich und bringt gute, maßhaltige, reine Ware in großen Ringgewichten.

#### Zusammenfassung.

Die Abmessungen der Band Eisenarten und des auszuwalzenden Halbzeugs werden angegeben, der Ofen mit

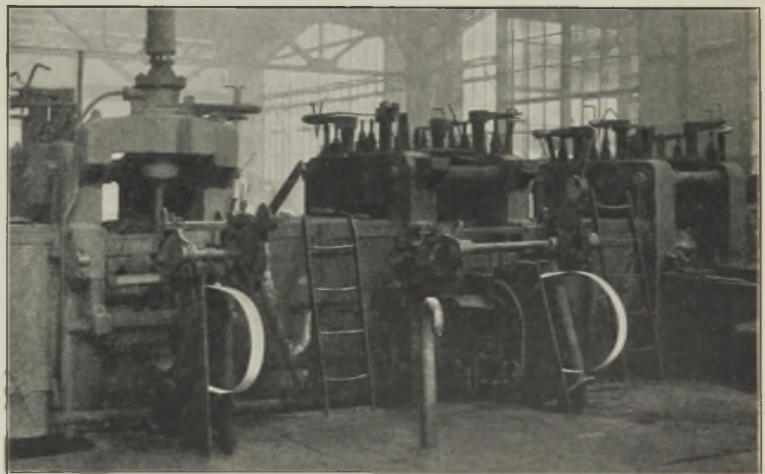


Abbildung 6. Quast-Umführung.

Einsatz- und Ausstoßvorrichtungen wird beschrieben, die Anordnung der Straße mit ihren Einrichtungen zur Förderung einer schnellen Walzung erörtert, und es werden Zahlen über die Leistung und den Kraftverbrauch gebracht.

## Beiträge zur Kenntnis des Hochofenprozesses.

Von Georg Eichenberg in Krefeld-Rheinhafen und Paul Oberhoffer † in Aachen.

[Mitteilung aus dem Hochofenausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>1)</sup>.]

Um Aufklärung über den Verbleib des Koks-kohlenstoffs und des Erzsauerstoffs und die Lage der einzelnen Reduktionszonen im Hochofen zu erhalten, wurden umfangreiche Versuche durchgeführt, bei denen aus 5 verschiedenen Schachtebenen in einer Entfernung von 0, 36, 72, 114 und 150 cm von der Ofenwand und auch aus der Hauptformen- und Notformenebene Gasproben entnommen wurden. Bis in die jüngste Zeit stellte sich diesen Untersuchungen die Schwierigkeit entgegen, daß es unmöglich war, in kürzester Versuchsspanne gleichzeitig über die ganze Ofenhöhe und die verschiedenen Ofentiefen die zur Auswertung erforderliche große Anzahl Proben zu nehmen. Wenn schon durch das unregelmäßige Sinken der

zusammenhängen, d. h. würde vom Rande zur Mitte zunächst eine Steigerung der Reduktionsarbeit und wiederum eine Abnahme erfolgen, so müßten die Kohlen säurelinien den umgekehrten Verlauf wie die Kohlenoxydlinien nehmen. Da das nun nicht der Fall ist, darf man annehmen, daß an den Stellen niedrigen Kohlenoxydgehaltes der Formgasanteil im Gase höher ist als an den anderen, daß also dort größere Gasmengen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt von unten emporsteigen, was wiederum auf eine lockere Lagerung der Beschickung schließen läßt. Wie nach beendetem Versuch und abgestelltem Ofen festgestellt wurde, war die Verteilung des aufgegebenen Möllers nach Grob- und Feinstückigem ziemlich gleichmäßig über den ganzen Querschnitt.

Als einzige Erklärung für die Auflockerung der Beschickung an diesen Stellen bleibt also die Annahme übrig, daß in der Verbrennungszone vor den Formen der größte Materialschwund stattfindet und daß in sie das Beschickungsgut trichterförmig hereinrutscht. Das an der Ofenwand liegende Erz wird durch die Reibung und den Einfluß der Rast etwas zurückgehalten, und ähnlich wirkt sich der in der Mitte des Gestelles befindliche Koks-kern aus.

Mit dieser Voreilung des Möllers in der Mitte zwischen Rand und Mittellinie des Ofens hängt auch eine Temperaturzunahme zusammen, die am Rande des Ofens in der Temperaturzone von 600 bis 700° festgestellt wurde. Nach Untersuchung von W. A. Bone, L. Reeve und H. L. Saunders<sup>2)</sup> beginnt die Kohlenstoffausscheidung erst in nennenswertem Maße, wenn die Reduktion der Eisenoxyde bereits einen gewissen Umfang, die sogenannte Reduktionsgrenze, erreicht hat. In der Randzone wird diese Reduktionsgrenze, da die Beschickung langsamer absinkt, eher erreicht werden als in der Trichterzone. Infolgedessen tritt am Rande auch die Kohlenstoffabscheidung in verstärktem Maße auf und bewirkt hier den gekennzeichneten Temperaturanstieg.

Wenn man die Veränderung der Mengenanteile des aufsteigenden Gasstromes betrachtet, ausgehend von der aus der Stoffbilanz errechneten Formgasmenge und Formgasanalyse, so lassen sich daraus wichtige Schlüsse auf die Reduktionsarbeit ziehen. Es sei dabei nur auf die bei rd. 1000° erfolgte Kohlenstoffabnahme aus dem Gasstrom hingewiesen. Bei diesen Temperaturen wird eine Aufnahme des Kohlenstoffs durch die feste Phase in Form einer festen Lösung von Eisenkarbid und Eisenoxydul in Eisen stattfinden, und dieser Kohlenstoff wirkt dann entweder weiter reduzierend oder dient gleich zur Kohlung des Eisens<sup>3)</sup>.

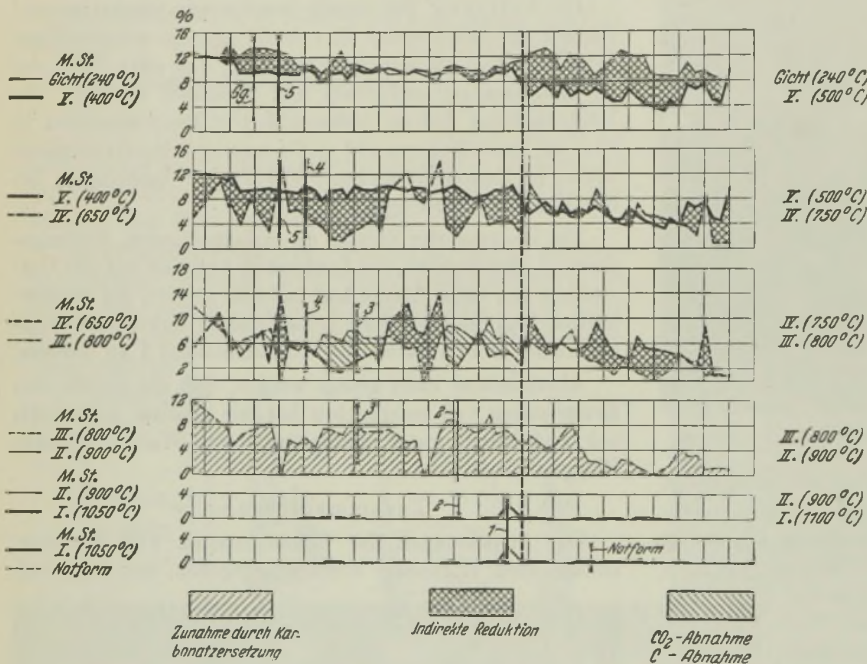


Abbildung 1. Verlauf des Kohlen säuregehaltes an den einzelnen Meßstellen während des Umsetzens.

Beschickung und andere Umstände große Streuungen in den Werten eintreten können, so bringen bei der Ausführung der Versuche an verschiedenen Tagen die schwankenden Betriebsverhältnisse des Hochofens neue Unsicherheiten. Um die Gleichzeitigkeit der Probenahme zu erreichen, wurden Versuchsrohre in grundsätzlich neuer Anordnung nicht wie bisher durch Hammerschläge oder Rammhären in die Beschickung getrieben, sondern durch eine Spindel hineingedreht. Daneben machte die Versuchsausführung den Entwurf eines genauen Arbeitsplanes für die einzelnen Hilfskräfte und Geräte notwendig.

Ein auffälliges Bild boten die Linien gleicher Kohlen säure- und Kohlenoxydgehalte. An den im Schacht gelegenen fünf Meßstellen nahm der Kohlenoxydgehalt der Gase vom Rande zur Mitte hin zunächst ab und wuchs dann wieder an, während der Kohlen säuregehalt der Gase nach der Mitte hin anstieg. Würde der unterschiedliche Verlauf der Kohlenoxydlinien mit der indirekten Reduktion der Gase

<sup>1)</sup> Auszug aus Bericht Nr. 94 des Hochofenausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Der Bericht ist im vollen Wortlaut erschienen im Arch. Eisenhüttenwes. I (1927/28) S. 613/28 (Gr. A: Hochofenaussch. 94).

<sup>2)</sup> J. Iron Steel Inst. 115 (1927) S. 127/80; vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 1580/2.

<sup>3)</sup> Vgl. die Arbeiten von R. Schenck: St. u. E. 46 (1926) S. 665/82; Z. anorg. Chem. 164 (1927) S. 145/85 u. 313/25; 166 (1927) S. 113/54; 167 (1927) S. 254/314 u. 315/28; vgl. St. u. E. 48 (1928) S. 15/21.

Um weiteren Aufschluß über die Vorgänge im Hochofen zu erhalten und vor allem, um festzustellen, wie und in welchem Maße sich die einzelnen Ofenzonen an den Reaktionen beteiligen, wurden zwei grundverschiedene Möller hintereinander aufgegeben, und zwar wurde der Ofen von Gießereirohrerisen auf Stahlrohrerisen über einen Schrottmöller umgesetzt. Der wesentliche Unterschied beider Möller bestand einmal in dem Gehalt an Erzsauerstoff und dann in der verschiedenartigen chemischen Bindung der an sich nicht stark abweichenden Gehalte an Möllerkohlensäure.

Während im Stahlrohrerisenmöller der größte Teil der Kohlensäure durch das Kalziumkarbonat des Kalksteins eingebracht wurde, entstammt im Gießereimöller alle Kohlensäure der Minette, in der sie an Kalk und auch an Eisenoxydul gebunden ist. Abb. 1 zeigt deutlich, von welcher Bedeutung die Bindung der Kohlensäure im Möller ist: mit dem Vorkommen des neuen Schrottmöllers fällt der Kohlensäuregehalt der Gase stark ab. Dieser Abfall erklärt sich dadurch, daß das Karbonat des Kalksteins infolge der größeren Dichte und Festigkeit weit temperaturbeständiger ist als das der Minette und daher erst in tieferen Ofenzonen unter Kohlenstoffverbrauch zu Kohlenoxyd umgesetzt wird. Aus Abb. 1 ist weiter deutlich die Lage der Reduktionszonen zu beobachten, die mit dem Vorkommen des leichteren Schrott-

möllers und der stattgefundenen Temperaturerhöhung eine Verschiebung erfahren. Nach dem Eintreten des neuen Möllers in das Gestell wird z. B. der Hauptteil der indirekten Reduktion in einem Gebiet geleistet, das etwa 1,50 m unter der Beschickungsoberfläche liegt. Hier tritt deutlich zutage, wie wichtig es ist, warm gehende Oefen gleichmäßig voll zu fahren. Die im ersten Versuch gekennzeichnete Kohlenstoffabnahme im aufsteigenden Gasstrom ist auch hier zu beobachten.

Die beim Erblasen einer grauen und einer weißen Roh Eisensorte erhaltenen Versuchsergebnisse ermöglichten auch einen Vergleich der Gas-, Druck-, Temperatur- sowie Reduktionsverhältnisse bei diesen beiden Eisensorten. Trägt man den Verlauf der Kohlenoxyd-Kohlensäure-Linien in das Schaubild von Baur-Gläßner ein, so sollte man zunächst schließen, daß man sich im Hochofen weit entfernt vom theoretischen Gleichgewicht befindet. Berücksichtigt man aber, wie Schenck neuerdings feststellte, daß alle diejenigen Stoffe, die mit den Eisenoxyden Verbindungen oder Lösungen eingehen, die Reduktion zu metallischem Eisen in dem Sinne beeinflussen, daß für die Metallbildung mehr Kohlenoxyd in der Gleichgewichtsatmosphäre angewendet werden muß als bei reinen Eisenoxyden, so liegt die Vermutung nahe, daß man nach genauer Kenntnis dieser Gleichgewichte wahrscheinlich eine bessere Übereinstimmung zwischen den Hochofenvorgängen und den wirklich gültigen Gleichgewichten erhält.

## Gestell- und Rastuntersuchung eines Hochofens unter besonderer Berücksichtigung der Verbrennungsverhältnisse vor den Blasformen.

Von Wilhelm Lennings in Krefeld-Rheinhafen.

[Mitteilung aus dem Hochofenausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>1)</sup>.]

Zur Klärung der Verbrennungsverhältnisse vor den Blasformen und der Reduktionsverhältnisse in Gestell, Rast und Kohlensäck des Hochofens wurden an einem Hochofen mit 3900 mm Gestelldurchmesser und etwa 600 t täglicher Stahlrohrerisen-Erzeugung umfangreiche Versuche durchgeführt, in deren Verlauf aus der Hauptformen- und Notformenebene sowie aus dem Kohlensäck 1100 Gasanalysen und Proben von Metall und Schlacke entnommen wurden; unter anderem wurden noch Untersuchungen über die Gasströmung vor den Blasformen angestellt.

Die Gaszusammensetzung vor den Hauptblasformen, bis etwa 40 cm ab Formrüssel entfernt, zeigte ziemliche Streuungen der Sauerstoff- und Kohlensäuregehalte, von 40 cm ab Formrüssel bis zur Gestellmitte war sie sehr gleichmäßig. Versuche, diese Schwankungen mit den nur geringen Unterschieden der Windtemperatur, des Winddruckes und der Windmenge oder von der Zeit nach dem vorausgegangenen Abstich in Abhängigkeit zu bringen, führten zu keinem Ergebnis. Die Annahme eines Zusammenwirkens mehrerer Teilvorgänge vor den Blasformen und die Unmöglichkeit deren getrennter meßtechnischer Erfassung ist sicherlich berechtigt. Infolge der großen Analysenzahl ließ sich die Untersuchung des Gasverlaufes vor den Blasformen teils nach den Regeln der Großzahlforschung durchführen und brachte dann klare Ergebnisse.

Abb. 1 (oberes Bild) zeigt die mittlere Gaszusammensetzung vor den Blasformen; es ist hier der

durch Versuch ermittelte Gasverlauf auf den Stickstoffgehalt der Gebläseluft umgerechnet. Er stellt daher die Veränderungen von 1 nm<sup>3</sup> Gebläseluft auf dem Wege von der Blasform bis in die Gestellmitte dar, unter der Annahme, daß der gesamte Windstrom wagerecht bis ins Gestellzentrum eintritt, was natürlich nur teilweise der Fall ist. Der Windsauerstoff ist bei 80 cm ab Formenschnauze vornehmlich durch Verbrennung von Kokskohlenstoff unter Entstehung von Kohlensäure verbraucht. Die Kohlensäure steigt bis 60 cm ab Formenschnauze zu einem Höchstwert an und wird dann von hier bis etwa 100 cm ab Formenschnauze rasch durch den glühenden Koks zu Kohlenoxyd unter Verdoppelung ihres Volumens reduziert. Der Wasserstoff, der größtenteils der Zersetzung der Windfeuchtigkeit entstammt, wird von etwa 80 cm ab Formenschnauze gebildet und steigt von hier langsam bis zur Gestellmitte an. Der Stickstoff des Gebläsewindes wird, sofern man von der möglichen Zyanbildung absieht, an den Verbrennungsreaktionen vor den Blasformen als indifferenten Gasbestandteil nicht teilnehmen. Die starke Kohlenoxydanreicherung in der Gestellmitte rührt von der direkten Reduktion, von der Verbindung von Kohlenstoff mit stickstofffreiem Oxydsauerstoff, her.

Das untere Bild der Abb. 1 zeigt die Natur der vor den Formen herrschenden Gasphase, den Anteil an reduzierenden und oxydierenden Gasbestandteilen. Besondere Beachtung verdient der durch Großzahlforschung ermittelte Anteil an elementarem und chemisch gebundenem Sauerstoff in den Formgasen, der in dem mittleren Bild der Abb. 1 dargestellt ist. Bis ungefähr 80 cm vor den Formen ist in den Gasen weniger Sauerstoff enthalten, als der Sauerstoffmenge entspricht, die durch den Gebläsewind eingeführt wurde. Die Versuche ergaben, daß

<sup>1)</sup> Auszug aus Bericht Nr. 92 des Hochofenausschusses des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Der Bericht ist im vollen Wortlaut erschienen im Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 549/64 (Gr. A: Hochofenaussch. 92). Gleichzeitig Dr.-Ing.-Dissertation Technische Hochschule Aachen (1927).

dieser Fehlbetrag an Sauerstoff nur durch Verbindung des Windsauerstoffs mit Roheisenbestandteilen entsteht; die Stoffproben, die aus der Notformen- und Blasformenebene entnommen wurden, beweisen, daß vor den Blasformen des Hochofens ein Frischen des Metalls und eine Metallverbrennung stattfinden, da der Gehalt an Kohlenstoff, Mangan und Silizium in etwa 1 m Tiefe vor den Windformen, soweit eben oxydierende Gasbestandteile vorhanden sind, erheblich geringer ist als in der Mitte des Gestelles.

Die Größe des vor den Blasformen verbrannten Metallanteils läßt sich nur annähernd berechnen, da die

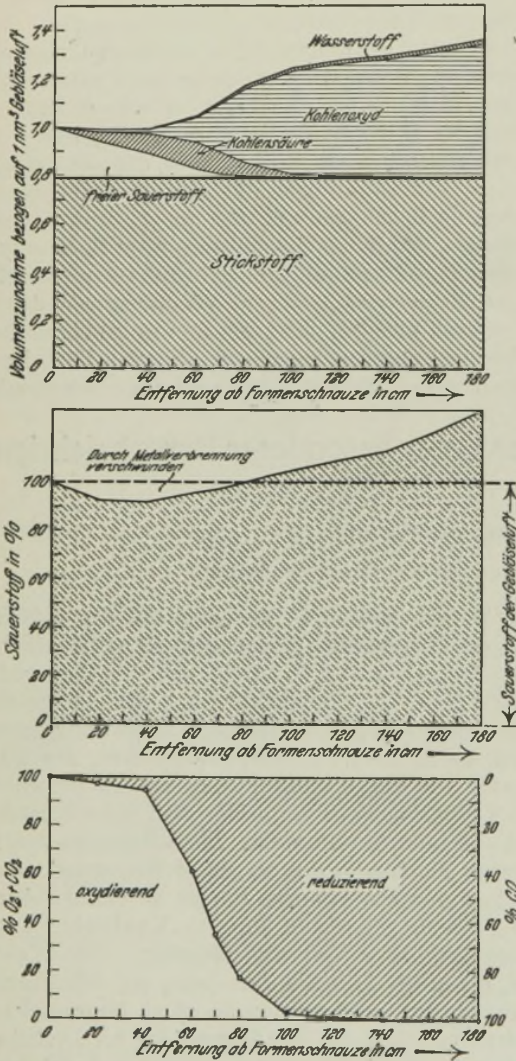


Abbildung 1. Veränderungen der Gaszusammensetzung vor den Hauptformen.

Richtung und Menge der strömenden Gase nicht hinreichend genau zu messen waren. Nimmt man aber an, daß bis etwa 40 cm vor den Formen, wo nach Abb. 1 die größte Sauerstoffmenge, nämlich 7,5 % „verschwunden“ ist, der ganze Windgas-Strom dringt, so ergibt sich, daß im Höchsthalle etwa 17 % des Eisens oxydiert werden. Entsprechend dieser Menge müßte rechnermäßig der Eisengehalt der Schlacke etwa 24 % betragen, während tatsächlich nur 0,7 bis 1 % gefunden wurden. Daraus folgt, daß die vor den Formen gebildeten Oxide unterhalb der Formenebene, wo ja noch unverbrannter Koks vorhanden ist, wiederum reduziert werden.

In der Notformenebene ist die Gaszusammensetzung über den ganzen Ofenquerschnitt ungefähr gleich-

mäßig, und zwar weist das Gas eine Zusammensetzung von etwa 36 bis 37 % CO neben 62 % N<sub>2</sub> auf. Der der Gebläseluft entsprechende Sauerstoffanteil ist somit über den ganzen Ofenquerschnitt der Notformenebene wiederum nachweisbar, da die Gebläseluft mit 21 % O<sub>2</sub> und 79 % N<sub>2</sub> sich bei der Koks-kohlenstoffverbrennung unter Kohlenoxydbildung zu einem Gas mit etwa 35 % CO und 65 % N<sub>2</sub> umsetzt. Das Vorhandensein des Gebläseluftsauerstoffs in den Gasen der Notformenebene beweist, daß hier die Verbrennungsreaktionen zwischen Koks-kohlenstoff und Windsauerstoff abgeschlossen sind und die im Gestell örtlich verlaufenden Oxydations- und Reduktionsvorgänge von Roheisenbestandteilen einander aufheben. Eine steigende Anreicherung an Oxyden im Hochofengestell ist nicht vorhanden, vielmehr wird nur eine gewisse Windsauerstoffmenge aus der Gasphase „verschwinden“, um über dem Umwege der Oxydation und nachfolgenden Reduktion von Roheisenbestandteilen wiederum in die Gasphase einzutreten.

Aus dem Verlauf der Gaszusammensetzung vor den Windformen folgt, daß bei richtigem Formenabstand der Koks in einer angenähert ringförmigen Zone

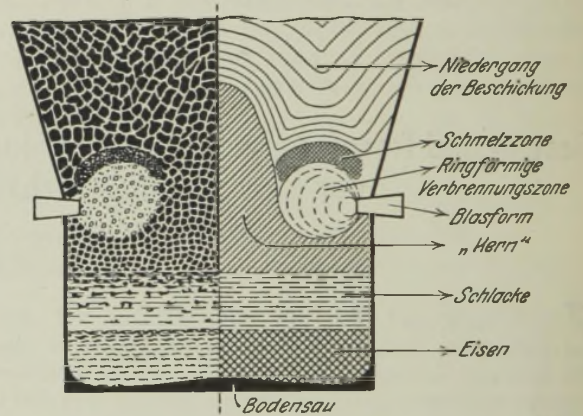


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Vorgänge im Hochofengestell.

von etwa 1 m Tiefe unmittelbar verbrennt; soweit eben freier Sauerstoff Kohlenstoff unter Bildung von Kohlen-säure vergast und die so gebildete Kohlen-säure durch Kohlen-stoff zu Kohlenoxyd reduziert wird (Abb. 2). In der Mitte des Gestelles ist ein dicht gelagerter glühender „Kern“ vorhanden, aus dem der Koksbedarf für die mittelbare Koksverbrennung, d. h. für Reduktion der oxydierten Roheisenbestandteile und der noch unreduzierten, verschlackten Erzbestandteile sowie für die Roheisenkohlung gedeckt wird; das Vorhandensein dieses Kernes wurde während der Versuche auf Grund der Dichte der dort lagernden Beschickung dauernd gefunden.

Läßt man den Koksverbrauch der Roheisenkohlung und der Reduktion der unreduziert ins Gestell kommenden Erzbestandteile unberücksichtigt, so werden etwa 90 % des in die Formenebene gelangenden Kokes in der ringförmigen Verbrennungszone vergast, und es muß daher hier die Hauptmasse der Ofenbeschickung etwa trichterförmig niedergehen. Da hier auch die größte Wärmemenge entwickelt wird, ist die Schmelzzone darüber annähernd ringförmig gelagert. Dadurch ist eine Erklärung für die Wirkung des weiten Gestelles von Hochofen gegeben. Berechnet man nämlich den Anteil der ringförmigen Verbrennungszone, deren Tiefe ebenfalls nach den Untersuchungen von W. van Vloten<sup>3)</sup>, S. P. Kinney<sup>4)</sup> und nach

<sup>3)</sup> St. u. E. 13 (1893) S. 26/9.

<sup>4)</sup> Techn. Paper Bur. Mines Nr. 391 (1927) u. Nr. 397 (1926).

den eigenen Versuchen konstant etwa 1 m tief ab Blasform ist, an dem Gesamtquerschnitt des Hochofengestells, so findet man, daß die Größen der Verbrennungszonen sich ungefähr wie die Gestelldurchmesser verhalten. Da nun die Leistung eines Hochofens unter Voraussetzung, daß sich der spezifische Koksverbrauch nicht ändert, von der in der Zeiteinheit vor den Blasformen verbrannten Koks menge abhängt, so folgt daraus ohne weiteres, daß bei Erweiterung des Gestelles etwa linear mit der Vergrößerung des Gestelldurchmessers die Größe der Verbrennungszone, d. h. die Verbrennungsleistung an Koks und zugleich die Erzeugungsleistung an Roheisen, gesteigert wird. Diese proportionale Abhängigkeit fand bereits früher R. Hahn<sup>5)</sup> und bewies sie an hundert von ihm Schrifttum angegebenen Betriebszahlen von Hochofen.

Durch die Oxydation von Roheisenbestandteilen vor den Blasformen wird eine größere Wärmemenge frei, als wenn nur Koks durch den Sauerstoff des Gebläsewindes verbrannt würde. Die Erhöhung der vor den Formen frei werdenden Wärmemenge hat natürlich eine Erhöhung der Kühlverluste durch die Blasformen zur Folge; wenn auch ein großer Teil dieser Mehrwärme durch das herabtropfende Schmelzgut dem Ofensumpf wiederum zugeführt wird und dort der Reduktion der oxydierten Metallbestandteile wiederum nutzbar gemacht wird, so wird immerhin ein Teil dieser Mehrwärme auf dem Wege nach dem Ofensumpf verlorengehen und ein Teil durch die aufsteigen-

<sup>5)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 1572/3 u. 1672.

den Gase nach oben abgeführt werden. Daraus folgt auf jeden Fall, daß die Oxydation von Roheisenbestandteilen vor den Blasformen des Hochofens ein für den Wärmehaushalt des Hochofens schädlicher, aber unumgänglicher Vorgang ist.

Aus den Gasanalysen wurde die Reduktionsarbeit des Ofens bestimmt; etwa 50 % des Erzsauerstoffs werden durch indirekte Reduktion im Schacht, 15 % durch direkte Reduktion in dem unteren Teile des Schachtes, 13 % durch direkte Reduktion in der Rast zwischen Kohlensack und Notformenebene und etwa 20 % des Erzsauerstoffs durch direkte Reduktion unterhalb der Notformenebene im Gestell des Hochofens entfernt. Der Kokskohlenstoffverbrauch geht mit der geleisteten direkten Reduktionsarbeit parallel. Im Schacht, vermutlich nur in den unteren Zonen, gelangen nur etwa 6 % des eingesetzten Koks zur Verbrennung. In der Rast werden durch direkte Reduktion weitere 5,5 % verbraucht, 88 % werden unterhalb der Notformenebene vergast, und zwar 8 % durch direkte Reduktion der noch vorhandenen Erzoxyde, rd. 74 % werden durch den Gebläsewind unmittelbar (68 %) und mittelbar (6 %) über dem Umwege der Metallverbrennung und nachfolgenden Reduktion durch Kokskohlenstoff verbrannt; die restlichen 6 % werden zur Roheisenkohlung aufgewandt.

Der Unterofen des Hochofens, Rast und Gestell, ist also ein metallurgisch sehr wichtiger Teil des Hochofens, der durchaus nicht allein einen Schmelzraum darstellt, sondern noch einen erheblichen Teil der Reduktionsarbeit zu leisten hat.

An die Vorträge von Dr.-Ing. G. Eichenberg und Dr.-Ing. W. Lennings schloß sich folgende Erörterung an.

Dr.-Ing. H. Bansen (Rheinhausen): Van Vlotens klassische Gestelluntersuchungen vor 35 Jahren haben bis vor kurzem leider wenig Schule gemacht. Von ihm stammt die Feststellung, daß sich das Verhältnis von 266 Teilen Sauerstoff auf 1000 Teile Stickstoff vor den Formen durch Verbrennung anderer Elemente als Kohlenstoff nach unten verschiebt, daß mit anderen Worten vor den Formen Roheisen gefrischt wird. Ein Beweis dafür ist ihm auch die Entstehung der Hochofensauen. Diese Feststellungen erscheinen ihm als rein örtliche Vorgänge, jedoch nicht so wesentlich wie die anderen, daß

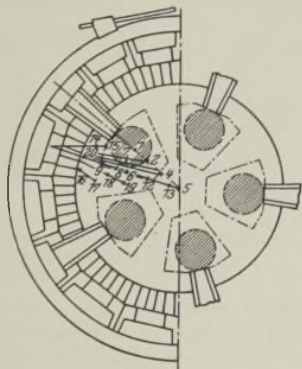


Abbildung 1.

Darstellung der Versuchsergebnisse von Vlotens durch Wüst.

630 mm über den Formen der Sauerstoff bereits ganz verschwunden ist. Er kann damit die Unmöglichkeit von „Oberfeuer“ durch aufsteigenden Wind beweisen, ein Begriff, der trotz van Vlotens noch nicht ganz tot ist.

Diese Feststellung einer Frischwirkung aber gibt F. Wüst den Anlaß, erstmalig 1910 die van Vlotenschen Analysen zur Stützung seiner Oxydationstheorie heranzuholen. Nach der Darstellung, die er von van Vlotens Analysen in seiner Abb. 1 gibt, scheinen 60 % der Gestellfläche von oxydierenden Gasen ausgefüllt zu sein. Diese Darstellung steht im Widerspruch zu den



60% oxydierende Zone erster Ordnung ( $O_2 + CO_2$ )  
 19% oxydierende Zone zweiter Ordnung ( $CO_2$ )  
 61% der Gestellfläche sind frei von Kohlensäure und Sauerstoff.

Abbildung 2. Die van Vlotensche Darstellung der Gasanalysen. (Die punktiert umfahrene Fläche und die Flächenauswertung stammt vom Berichterstatter.)

van Vlotenschen Ergebnissen (Abb. 2), dessen eingezeichnete Kugelflächen mit Sauerstoff und Kohlensäure, die als oxydierende Zone erster Ordnung bezeichnet werden möge, nur 20 % des Gestellquerschnittes ausfüllen, während man durch Einbeziehen aller noch Kohlendioxyd enthaltenden Analysen zusätzlich eine oxydierende Zone zweiter Ordnung von 19 % erhält. Also gerade umgekehrt über 60 % der Gestellfläche sind sauerstoff- und kohlensäurefrei. Unter der nicht zutreffenden Annahme, daß der Wind geschlossen eindringt und der Durchschnitt der Analysen eine Durchschnittsanalyse der Verbrennung überhaupt ist, sucht Wüst 1926 die außergewöhnliche Größe dieser Wiederoxydation zahlenmäßig darzustellen. Sie soll zu einer Erhöhung des Koksverbrauches führen und durch Gestellerweiterung verringert werden können. Am schärfsten umrissen ist seine Oxydationstheorie in seinem Vortrage: On the Theory of the Blast Furnace Process<sup>1)</sup>. Danach spielt sich der Hochofenvorgang in folgenden Stufen ab:

1. Im Schacht liegt bei 800° das metallische Eisen fast vollständig in fester Form vor.
2. Bis zu den Formen werden hauptsächlich durch den Spaltungskohlenstoff Mangan, Phosphor und Silizium reduziert, und zwar im Ueberschuß, um im Gestell über die notwendigen Desoxydationsmittel zu verfügen. Durch diese Mehrbelastung verlangsamt sich der Betrieb.
3. Diese Stoffe gehen durch Zementation, also im festen Zustande, in das feste Eisen. Dieses schmilzt infolge seines hohen Karbidgehaltes erst kurz vor den Formen.
4. Vor den Formen findet eine Frischwirkung statt. Das frisch gebildete Eisenoxydul geht in die Schlacke, deshalb ist eine Reduktion von Mangan, Silizium und Phosphor im Gestell nicht möglich.

Die Reduktion des Eisenoxyduls soll durch die im festen Zustande aufgenommenen Stoffe, bei Holzkohlenöfen hauptsächlich durch Silizium und Mangan, bei Kokshochofen hauptsächlich durch Kohlenstoff erfolgen. Wüst stellt diese Theorie in Gegensatz zu der bisherigen Anschauung, daß die Reduktion des Mangans, Siliziums und Phosphors erst nach Verflüssigung des gekohlten Eisens in der Nähe der Formen durch direkte Reduktion mit elementarem Kohlenstoff erfolgt.

<sup>1)</sup> Gehalten vor dem englischen Iron and Steel Institute in Glasgow am 21. September 1927. J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 65/89; vgl. St. u. E. 48 (1928) S. 109.

Wie steht es mit den Beweisen dafür? Den Aufbau der Theorie kennzeichnet Hans Heinz Meyer<sup>2)</sup> wohl am besten mit den Worten: „Die Wüstsche Hochofentheorie verlangt also eine Reduktion der Oxyde und eine Entstehung des Roheisens oberhalb der Formebene, und zwar schon in festem Zustande.“ Dieses Verlangen braucht als Grundlage:

- Zu 1. Das Eisen liegt bei 800° fast völlig metallisch vor. Der Beweis fehlt.
- Zu 2. Zum Beweise werden Wascheisenproben von Holzkohlenöfen und auch einige von Kokshochöfen mit steifer Schlacke angeführt. Sie zeigen einen höheren Gehalt an Mangan, Silizium und Phosphor.

Sieht man von den Proben der Holzkohlenöfen ab, deren ganzer Reaktionsverlauf nach Zeit und Temperatur ein anderer ist, so lassen die Wascheisenproben des Kokshochofens mit 4,49 % C gegen 4,5 % C im fertigen Eisen ganz den Ueberschuß an Kohlenstoff vermissen, der ja nach Wüst bei Kokshochöfen im besonderen als Desoxydationsmittel dienen soll. Im übrigen kann man die gelegentliche Zufallsprobe des Wascheisens kaum als ernsthaften Zeugen für die Hochofenvorgänge heranziehen. Ganz im Gegensatz zu der Auffassung von Wüst, daß die Mischung von Eisen und seinen Begleitern zur besten Auswirkung der Zementation noch günstiger als in einem Porzellanschiffchen ist, sei nur darauf hingewiesen, daß die Erze mit verschiedenstem Mangan- und Phosphorgehalt örtlich und zeitlich verschieden aufgegeben werden und ein Ausgleich der Teilerzeugnisse verschiedenster Zusammensetzung erst im Gestell erfolgen kann. Daß aber selbst dies nur recht roh erfolgt, zeigen die außerordentlichen Schwankungen des Verlaufes der Roheisenanalyse in einem Abstich überhaupt.

Eine Unterstützung dieser Wascheisenbefunde sollen die Versuche geben, die H. H. Meyer angestellt hat. Unter der Voraussetzung, daß Eisen bei 800° bereits als metallischer Schwamm vorliegt, wird bei den den Hochofenvorgängen am nächsten liegenden Versuchen mit kohlenstofffreiem Eisenpulver, Kohlenoxyd und Kohlenstoff gezeigt, daß der Beginn der Reduktion für Manganoxydul auf 900 bis 950°, für Phosphorsäure auf 1050°, für Kieselsäure auf 1100 bis 1200° herabgedrückt wird; gewiß ein bemerkenswerter Beitrag zur Frage der Zementationsvorgänge, aber eine völlige Verkennung der Vorgänge im Hochofen, wenn gesagt wird: „Durch vorliegende Reduktionsversuche wurde der Nachweis erbracht, daß Kieselsäure, Manganoxydul und Phosphorsäure im Hochofen über der Formebene reduziert werden und die Begleitelemente zum allergrößten Teil durch Zementation von dem noch nicht verflüssigten Eisen aufgenommen werden. Die von F. Wüst aufgestellte Hochofentheorie hat damit die experimentelle Bestätigung gefunden.“ Die Versuche zeigen den günstigsten Grenzfall bei innigster Mischung und langen Reaktionszeiten in Abwesenheit von Eisenoxyd. Ist dieses aber noch vorhanden, so ist auch nach Wüst eine Reduktion von Mangan, Silizium und Phosphor nicht möglich.

Die Annahme des Vorhandenseins von reinem Eisen bei 800° als gesicherte Grundlage verlangt erst eine Entkräftigung der Feststellung des praktischen Betriebes, daß Eisenoxydul in erster Linie direkt reduziert wird, des darauf mit zurückzuführenden Wertes der Osannschen Reduktionsziffer von 55 % und der Rechnungen von Mathesius, die eine gute Uebereinstimmung mit den tatsächlichen Koksverbrauchszahlen ergeben. Unter Bezugnahme auf die Gleichgewichtsbedingungen in der gasförmigen Phase bei Systemen, die die Oxyde des Eisens und des Kohlenstoffs umfassen, folgt daraus, daß bei Temperaturen von etwa 1000° erst etwa 50 % des ganzen zu bindenden Sauerstoffes entfernt sind.

Die Voraussetzung, daß das Eisen infolge seines hohen Karbidgehaltes bis kurz vor den Formen fest bleibt, ist ganz unhaltbar, da nur über den flüssigen Zustand hinweg das Eisen im Kohlenstoffgehalt übersättigt werden könnte. Dann müßte im Bereich von 1000 bis 1150° der übrige Erzsauerstoff entfernt werden, wenn eine Zementation noch im festen Zustande erfolgen soll. Man ist dann aber erst in dem Temperaturbereiche, in dem die Reduktion der Stoffe beginnt, und dazu in Zeiten, die ein Vielfaches der verfügbaren Zeiten darstellen.

Der Vergleich mit den Forschungsergebnissen von Dr.-Ing. G. Eichenberg und Dr.-Ing. W. Lennings zeigt klar, wie wenig von solchen mühseligen Versuchen zu erwarten ist, von dem Kleinversuch aus den Hochofenvorgang mit seinen ganz anderen Temperatur-, Zeit- und Massenverhältnissen in eine Regel pressen zu wollen. Die Hochofenschachtuntersuchungen stellen eine nicht hoch genug zu veranschlagende Pionierarbeit dar, wie sie in unserem Kreise wohl in erster Linie durch die Arbeiten von Dr.-Ing. G. Bulle und Dr.-Ing. H. Lent eingeleitet worden ist; die

Arbeiten von Eichenberg und Lennings erbringen den vollgültigen Beweis, daß man es nicht scheuen soll, die Forschungen über den Hochofen an ihm selbst am besten vorzunehmen.

Das Ergebnis des Analysenverlaufes vor den Formen nach Lennings zeigt das geläufige Bild. Bemerkenswert ist der Wasserstoffverlauf nach Verschwinden des Sauerstoffes. In der Versuchszeit dürfte der Luftfeuchtigkeit nur etwa 0,5 % H<sub>2</sub> entsprochen haben. Der tatsächliche Gehalt stammt von freierwerden dem Wasserstoff aus dem Koks, worauf Dr.-Ing. Lennings auch hinweist. Er errechnet sich zu 1 bis 1,2 %, so daß man auf 1,5 bis 1,7 % insgesamt kommt. Aus seinem Auftreten nach Verschwinden des Sauerstoffes folgt aber, daß er in der vorher liegenden oxydierenden Zone auch irgendwie in Erscheinung treten muß. In der trockenen Rauchgasanalyse wird er ebensowenig wie die Luftfeuchtigkeit wahrgenommen. Er verbrennt und trägt damit seinen Teil zum vorübergehenden Verschlucken des Sauerstoffes bei.

Wenn im Reinkoks auf 100 kg C 6 kg H und 10 kg N kommen, so verschiebt sich durch den Verbrauch von Luftsauerstoff und das Hinzutreten des Koksstickstoffes das Verhältnis von Sauerstoff zu Stickstoff im reinen Luftgase von 266 : 1000 auf 257 : 1000, und

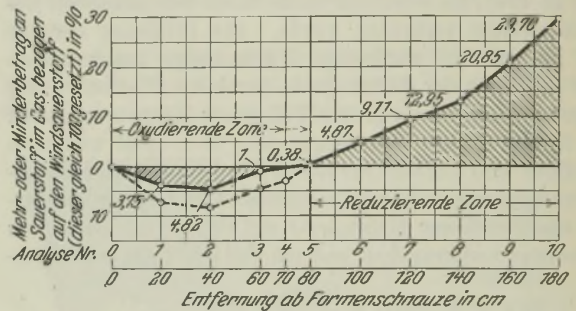


Abbildung 3. Verbleib des Windsauerstoffes vor den Formen unter Berücksichtigung des Kokswasserstoffes.

die Zusammensetzung des Luftgases ist etwa 34 % CO, 1 % H<sub>2</sub>, 65 % N<sub>2</sub>, 3,4 % O<sub>2</sub> erscheinen also bereits verschluckt. Damit erniedrigt sich in Abb. 3 der verschwindende Luftsauerstoff auf nur — 4,82 % im Höchstfalle, und die Ausdehnung der oxydierenden Zone verkürzt sich auf 0 bis 70 cm. Bei Beurteilung der Analysen in der Formenebene überhaupt darf man nie übersehen, daß sie wohl an der für die Einführung eines Gasentnahmerohres bequemsten, für eine einwandfreie Verbrennungsanalyse aber ungeeignetsten Stelle, nämlich in der Seele des Luftstrahles, genommen werden. Daß infolgedessen, solange der Strahl noch

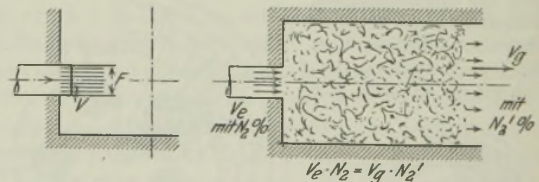


Abbildung 4. Voraussetzung für die Berechnung der mittleren Gaszusammensetzung aus den durch die Hauptformen entnommenen Gasproben.

halbwegs geschlossen geht, in erster Linie Sauerstoff in ihm gefunden wird, ist selbstverständlich. Die Auswertung der Analysen, wie Wüst sie versucht, ist nur statthaft, wenn der Luftstrahl in gleichmäßig verteiltem Strome eine äußerlich begrenzte Zone durchstreicht und durch Abschleppen des ganzen Querschnitts senkrecht zur Strömungsrichtung eine Durchschnittsanalyse genommen wird (Abb. 4). Im Hochofen zerprallt der Windstrom bald aber an der Beschickungssäule (Abb. 5). Die Ablenkung erfolgt, da eine Abströmung nach unten nicht möglich ist, in erster Linie nach oben. Je weiter also die Stelle der Probenahme von der Formenschauze ist, um so mehr entnimmt man die Probe an einer Stelle, die immer mehr aus der Mitte einer kleiner werdenden Strahlfläche nach dem Rande hin abweicht (Abb. 6). Die van Vlotenschen Analysen, die abseits der Formachse genommen sind, belegen dies am besten und zeigen, daß hinter und zwischen dem Formenausblasbereich das Gestell sich in einem ähnlichen Zustande befindet wie die Mitte. Von einer geschlossenen ringförmigen Oxydationszone ist also keine Rede. Die verbleibende Senkung auf — 4,82 % Sauerstoffschwund muß man sich als die mehr oder weniger punktförmige größte Tiefe einer kleinen Fläche der resultierenden Frischzone überhaupt vorstellen.

<sup>2)</sup> Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 9 (1927) S. 273/7; vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 1793/4.



Selbst Wüst bekennt in seiner Zuschrift<sup>3)</sup>: „Die Anwesenheit von größeren Mengen von Eisenoxydul in der Schlacke ist kaum festzustellen, weil infolge der hohen Temperatur die Umsetzung zwischen dem Kohlenstoff und den übrigen Fremdkörpern des Roheisens und dem Eisenoxydul so rasch verläuft.“ Das klingt nicht viel anders, als wenn B. Osann<sup>4)</sup> sagt: „Der Wüstschen Theorie kann ich nicht beitreten, denn in der Zone der höchsten Temperatur des Hochofens ist der Kohlenstoff so reaktionsfähig, daß er keine Oxydation aufkommen läßt.“ Fast gleichlautend sagt der bekannte amerikanische Hochofner H. A. Brassert<sup>5)</sup>: „Bei der Temperatur, die in der Verbrennungszone herrscht, und in Gegenwart solch großer Menge an weißglühendem Kohlenstoff und Kohlenoxyd kann Sauerstoff mit dem Eisen keine Verbindung eingehen, zum mindesten nicht in merklichem Maße.“

Es ist nicht zu vertreten, wenn demgegenüber Wüst zur Stützung seiner Theorie an anderer Stelle den Standpunkt verteidigen will, daß die Wärme, die bei Wiederverbrennung des Eisens frei wird, nutzlos abfließt, so daß der Wärmebedarf der Wiederreduktion durch neuen Koks aufwand gedeckt werden muß. Ich fasse das Eisen, soweit es oxydiert wird, nur als den kurzfristigen Zwischenträger des Luftsauerstoffes an den Koks ohne Verlust an Wärmegefälle auf, da sich die Eisenverbrennung weitab von der Wand im Bereiche der Stoffe vollzieht, die unmittelbar darauf an der Wiederreduktion teilnehmen.

Der Stickstoff als träger Begleiter steigt in beiden Fällen bald nach oben. Die frei werdende Wärme geht bei der Verbrennung jedoch bei Kohlenstoff mit dem gasförmigen Erzeugnis nach oben in die kältere Zone, während bei Verbrennung von Eisen sie sich unmittelbar auf das Eisenoxydul überträgt, das zu seiner Wiederreduktion nach unten geht. Ich halte es daher für fruchtlos, aus der vorübergehenden Eisenverbrennung Schlüsse auf einen dadurch bedingten Koksmehraufwand zu ziehen, der praktisch eine beachtenswerte Größe annehmen könnte.

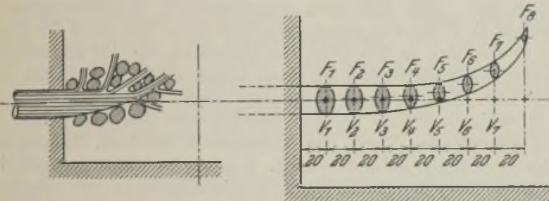


Abbildung 5. Verteilung des aus den Formen austretenden Windstromes.

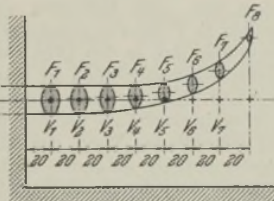


Abbildung 6. Anteil der entnommenen Gasproben an dem aus den Formen austretenden Wind-Gas-Strom.

Viel beachtenswerter erscheint mir das Ergebnis mit der Wassereinspritzung zu sein. Es beweist, daß ein nennenswerter Gaswechsel auch nach der Mitte hin erfolgt und der Kern durchaus kein toter Mann ist. Er arbeitet stärker als die Schichten über den Formen an der direkten Reduktion, weil die Temperaturen höher sind.

Dieser rasche Wechsel der Gase in den einzelnen Ofenschichten geht auch aus folgender Betrachtung hervor: Wie schon van Vloten zeigt, ist in 630 mm Höhe über den Formen kein Sauerstoff mehr anzutreffen. Man kann sich aus der Gasanalyse vor den Formen bei Umrechnung von Sauerstoff und Kohlensäure in Kohlenoxyd unter Zurechnung der Zersetzung der Luftfeuchtigkeit und des zunächst verbrannten Kokswasserstoffes errechnen, daß sich bald ein Gas mit 32 bis 34 % CO und 60 bis 63 % N<sub>2</sub> bildet. Der wahrscheinliche Verlauf der Gasanalyse außerhalb des reinen Oxydationsbereiches ist also etwa, wie Kurve I und II in Abb. 7 angeben. Daraus erhellt, daß sich die Kurven mit den Analysen vor den Notformen durchkreuzen. Es ist anzunehmen, daß der Unterschied von 32 bis 33 % CO auf 36 bis 38 % CO über der oxydierenden Zone bis 70 cm durch von der Mitte abströmende Gase zum Teil aufgehört wird, während die Mitte im Wechsel von 40 % auf 37,5 % fällt.

Man soll übrigens die Abweichungen in den Analysen an den verschiedenen Punkten vor den Notformen keineswegs als geringfügig bezeichnen, da ein Unterschied von etwa 1,2 % CO die Verbrennung von etwa 5 % des ganzen Kohlenstoffs durch direkte Reduktion bedeutet.

Die Untersuchung der Notformenebene ist neben der Rastuntersuchung ohne Zweifel der aufschlußreichste Teil der Arbeit, nachdem wir uns darüber klar geworden sind, daß im Gestell keine Ueberraschungen zu erwarten sind. Aus der Analyse ergibt sich nicht nur kein bleibendes Verschlucken von Sauerstoff, sondern die Bestätigung, daß der Menge nach der größte Teil des

Eisenoxyduls und der Eisenbegleiter erst kurz vor den Formen und darunter reduziert werden, eine Bestätigung der praktischen Erfahrungen und eine Verneinung der Wüstschen Theorie.

Im Kohlensack hört die direkte Reduktion etwa auf. Die im Schacht neben der indirekten Reduktion noch verlaufende direkte Reduktion dürfte wohl auf den ungleichmäßigen Verlauf der Temperaturen und des Gases über den ganzen Ofenquerschnitt zu erklären sein. Im Schacht werden etwa 50 % des Sauerstoffs, also etwa der über Eisenoxydul hinausgehende Sauerstoff, durch Kohlenoxyd gebunden, ein scheinbarer Beweis, daß Eisenoxydul nur direkt reduziert werden kann. Dies ist jedoch nur eine Folge der hier bereits herrschenden Temperatur von etwa 1000° bei der Anwesenheit des Kohlenstoffes, der die weitere Bildung von Kohlensäure ausschließt. Es sei nur auf die Wibergschen Versuchsergebnisse hingewiesen, bei denen bei Temperaturen von 900 bis 1000° bei entsprechend langer Durchsatzzeit und bei

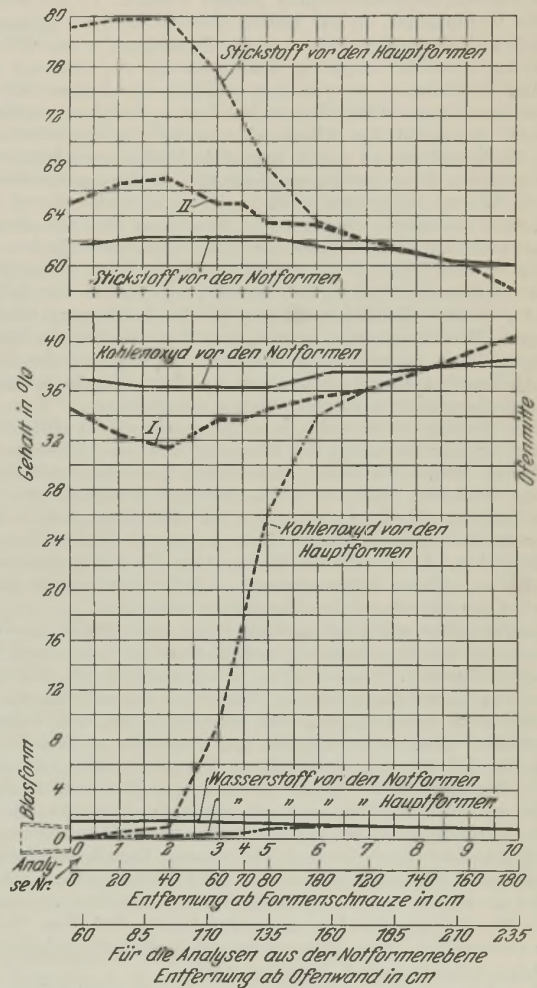


Abbildung 7. Verlauf der Gaszusammensetzung außerhalb der Oxydationszone, errechnet aus der Sauerstoffumsetzung. (I = Kohlenoxyd, II = Stickstoff.)

Abwesenheit von Koks metallischer Eisenschwamm erzeugt worden ist. An dieser Stelle ist die Waage. Sie schlägt in dem labilen Gleichgewicht aller Vorgänge zugunsten oder zuungunsten der Gleichmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit aus. Die Versuche haben uns jeden Zweifel darüber genommen. Es ist an uns, die Folgen daraus zu ziehen.

Geh. Bergrat em. Professor Dr.-Ing. E. h. B. Osann (Claus-thal): Ich habe es nie verstehen können, daß man der Oxydation des Eisens vor den Formen soviel Bedeutung beilegt. Sie findet ja eine einfache Erklärung durch das Massenwirkungsgesetz. Es liegt in dessen Sinne, daß der Sauerstoff des Gläsewindes nicht allein vom Kohlenstoff des Kokes, sondern auch von dem reduzierten Eisen gebunden wird. Das letzte geschieht aber nur vorübergehend; denn die Eisen-Sauerstoff-Verbindung wird unterhalb der Windform sogleich wieder reduziert.

Wenn man ein Reagens in eine Lösung einführt, so entstehen auch bisweilen Färbungen und Niederschläge, die aber von selbst infolge der Diffusion oder auch beim Umrühren restlos verschwinden und gar nicht beachtet werden. Genau so ist es mit

<sup>3)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 1009.

<sup>4)</sup> St. u. E. 42 (1922) S. 302.

<sup>5)</sup> St. u. E. 43 (1923) S. 73.

Erscheinungen in der Formenzone des Hochofens, wo wir vor den Formen nach van Vloten kugelförmige Räume konstruieren können, in denen freier Sauerstoff neben Kohlensäure und Kohlenoxyd vorkommt. In diesen Räumen herrscht noch kein Gleichgewicht. Dieses stellt sich aber sehr bald ein. Nur das dann bestehende Gasgemisch ist für uns von Wert.

Daß im Hochofen Oxydations- und Frischwirkungen in Erscheinung treten, ist altbekannt. Bei den kleinen Holzkohlenhochöfen, die nur geringe Wärmemengen aufspeichern konnten, zeigten sich bei Rohgang eiszapfenartige Gebilde von schmiedbarem Eisen an den Formenrüsseln. Wurde die Temperatur noch weiter erniedrigt, so wurde der Hochofen zum Stückofen und erzeugte infolge der oxydierenden Gasatmosphäre ausschließlich Luppen aus schmiedbarem Eisen. E. Swedenborg beschreibt Schachtöfen in Schmalkalden, die zunächst als Hochöfen auf Roheisenherzeugung und später, wenn sie abgenutzt waren, als Stücköfen auf Luppenerzeugung geführt wurden. In der ersten Periode wurde stark, in der letzten Periode schwach geblasen.

Ich will hier nicht weiter auf die Entstehung schmiedbaren Eisens im Hochofen eingehen, die nichts mit der eingangs genannten Erscheinung zu tun hat, sondern nur sagen, daß es meiner Ansicht nach falsch ist, zu behaupten, daß diese vorübergehende Oxydation des Eisens eine schädliche Reaktion sei, deren Zustandekommen durch besondere Maßnahmen bekämpft werden müsse. Wenn bei der nachfolgenden Reduktion des Eisenoxyduls Wärme verbraucht wird, so ist diese vorher durch die Oxydation des Eisens eingebracht. Man kann also aus diesem Grunde nicht auf einen vermehrten Koksverbrauch schließen.

Es ist auch falsch, von einer ringförmigen Zone zu sprechen, in der oxydierende Atmosphäre besteht, und sie bei der Befürwortung großer Gestelldurchmesser in die Erörterung hineinzutragen. Wie oben gesagt, ist vor jedem Formenrüssel ein kugelförmiger Raum vorhanden, in welchem ein oxydierendes Gasgemisch besteht; aber zwischen den einzelnen Kugeln befinden sich Zwischenräume normaler Gaszusammensetzung.

Ich verstehe auch nicht, was der große Gestelldurchmesser mit der Oxydation des Eisens zu tun hat. Diese findet in gleicher Weise bei engen und weiten Gestellen statt (van Vlotens Hochofen hatte im Sinne heutiger Anschauungen ein enges Gestell). Auch ist es gewagt, zu behaupten, daß die Erweiterung des Gestells immer einen geringeren Koksverbrauch zur Folge hat. Es besteht ein Bestwert des Gestelldurchmessers im Hinblick auf den Koksverbrauch, auf den es allerdings nicht allein bei der wirtschaftlichen Beurteilung ankommt.

Ein erweitertes Hochofengestell führt zwangsläufig zu einer Verkürzung der Durchsatzzeit und diese wieder zu einer Erzeugungssteigerung. Dies wird klar, wenn man bedenkt, daß man bei weitem Gestell mit größerem Winddruck blasen muß, um in die Ofenmitte vorzudringen. Ein höherer Winddruck bedingt eine größere Windgeschwindigkeit und diese eine größere Windmenge in der Minute, eine größere Tageserzeugung und eine kürzere Durchsatzzeit. Dabei wird für 1 t Roheisen weniger Wärme an die Umgebung verloren gegeben; andererseits wächst aber erfahrungsgemäß bei solchen Öfen die Kühlwassermenge und Kühlwassermenge und gleicht diesen Vorteil mindestens teilweise aus. Abgesehen davon wird die Gichttemperatur höher, weil bei der kurzen Durchsatzzeit die Gaswärme nicht ausreichend an die Beschickung übertragen werden kann. Auf diese Weise ist es verständlich, wenn man auf höhere Koksverbrauchszahlen bei Öfen mit sehr weiten Gestellen stößt.

Man hat auch diese neuzeitlichen großen Gestelldurchmesser nicht in Hinblick auf Koksersparnis eingeführt, sondern in dem Bestreben, hohe Tageserzeugungen mit allen ihren wirtschaftlichen Vorteilen zu erzielen. Dabei mußte man auch an Erze denken, die in Hinblick auf Hängeerscheinungen schwierig zu verhütten waren, und fand, daß diese Schwierigkeiten behoben wurden, wenn man durch Vergrößerung des Gestelldurchmessers das Ofenprofil nahezu zylindrisch gestaltete und die Durchsatzzeit verkleinerte.

Aber nicht immer darf man dies Verfahren unverändert anwenden, weil die bei Bessemer- und Thomasroheisen gebräuchlichen kurzen Durchsatzzeiten bei Gießerei- und Spiegeleisen, auch bei Ferromangan und Ferrosilizium zu Mißerfolgen führen. Es fehlt bei den kurzen Durchsatzzeiten an Zeit, um die Reduktionsvorgänge voll auslaufen zu lassen.

Auch aus diesem Grunde ist es falsch, ganz allgemein die Erweiterung des Gestells als günstig hinzustellen.

In bezug auf den Wasserstoffgehalt der Gase im Hochofengestell habe ich eine z. T. abweichende Ansicht, die ich hier nur kurz andeuten möchte<sup>6)</sup>. Man kann den Wasserstoffgehalt

der Gichtgase im voraus bestimmen, wenn man den durch den Wasserdampf der Gebläseluft eingebrachten Wasserstoff und den im Koks eingeführten Wasserstoff zusammenzählt. Demnach beteiligt sich der Wasserstoff nicht an den Reduktionsvorgängen.

Ebenso bitte ich auf die Konstanz der Reduktionsziffer bei den untersuchten Hochöfen zu achten. Es scheint hier wieder meine Annahme bestätigt zu werden, daß von dem an Eisen und Mangan gebundenen Erzsauerstoff etwa 55 % im Sinne der indirekten Reduktion an Kohlenoxyd gebunden werden und 45 % der direkten Reduktion anheimfallen.

In dem Vortrage von Dr.-Ing. Eichenberg bin ich mit der Feststellung bekannt geworden, daß die Gangart der Eisenerze (bei den Versuchen von Schenck ist Magnesia benutzt) auch Einfluß auf die Reduktion des Eisens hat. Dies ist ja ganz natürlich und stimmt auch mit anderen metallurgischen Vorgängen überein. Ich habe von jeher behauptet, daß alle die Reduktionsversuche mit chemisch reinen Eisen-Sauerstoff-Verbindungen keinen Wert haben. Man muß, wie es auch schon Forscher früherer Zeit vor etwa 50 Jahren getan haben, Eisenerze und nicht chemische Präparate zu solchen Versuchen heranziehen. Ich denke, demnächst über die Hochofenvorgänge im Zusammenhang mit der Sinterung und Verschlackung hier berichten zu können.

Dr.-Ing. H. Lent (Duisburg-Meiderich): Dr.-Ing. Bansen hat in seinen Ausführungen besonders auf einen Punkt hingewiesen, nämlich den, wie sehr die heute geschilderten schwierigen und mühevollen Messungen sowie die Gasprobenahmen im Hochofen des Gegenbeweises durch die Probenahme der Beschickung selbst ermangeln. Gerade die Erz- bzw. Metallprobenentnahmen aus dem Hochofen würden ja das Bild, das wir uns bisher aus den Gasproben gemacht haben, ergänzen. Die wenigen bisher in Deutschland gelungenen Beschickungs-Probenentnahmen geben noch kein einwandfreies Bild. Dagegen liegt eine amerikanische Arbeit vor<sup>7)</sup>, die ein ganz unerwartetes Bild ergeben hat. Der bekannte amerikanische Hochofenversuchs-Ingenieur S. P. Kinney hat aus einem Ofen Proben in der Weise entnommen, daß er den Ofen zur Untersuchung der Beschickung an verschiedenen Stellen in einen abschließbaren Behälter ausblasen ließ. Eigenartigerweise haben diese Proben das Ergebnis, daß schon in einer Zone 685 mm oberhalb der Blasformenebene ein völlig zementiertes Eisen, das Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor enthält, gefunden wird. Kinney berichtet darüber, daß er in dieser Zone das Metall flüssig angetroffen habe, und zwar habe das Metall in dieser Zone eine Zusammensetzung gehabt, wie sie aus Abb. 8 ersichtlich ist.

Diese Abbildung läßt außerdem den Verlauf der Reduktion von der Rast bis zum Abstich erkennen. Silizium- und Kohlenstoffgehalt steigen bis zur Blasformenebene an, und nehmen dann ab, während der Phosphorgehalt stetig ansteigt. Sehr merkwürdig haben sich Mangan und Schwefel verhalten. Der Mangan-gehalt betrug oberhalb der Blasformenebene etwa 1,1 %, nahm dann ab in gerader Richtung bis zum Eisenabstich auf 0,5 %. Es verschwindet also über die Hälfte des Mangangehaltes aus dem Metall. Der Schwefelgehalt nimmt in gleicher Weise ab. Es scheint dies auf die entscheidende Wirkung des Mangans hinzuweisen. Es liegt also scheinbar schon in einer Ebene etwa 685 mm oberhalb der Blasformen ein ziemlich hochzementiertes Metall vor, und zwar in flüssigem Zustande. Beim Hindurchgehen durch die Oxydationszone in der Windformenebene treten ganz typische Umsetzungen auf, die sich auch bis zum Abstich bemerkbar machen.

Diese Untersuchungen sind natürlich nur an einem einzigen Ofen gemacht worden und stellen vielleicht nur ein Schulbeispiel für diesen einen Ofen dar. Es würde aber meines Erachtens eine der Hauptaufgaben der nächsten Hochofenuntersuchungen sein, neben den Gasanalysen auch Erzanalysen aus dem Ofen herauszuholen und die Gasanalyse mit der Erzanalyse zu ergänzen, um beide dann miteinander vergleichen zu können. Erst dann werden wir über diese so verwickelten Vorgänge im Hochofen ein einheitliches Bild gewinnen können.

Dr.-Ing. G. Bulle (Düsseldorf): Aus den Vorträgen von Dr.-Ing. Eichenberg und Dr.-Ing. Lennings ergibt sich einheitlich, daß die Erze hauptsächlich rd. 50 cm entfernt von den Formengrenzen senkrecht heruntersinken. Beide zeigten Anhalte dafür, daß die Gestellvorgänge unmittelbar durch das Wandern im Hochofenschacht beeinflusst werden. Wenn auch beide Arbeiten einheitlich zu solchen Ergebnissen kommen, so scheint es mir doch noch nicht ausreichend zu sein, um darauf allgemein gültige Schlüsse aufzubauen, und ich möchte die Bitte an die Versammlung richten, weitere wissenschaftliche Untersuchungen gerade der Gestellvorgänge zu machen. Die Hochschullehrer haben ja

<sup>6)</sup> Ausführliches siehe Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 673/5 (Gr. A: Nr. 26); vgl. St. u. E. 48 (1928) S. 860/1.

<sup>7)</sup> Techn. Paper Bur. Mines Nr. 397 (1926); vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 361/2 u. 1331/2.

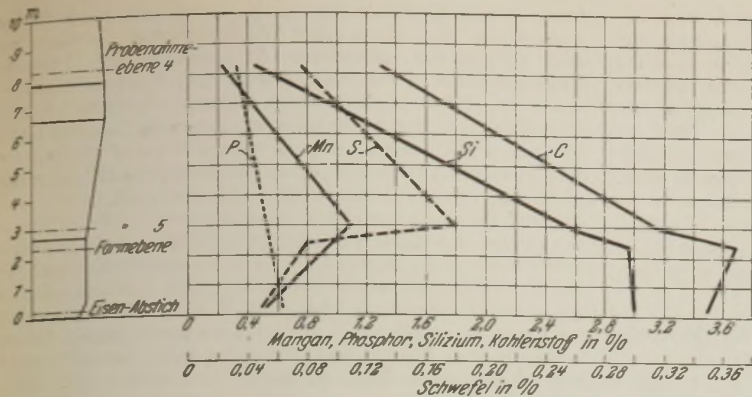


Abbildung 8. Aenderung der Roheisenzusammensetzung von Rast bis Abstich nach Kinney.

häufig Gelegenheit, Doktoranden mit solchen Aufgaben zu betrauen. Es gibt noch eine große Reihe von Fragen, die zu lösen sind. Insbesondere möchte ich empfehlen, fünf große Aufgaben weiter zu bearbeiten, um den Einfluß der Gestellvorgänge auf den Hochofengang kennenzulernen.

1. Dr.-Ing. Lennings sagt, die Verbrennungstiefe sei konstant. Er stützt sich dabei auf seine eigenen und amerikanischen Versuche, die ungefähr gleiche Verbrennungstiefen hatten. Aber trotzdem scheint mir das nicht einwandfrei festzustehen. Ich würde es begrüßen, wenn darüber weitere Feststellungen gemacht würden. Wie beeinflusst z. B. die Formenzahl, der Formquerschnitt, die Tiefe der Form im Ofen, der Formlängsschnitt u. a. die Verbrennungstiefe im Hochofengestell?

2. Eine zweite Aufgabengruppe, die wir weiter bearbeiten müssen, hat Dr.-Ing. Lent schon nahegelegt. Wir müssen mehr feste und flüssige Proben aus dem Ofen herausziehen, um nicht nur rückschließend aus unsicheren Gasanalysen festzustellen, was im Hochofengestell und in der Rast vor sich geht, sondern unmittelbar aus den reagierenden festen und flüssigen Stoffen.

3. Die Höhe der Temperatur ist nachzuprüfen. Dipl.-Ing. Stöcker hat sich schon freundlicherweise dieser Aufgabe gewidmet, und Dipl.-Ing. Rheinländer führt bei ihm augenblicklich Temperaturmessungen im Gestell durch, die schon jetzt im Beginn bemerkenswerte Aufschlüsse geben, worauf ich wohl, ohne indiskret zu sein, schon heute hinweisen darf. Man findet Temperaturen bis 2000°, die man sonst immer nur in Berechnungen, aber nicht durch Messungen findet. Die Temperatur fällt dann ab bis 1200 und 1600°. Es gibt aber hier noch viel unbekannte Einflüsse. Manchmal ist der tote Kern in der Ofenmitte schwarz, manchmal ist er 1600° heiß. Natürlich wird er dann mit einer anderen Geschwindigkeit abschmelzen, als wenn er unter 1200° liegt. Dann wird auch die Hochofenbewegung eine andere sein, als wenn er mit 1600° lebendig mitarbeitet und infolgedessen die darüber liegende Säule auch dort absinken kann.

4. Schließlich wäre eine vierte Aufgabe die, noch weitere Verbrennungsanalysen, wie sie Dr.-Ing. Lennings schon so zahlreich gebracht hat — ich glaube, es waren 1300 — vorzunehmen. Dr.-Ing. Bansen erwähnte schon, daß wir bisher nur wissen, was im Windstrahl vor sich geht. Wir müßten auch noch Verbrennungsanalysen neben und über den Formen machen, wie es van Vloten schon vor 35 Jahren gemacht hat, damit wir die wertvollen Unterlagen von Dr.-Ing. Eichenberg und Dr.-Ing. Lennings weiter ergänzen und vervollständigen.

5. Als fünfte zu lösende Aufgabe bleibt die Frage, wie sich die Gase im Gestell verteilen. Wie groß sind die Gasengen, die sich in den einzelnen Zonen bewegen? Wir müßten ein Maß für die Gasströmungen finden, damit wir nicht mehr mit Durchschnitzzahlen zu rechnen haben. Heute errechnen wir z. B. 30% verbranntes Eisen aus Gasanalysen, die vielleicht nur noch 10% der entwickelten Gase darstellen, während 90% schon in Ofenzonen strömen, die wir nicht erfassen.

Es würde mich freuen, wenn das Ergebnis dieser Aussprache das wäre, daß die Möglichkeit für weitere wissenschaftliche Untersuchungen besteht und einige dieser fünf Aufgaben wissenschaftlich bearbeitet werden.

Betriebsdirektor M. Zillgen (Wetzlar): Es fällt auf, daß bei den Untersuchungen in beiden Fällen ziemlich übereinstimmend der Anteil sowohl der indirekten als auch der direkten Reduktion sich um 50% herum bewegt. Ich kann deshalb der Auffassung von Geheimrat Osann, daß die kurze Durchsatzzeit die indirekte Reduktion nachteilig beeinflussen muß, nicht zustimmen; denn die

praktischen Ergebnisse zeigen, daß bei einer kurzen Durchsatzzeit der indirekte Reduktionsanteil nur unerheblich fällt. Gerade die Untersuchungen im Hochofen in Bochum haben gezeigt, daß in der kurzen Durchsatzzeit von rd. 8 st, wobei der Ofen noch etwa 6 m tief gehalten wird, eine verhältnismäßig gute indirekte Reduktionsarbeit geleistet worden ist. Wenn wir noch berücksichtigen, daß bei dem Hochofen in Bochum eine sehr hohe Kohlenoxydzone vorherrscht, also die Zeitspanne, die für die Bewegung der Beschickung in der indirekten Reduktionszone übrigbleibt, sehr kurz gewesen sein muß — ich schätze sie auf 1 st —, so scheint es doch so zu sein, daß der Teil der Beschickung, der der indirekten Reduktion unterliegt, auch leicht und schnell reduziert wird. Es tritt also sehr schnell der Zustand ein, in dem die indirekten Reduktionsvorgänge abgeschlossen sind, weil einerseits die Gleichgewichtsbestrebungen zwischen Kohlenoxyd und Kohlenäure einsetzen, andererseits für die weitere Reduktionsarbeit entweder schon eine starke Sinterung oder je nach dem Gefüge der Erze eine Schmelzung eingetreten sein muß. Gerade der letzte Fall der Reduktionsarbeit in der Schmelze wird bei der Beurteilung eine bedeutende Rolle spielen, weil ein großer Teil der Erze infolge der für eine indirekte Reduktion zu hohen Temperaturzone und auch infolge des festen Gefüges erst in der Schmelze eine vollständige direkte Reduktion erfahren kann.

Ich bin deshalb der Ansicht, daß die kurze Durchsatzzeit die direkte Reduktion an sich nicht stark beeinflussen wird.

Dr.-Ing. A. Wagner (Völklingen): Ich möchte auf die Ausführungen von Dr.-Ing. Eichenberg und Dr.-Ing. Lennings nicht näher eingehen, sondern nur kurz zu den Angaben von Dr.-Ing. Lennings hinsichtlich der oxydierenden Zone etwas bemerken. Ich machte mir den dargelegten Standpunkt voll zu eigen. Von besonderem Werte ist die Sauerstoff-Bilanz, die Dr.-Ing. Lennings aufgestellt hat und aus welcher der hohe Prozentsatz Sauerstoff erkennbar ist, der zur unnötigen Oxydation des Eisens verbraucht wird. Wenn man die Bilder betrachtet, die den oxydierenden Ring kennzeichnen, und vor allen Dingen auch die Ausführungen von Dr.-Ing. Lennings über den innern Kern, den sogenannten „toten Mann“, berücksichtigt, dann neigt man dazu, sich die Frage zu stellen, ob nicht eine Grenze gegeben ist, wo der Bestwert der verminderten oxydierenden Zone und eine obere Grenze in der Bemessung der Gestellweite überhaupt erreicht wird.

In diesem Zusammenhang verdienen die neuesten Zahlen der amerikanischen Hochofen-Abmessungen Beachtung. Bis vor kurzem hatte der größte amerikanische Hochofen eine Gestellweite von 6780 mm (Gary-Werke in Chicago). Diese Gestellweite ist mittlerweile übertroffen worden durch den Ofen 5 der Hüttenwerke Jones & Laughlin in Alequippa (Pittsburgh), der mit 7470 mm Gestellweite 1000 t/24 st herstellt. Der Gesamt-Ofeninhalte ist 1210 m<sup>3</sup>, die Gesamt-Ofenhöhe 27 430 mm<sup>3</sup>). Nach Ansicht maßgebender amerikanischer Fachleute ist ein Ende in der Entwicklung der Gestellweiterung der amerikanischen Hochofen vorläufig noch nicht abzusehen.

#### Nachträgliche schriftliche Äußerungen:

Ingenieur A. Knaff (Luxemburg): Das Eisen der Minette in Möller I des Umstellungsveruches (Zahlentafel 5 der Originalarbeit) tritt nach den neuesten Forschungen nicht als Eisenkarbonat auf, wie das von Dr.-Ing. Eichenberg angenommen wird. Es wären daher in dieser Zahlentafel die errechneten Werte entsprechend zu ändern.

Zum Vortrage von Dr.-Ing. Lennings möchte ich bemerken, daß die Verbrennung des Koks von der Geschwindigkeit des Windes selbst und von der Größe bzw. dem Durchmesser der angewandten Koksstücke abhängig ist. Größere Koksstücke verbrennen langsamer als kleinere, da größere Stücke dem Gebläsewind weniger Oberfläche als kleinere bieten. Dieser Umstand trägt viel zu der Tiefe der Verbrennungszone bei; die Schnelligkeit der Verbrennung wird durch die Größe der in der Zeiteinheit verfügbaren Oberfläche bedingt und dadurch die angenehme konstante Tiefe beeinflusst.

Bei dem von Dr.-Ing. Lennings angeführten Gestelldurchmesser von 3,5 m werden z. B. bei 10 cm  $\phi$  der Kokskörner je m<sup>3</sup> Gestellinhalt 44 m<sup>2</sup>, nach amerikanischen Verhältnissen bei 7,5 cm  $\phi$  der Körner 58,66 m<sup>2</sup> Oberfläche in der Zeiteinheit dem Gebläsewinde zur Verbrennung geboten, also eine um 33% größere Oberfläche, wodurch der Verbrennungsraum bei gleicher Wind-

\*) Siehe St. u. E. 48 (1928) S. 624.

geschwindigkeit verändert werden muß. Wird nach amerikanischen Verhältnissen durch Verminderung der Koksgröße die Verbrennungszone mehr nach dem Rande verlegt, so muß die angeführte Oxydation der reduzierten Metalle wegen der vergrößerten Oberfläche vor den Formen vermindert werden. Die angeführte Bildung des Kokskegels müßte nach der Mitte des Gestells zunehmen, was wohl nicht möglich sein kann, da sonst Hochofen mit Gestelldurchmesser bis zu 7 m, wie von Dr. Jung. Wagner angeführt, sehr unvorteilhaft arbeiten würden.

Unter der Annahme, daß die konstante Tiefe der Verbrennungszone rd. 1 m beträgt (Abb. 23 der Originalarbeit), ist zu schließen, daß bei Erweiterung des Hochofengestells z. B. von 3,5 auf 7 m  $\phi$  sich folgendes Bild ergibt:

Bei einem Gestelldurchmesser von 3,5 m beträgt die Fläche des

$$\text{„Kerns“ } (3,5 - 2 \cdot 1)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 1,76 \text{ m}^2;$$

bei einem Gestelldurchmesser von 7 m beträgt die Fläche des

$$\text{„Kerns“ } (7 - 2 \cdot 1)^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 19,63 \text{ m}^2.$$

Im Verhältnis von 19,63 : 1,76 = 11 müßte nach der Oxydationstheorie vor den Formen der Metalloxydulgehalt in der Hochofenschlacke der Amerikaner geringer sein, was leicht nachzuprüfen ist.

Dr. F. Wüst (Düsseldorf): Dr. Jung. Bansen ist der Auffassung, daß wenig von solch mühseligen Versuchen, wie sie Dr. Meyer im „Porzellanschiffchen“ ausgeführt hat, zu erwarten ist und die Forschungen über den Hochofen an ihm selbst vorzunehmen sind. Er vergißt jedoch hierbei, daß alle Grundtatsachen der Naturwissenschaft durch solche mühseligen Versuche im Laboratorium festgestellt worden sind. Hätte z. B. Lavoisier den Verbrennungsvorgang an einer gewerblichen Feuerung statt im Laboratorium studiert, so wäre wohl die Phlogiston-Theorie erst viel später gestürzt worden und der heutige Stand der metallurgischen Erkenntnis noch verworrener.

Als die Winderhitzung aufkam, konnte man sich über die Wirkungen im Hochofen kein Bild machen. Der hessische Hütteninspektor Pfort stellte im Verein mit dem Physiker Baff von der höheren Gewerbeschule in Kassel Versuche an, indem sie einmal kalte und einmal heiße Luft über Kohle, die sich in einem Porzellanschiffchen in einem Glasrohr befand, leiteten. Sie erkannten aus dem Versuch, daß bei heißer Luft die Verbrennung früher einsetzt und die Temperatur höher ist als bei kalter Luft. Dieser einfache Versuch im Porzellanschiffchen trug viel zur Aufklärung der Wirkung des heißen Windes bei, und er war die Veranlassung für Bansen, der an derselben Schule lehrte, daß er die bedeutsamen Versuche über die Zusammensetzung der Gase im Hochofen ausführte.

Im Jahre 1910 habe ich in einem Aufsatz über die Ursachen der Brennstoffersparnis und deren Mehrerzeugung beim Hochofenbetrieb durch die Verwendung erhitzten und getrockneten Windes die Untersuchungen von van Vloten und von Neumark und Simmersbach zum Teil als Unterlagen benutzt<sup>9)</sup>. Ich habe ausgeführt, daß durch die bereits von van Vloten veröffentlichte Arbeit ein experimenteller Beweis für die Oxydationswirkung des Hochofens vor den Formen geliefert ist, und behauptet, daß dieser Vorgang eine schädliche Wirkung auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes ausübt, was van Vloten nicht ausgesprochen hat.

Das Vorhandensein einer Oxydationszone ist bereits von Ebelmen<sup>10)</sup> im Jahre 1844 ausgesprochen und von L. Rinman<sup>11)</sup>, B. Valérius<sup>12)</sup>, Scheerer<sup>13)</sup>, H. Wedding<sup>14)</sup> u. a. erörtert worden. Den ersten vollkommen sicheren Beweis hat jedoch erst ungefähr 50 Jahre später als Ebelmen van Vloten erbracht. Ebelmen und Valérius weisen auch auf die Schädlichkeit dieser Reaktion hin, da sie mit einer Abkühlung des Herdes verbunden sei, was mir erst jetzt bekannt geworden ist. Bereits Bansen und später Ebelmen, Scherer, Rinman, Tunner, Wedding, Ledebur usw. haben den Stickstoff als Bezugsgröße für die übrigen Bestandteile und auch für den Sauerstoff der Gase des Hochofens benutzt. Es ist dies nicht zuerst von van Vloten eingeführt, sondern schon seit Bansen Gemeingut der Hochofentheorie. Trotz der seit über 80 Jahren im Schrifttum häufig zur Erörterung stehenden Frage des Vorhandenseins einer Oxydationszone sowie der vor 35 Jahren erfolgten sicheren Beweisführung von van Vloten und

trotz meines Hinweises hierauf im Jahre 1910 wurde bis vor kurzem die Möglichkeit einer Wiederoxydation des Eisens vor den Formen des Hochofens, mit Ausnahme der Professoren Simmersbach und v. Jüptner sowie Dr. Koppers, abgelehnt. Auch während der nunmehr etwa 20jährigen Tätigkeit des Hochofenausschusses sind diese sicher grundlegenden Tatsachen für die Theorie des Hochofenprozesses meines Wissens nur von Dr. Koppers behandelt worden, wobei sich nur vereinzelt Zustimmung, wohl aber Ablehnung der Wiederoxydation ergab.

Dr. Bansen ist, was ich gerne hervorhebe, meines Wissens der einzige, der meine Verdienste um die Wiederaufnahme dieser Frage in einer der mir zugegangenen Zuschriften anerkennt. Er hat jedoch bereits gegen die weittragende Bedeutung, die ich dieser Wiederoxydation beilege, Stellung genommen<sup>15)</sup>, und es hat ferner ein schriftlicher Austausch der Meinungen zwischen uns stattgefunden. Hieraus ersah ich, daß zwischen den Auffassungen von Dr. Bansen und mir ein weiter Unterschied besteht, so daß ich zu der Einsicht kam, eine Klärung der Frage wäre nur durch eine längere mündliche Unterhaltung möglich, und ich habe Dr. Bansen zweimal vergeblich durch die Geschäftsstelle des Vereins deutscher Eisenhüttenleute den Vorschlag einer mündlichen Aussprache unterbreitet, worauf Dr. Bansen jedoch nicht eingegangen ist, sondern eine öffentliche Erörterung wünschte.

Zum Beweis der Verschiedenheit unserer Auffassungen möchte ich nachstehende Punkte anführen.

1. Die Erzeugungsmenge im Frischfeuer ist mindestens sechsmal so groß wie in den neuzeitlichsten schwedischen, mit hochwertigen Erzen betriebenen Holzkohlenhochofen. Meine Auffassung geht dahin, daß dieser große Unterschied durch die metallurgisch verschiedenen Vorgänge der beiden Reduktionssysteme bedingt sein muß. Einer dieser Gründe liegt in der Umkehrung des Prozesses beim Hochofen, also in der Wiederoxydation, die beim Rennfeuer ausgeschlossen ist. Dr. Bansen glaubt, die hohe spezifische Erzeugung des Rennfeuers durch Verwendung hochwertiger Erze erklären zu müssen. Es sollte ihm aber doch bekannt sein, daß die Holzkohlenhochofen in Schweden ebenfalls mit hochwertigen Erzen betrieben werden.

2. Dr. Bansen glaubt, das niedertropfende Eisen samt der Oxydulschlacke könne in einem um mehrere 100° kälteren, gasförmigen Mittel einen Weg von 1 bis 1,5 m ohne jeglichen Temperaturverlust zurücklegen. Nach meiner Auffassung muß entsprechend den Gesetzen der Wärmelehre eine Abkühlung stattfinden, und es entsteht im Herd ein Fehlbetrag, der durch vermehrte Kohlenstoffverbrennung gedeckt werden muß.

3. Dr. Bansen berechnet die Oxydationszone bei dem Hochofen von van Vloten zu 39% und stellt dies meiner Berechnung von 60% gegenüber, ohne allerdings zu erwähnen, daß ich von ungefähr 60% gesprochen habe. Der Unterschied in den Ergebnissen der beiden Berechnungen erklärt sich dadurch, daß Dr. Bansen die Grenze der Oxydationszone durch die letzten Analysenpunkte legt, in denen van Vloten noch Kohlensäure (4 bis 13%) findet, wobei er ganz außer acht läßt, daß sich die Zone noch so weit erstreckt, bis das Verhältnis  $N_2 : O_2$  gleich dem der Luft ist.

4. Dr. Bansen betont, daß zur genauen zahlenmäßigen Berechnung des wiederoxydierten Eisens die Kenntnis der Strömungsverhältnisse nötig ist. 1926 habe ich hierüber folgendes gesagt: „Die Menge des wiederoxydierten Eisens kann jedoch nur berechnet werden, wenn neben den Analysenwerten auch die Strömungsverhältnisse des Windes im Ofen bekannt sind“, und ich habe betont, daß es sich deshalb bei meiner Berechnung nur um eine Schätzung handelt. Dr. Bansen ist dies offenbar entgangen.

5. Meine Angabe, daß die Reduktion des Eisenoxyduls der Schlacke im Gestell sehr rasch verläuft und man deshalb nur wenige Prozente darin nachweisen kann, soll nach Dr. Bansen ähnlich klingen wie die Sätze von Osann und Brassert, die sagen, daß eine Oxydation in Gegenwart von weißglühendem Koks nicht möglich ist. Der Unterschied ist sehr groß; es ist nicht dasselbe, ob ich einen Gegenstand kaufe und dann wieder verkaufe, oder ob ich ihn gar nicht kaufe. Im ersten Falle kann unter Umständen ein Verlust eintreten, im zweiten Falle ist jeder Verlust ausgeschlossen. Ich behaupte, vor den Formen findet eine Oxydation und erst im Gestell außerhalb der oxydierenden Zone die schnell verlaufende Reduktion statt. Dieser Umschlag der Hochofenarbeit vor den Formen ist die Ursache eines höheren Koksverbrauches. Osann und Brassert verneinen dagegen jegliche Wiederoxydation.

Nun hat sich Dr. Bansen nicht nur mit meinem Vortrag vor dem Hochofenausschuß beschäftigt, sondern er hat auch einen im Herbst 1927 dem Iron and Steel Institute vorgelegten Vortrag unter die Lupe genommen und an demselben Kritik geübt. Ob-

<sup>9)</sup> Metallurgie 7 (1910) S. 403/15.

<sup>10)</sup> Z. B. Annales des Mines 5 (1844) Ser. 4, S. 3.

<sup>11)</sup> Berg-Hüttenm. Zg. 24 (1865) S. 265.

<sup>12)</sup> Theoretisch-praktisches Handbuch der Roheisen-Fabrikation (Freiberg: J. G. Engelhardt 1851) S. 493.

<sup>13)</sup> Poggendorfs Annalen (1843) S. 489.

<sup>14)</sup> Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., 3. Bd. (Braunschweig: F. Vieweg u. Sohn 1906) S. 250 ff.

<sup>15)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 1005.

gleich mir Dr. Bansen vorher mitteilte, daß er den dem Iron and Steel Institute vorgelegten Bericht kritisieren werde, halte ich eine solche Kritik im Hochofenausschuß nicht für zulässig, solange er den Zuhörern nicht in allen Teilen bekannt ist.

An diesem Vortrag findet Dr. Bansen wiederum sehr vieles anzusetzen.

6. Dr. Bansen sagt in einer Zuschrift vom 6. Januar 1928: „Die Kohlenstoffaufnahme kann doch nur mit langsam steigendem Kohlenstoffgehalt bis zu 1130° sinkendem Erstarrungspunkt bei 1,7% C im festen Zustande und eine weitere Kohlenstoffaufnahme nur in flüssigem Eisen erfolgen. Dr. Bansen glaubt also, daß Eisen im festen Zustande nur 1,7% C aufnehmen könne. Schon seit über 150 Jahren ist durch Réaumur bekannt, daß, wenn der Zementationsprozeß lange dauert, der Stahl unter dem Hammer zerspringt. R. Mannesmann<sup>16)</sup> hat Ende der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts grundlegende Versuche über das Zementieren des Eisens gemacht und hat nachgewiesen, daß in kurzer Zeit (ungefähr 1 st) vom Schmiedeeisen 4,7% C aufgenommen werden, ohne daß Schmelzung eintritt. Charpy<sup>17)</sup> ist bei 1000° in 36 st sogar bis zu einem Kohlenstoffgehalt von 9,27% gekommen. Byrom<sup>18)</sup> hat bei ungefähr 500° eine Zementation bis zu 6,2% C gefunden. Theoretisch liegt kein Grund vor, durch Zementation nicht bis zum Eisenkarbid oder noch darüber hinaus zu kommen.“

7. Dr. Bansen beanstandet die von Dr. Meyer ausgeführten Versuche, weil sie nach ihm den günstigsten Grenzfall bei innigster Mischung und langen Reduktionszeiten in Abwesenheit von Eisenoxydul darstellen. Ich kann beim besten Willen nicht einsehen, weshalb Eisenoxydul abwesend sein muß. Die Aufnahme durch Diffusion ist in erster Linie abhängig von der Größe der reagierenden Oberfläche. Sodann spielen noch Temperatur und Zeit eine Rolle. Der bei der Reduktion von Erz gebildete Eisenschwamm hat eine derart große Oberfläche, daß er sich an der Luft entzündet. Den Versuchen von Dr. Meyer, der mit Eisenstäbchen und Blumendraht arbeitete, lagen also nicht günstigere, sondern um Größenordnungen ungünstigere Bedingungen zugrunde, als dies im Hochofen der Fall ist.

8. Aus meiner Auffassung, daß aus der flüssigen Schlacke keine großen Beträge an Silizium, Mangan und Phosphor reduziert werden können, solange die Schlacke noch beträchtliche Mengen Eisenoxydul enthält, schließt Dr. Bansen, daß auch im festen Zustande das reduzierte Eisen in Gegenwart von Eisenoxydul kein Silizium usw. aufnehmen könne. Dadurch zeigt Dr. Bansen, daß ihm die Unterschiede der Reaktionen zwischen flüssigen und festen Phasen bei der Niederschrift dieser Zeilen nicht gegenwärtig waren. Im flüssigen Zustand wird durch die schnelle Bewegung der Moleküle das reduzierte Silizium usw. durch den Sauerstoff des gleichzeitig vorhandenen Eisenoxyduls sofort wieder oxydiert. Im festen Zustand tritt dagegen infolge geringen Platzwechsels eine Oxydation durch das räumlich getrennte Eisenoxydul nicht ein. Durch Diffusion in den Eisenschwamm ist das Silizium auch vor einer Oxydation durch eine flüssige, oxydulhaltige Schlacke geschützt.

9. In der 1910 erschienenen sowie in der englischen Arbeit habe ich die Zusammensetzung von 11 Wascheisenproben von fünf verschiedenen Holzkohlenhochöfen mit zu gleicher Zeit gefallenem Roheisen verglichen und gefunden, daß, abgesehen von vier Analysen der 44 Vergleichsproben, das Wascheisen mehr Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel enthält als das gleichzeitig gefallene Roheisen. 90% der Fälle stimmen also mit meiner Theorie überein. Dr. Bansen glaubt, dies mit der Erklärung, daß es sich hier um einen Zufall handle, beiseite schieben zu können. Weiterhin gibt er an, daß man von diesen Proben, weil sie vom Holzkohlenhochofen stammen, deren Reaktionsverlauf nach Zeit und Temperatur ein anderer ist, absehen müsse. Nun ist die Temperatur im Holzkohlenhochofen durchweg niedriger, also die Bedingungen für die Zementation ungünstiger. Weiterhin kann ich Dr. Bansen darin nicht beistimmen, daß der Reaktionsverlauf im Holzkohlenhochofen so verschieden von dem des Kokshochofens ist, daß die Wascheisenproben nicht als Beweismittel herangezogen werden können.

10. Dr. Bansen sagt, daß „die Wascheisenproben des Kokshochofens mit 4,49% C gegen 4,5% C im fertigen Eisen ganz den Ueberschuß an Kohlenstoff vermissen lasse, der ja nach Wüst bei Kokshochöfen im besonderen als Desoxydationsmittel dienen soll“. Niemals habe ich die Behauptung aufgestellt, daß das Wascheisen einen höheren Kohlenstoffgehalt haben muß als das gleichzeitig gefallene Roheisen. Das Roheisen kann beliebige

Mengen Kohlenstoff in das Gestell einbringen, und es kann noch soviel Kohlenstoff des Karbids für die Zerstörung des Eisenoxyduls der Schlacke im Gestell verbraucht werden, immer wieder wird sich das Roheisen aus dem Koksbett entsprechend seiner Temperatur und Zusammensetzung mit Kohlenstoff sättigen.

Inzwischen sind aber zwei Arbeiten bekannt geworden, in denen Proben aus verschiedenen Zonen des Hochofens entnommen und analysiert worden sind und dadurch die Forderung von Dr. Bansen erfüllen, daß sie, um beweiskräftig zu sein, am Hochofen ausgeführt sein müssen. Die eine der Arbeiten ist von dem Amerikaner S. P. Kinney<sup>19)</sup> an einem Kokshochofen und die andere von dem Schweden Ivar Bohm<sup>20)</sup> an einem Holzkohlenhochofen durchgeführt worden.

Mit Schreiben vom 7. Dezember 1927 habe ich Dr. Bansen auf diese beiden Arbeiten aufmerksam gemacht und ihm mitgeteilt, daß durch diese Untersuchungen meine Auffassung von der Aufnahme der Fremdkörper im Hochofen durch Zementation bestätigt worden ist. Aus einer längeren mir zugeschickten Abhandlung vom 22. Dezember 1927 ersah ich, daß Dr. Bansen beide Arbeiten nicht berücksichtigt hat, und ich habe daher am 28. Dezember 1927 zum dritten Male schriftlich direkt den Vorschlag zu einer mündlichen Auseinandersetzung gemacht. Er bittet mich jedoch unter dem 30. Dezember 1927, hiervon Abstand nehmen zu wollen. Unter dem 13. Januar 1928 erhielt ich eine neue Abhandlung nebst Begleitschreiben, in der Dr. Bansen mitteilt, daß er auch jetzt noch eine Gelegenheit zur Aussprache im Fachkreise gern ergreifen werde. Hierauf habe ich Dr. Bansen nicht mehr geantwortet, weil mich die dreimalige Ablehnung einer mündlichen Aussprache verstimmt hatte. Auch nahm ich nach diesem Vorgang keine Veranlassung, zu der Sitzung des Hochofenausschusses zu gehen.

Kinney und Bohm haben sich zu meinem dem Iron and Steel Institute vorgelegten Vortrag geäußert<sup>21)</sup>. Hervorheben muß ich jedoch, daß Kinney das Ausmaß der Wiederoxydation bestreitet. Die Uebersetzung<sup>22)</sup> der auch meine Theorie bestätigenden Hauptpunkte ist folgende.

S. P. Kinney (S. 82/3):

„Schlußfolgerungen.

1. Im allgemeinen kann man sagen, daß die beiden Berichte (von Dr. Wüst und von dem Referenten) weitgehend übereinstimmen. Beide Untersuchungen, die vollkommen unabhängig voneinander durchgeführt wurden, beweisen klar, daß der größere Teil der Metalloide von dem Metall aufgenommen wird, bevor die Formenebene erreicht ist.

2. Analysen von Schlackenproben aus der Formenebene und aus dem Mittelpunkt des Gestells weisen weniger als 2% Eisenoxydul auf.

3. Wenn 15% des Sauerstoffs zur Oxydation des Eisens in der Verbrennungszone verbraucht würden, so müßte die Schlacke ungefähr 54,5% Eisenoxydul enthalten.

4. Das Eisen aus dem Abstich zeigt eine Verringerung des Gehaltes an Mangan, Silizium und Kohlenstoff im Vergleich zu den Proben, die aus der Formenebene entnommen wurden.

5. Da das Absticheisen einen Rückgang des Mangans, Silizium- und Kohlenstoffgehaltes zeigt, werden diese Elemente vor den Formen oxydiert. Es wird angeführt, daß der Vorgang dieser Oxydation ähnlich dem bei dem Bessemer-Verfahren ist.

6. Daß Mangan, Silizium und Kohlenstoff in der angegebenen Art vor den Formen gleichzeitig mit Eisen oxydiert werden, übt einen günstigen Einfluß auf das Eisen aus, da die Gegenwart und die Oxydation dieser Metalloide eine vorbeugende Wirkung hat und verzögernd auf die Oxydation des Eisens wirkt.

7. Da die Oxydation der Metalloide sowohl bei weitem als auch bei engem Gestell stattfindet, sollte die Güte des Eisens aus beiden Öfen (mit weitem oder engem Gestell) mit Rücksicht auf die Gegenwart von oxydiertem Eisen ähnlich sein.“

Ivar Bohm (Royal Technical College, Stockholm, S. 85):

„Es geht daraus hervor, daß ein Teil des Siliziums und Mangans des Roheisens von dem Eisen aufgenommen wird, bevor es geschmolzen ist, und daß ein anderer Teil von den Eisentropfen aufgenommen wird von dem Punkte ab, wo das Roheisen seinen Schmelzpunkt erreicht bis zur Trennungszone von Eisen und Schlacke. Wenn das Roheisen durch die Formen-

<sup>19)</sup> Bull. Bur. Mines Nr. 397 (1926); vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 361/2 u. 1331/2.

<sup>20)</sup> Jernk. Ann. 111 (1927) S. 145/208; vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 1955/6.

<sup>21)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 78/88.

<sup>22)</sup> Um die Uebersetzung aus dem Englischen habe ich die Geschäftsstelle des Vereins deutscher Eisenhüttenleute gebeten, und ich danke ihr hiermit für das Entgegenkommen.

<sup>16)</sup> Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes 58 (1879) S. 31/68.

<sup>17)</sup> St. u. E. 30 (1910) S. 962.

<sup>18)</sup> St. u. E. 36 (1916) S. 145.

ebene hindurchgeht, ist es daher mit Kohlenstoff, Silizium und Mangan ebenso wie mit Phosphor und Schwefel legiert. Kinneys Untersuchungen (Bureau of Mines Technologic Paper, Nr. 397, 1926) bestätigen diese Annahme.“

Dr.-Ing. H. Bansen: In seinem Bericht vor der Gemeinschaftssitzung der Fachausschüsse des Vereins deutscher Eisenhüttenleute<sup>23)</sup> glaubte Dr. Wüst feststellen zu können:

Die oxydierende Zone vor den Formen hat außerordentliches und schädliches Ausmaß.

Sie beeinträchtigt die Leistung und Wirtschaftlichkeit des Hochofens.

Man kann sie durch Gestellerweiterung verringern.

Die geteilte Aufnahme des Berichtes führte zu dem Wunsche nach einer Aussprache, die Dr. Wüst bis nach der Hauptversammlung und seinem weiteren Bericht verschoben haben wünschte. Da sie danach nicht erfolgte und sein erster Bericht inzwischen in „Stahl und Eisen“ erschienen war, so nahm ich dazu schriftlich Stellung. Dem darauf folgenden Vorschlage von Dr. Wüst zu einer persönlichen Aussprache konnte ich um der allgemeinen Aussprache willen nicht entsprechen. Auch das Verlangen von Dr. Wüst, diese allgemeine Aussprache mit einem Bericht über neue Untersuchungen einzuleiten, erschien mir nicht angebracht, da erst der alte Vortrag zu erörtern war. Als die Frist von zwei Monaten, die sich Dr. Wüst für die Vorbereitung zur Aussprache erbat, verstrichen und er im weiteren krankheitshalber verhindert war, war ich mit Rücksicht darauf mit dem Abdruck des Schriftwechsels ohne meine Erwiderung einverstanden. Sie steht aber beim Verein deutscher Eisenhüttenleute zur Einsichtnahme zur Verfügung.

Bei einem kurzen Bericht vor dem Unterausschuß des Hochofenausschusses über Hochofenuntersuchungen mußte ich notgedrungen bei der Beurteilung des Wertes von Analysen, die durch die Windform entnommen wurden, kurz auf Dr. Wüsts Ansicht über den Umfang der Oxydationszone und ihrer Wirkung eingehen. Der Sitzungsbericht gab Dr. Wüst Anlaß, in einem Schreiben, dessen Kenntnissgabe an die Sitzungsteilnehmer erwünschte, eingehend dazu Stellung zu nehmen. Ich nahm dazu und zu den darin aufgeführten Untersuchungen von H. H. Meyer und zu dem ebenfalls erwähnten Vortrage von Dr. Wüst vor dem Iron and Steel Institute (dazu besonders) Stellung. Da der Verein deutscher Eisenhüttenleute zu der Zeit nicht in der Lage war, mir die Berichte von S. P. Kinney und I. Bohm zu verschaffen, konnte ich diese nicht berücksichtigen. Beide Erwiderungen stellte ich Dr. Wüst zu. Er bestand nunmehr nicht mehr auf der Veröffentlichung, sondern regte wieder eine persönliche Aussprache an. Ich bat ihn, diese zu vertagen, da ich nach wie vor die Meinung vertrat, daß die Klärung der verschiedenen Anschauungen nicht unser beider Angelegenheit allein war. Die Anregung des Vereins, die nächste Hochofenausschusssitzung mit den beiden den gleichen Gegenstand berührenden Vorträgen von Dr.-Ing. Eichenberg und Dr.-Ing. Lennings, namentlich dem letzteren, zu einer solchen Aussprache zu benutzen, schien mir ein Weg, den ich nicht ausschlagen durfte. Ich ließ daher die Sache bis dahin ruhen und schrieb am 13. Januar an Dr. Wüst, daß ich diese Gelegenheit wahrnehmen würde, ihn aber bäte, nachdem er im einzelnen genau aus meinen Zuschriften meine Stellung kenne, mir mit wenigen Worten mitzuteilen, worin ich ihn seiner Ansicht nach mißverstanden habe, um die Aussprache auf das notwendigste Maß zu beschränken. Eine Antwort erhielt ich nicht. Ich mußte daher um so mehr im Glauben sein, daß er zu der Sitzung erscheinen würde, als ja die beiden Vorträge und nicht meine Stellungnahme zur Aussprache standen.

Ich habe in der Versammlung den Bescheid erhalten, man wüßte nicht, ob Dr. Wüst da wäre, müßte aber wohl annehmen, daß er käme. Infolgedessen habe ich in bekannter Weise das Wort ergriffen. Ich habe dabei an Hand der Literaturstellen, die er mir selbst in seinen Zuschriften angab, auf seine Hochofentheorie Bezug genommen. Es ist mir daher unverstänlich, wenn er dagegen Verwahrung einlegt, daß über seinen Vortrag vor dem Iron and Steel Institute gesprochen wurde, solange er den Zuhörern nicht in allen Teilen bekannt war, um so weniger, als ich ihm im Hinblick auf die Aussprache schon am 13. Januar 1928 geschrieben hatte:

„Der mir vom Verein freundlichst zur Verfügung gestellte Abdruck Ihres Vortrages vor dem Iron and Steel Institute hat mir nochmals Anlaß gegeben, meinen Standpunkt zu Ihrer darin sehr scharf gekennzeichneten Theorie zu prüfen. Ich erlaube mir daher, Ihnen eine Abschrift meiner Stellungnahme dazu zu übersenden. Es dürfte Ihnen wenig Mühe machen, mir kurz mitzuteilen, worin ich Sie mißverstanden habe.“

<sup>23)</sup> St. u. E. 46 (1926) S. 1213/21.

Die vorstehenden Ausführungen scheinen mir für den Fernstehenden zum Verständnis einiger von Dr. Wüst in seiner Zugschrift angeführten Begebenheiten notwendig. Ehe ich weiter auf seine Theorie eingehe, muß ich einige Bemerkungen zum Tatsächlichen machen:

Ich habe im Hinblick auf die Folgerungen, die H. H. Meyer aus seinen Versuchen zieht, gesagt: „Der Vergleich mit den uns heute vorgeführten Forschungsergebnissen zeigt klar, wie wenig wir von solchen mühseligen Versuchen zu erwarten haben, von dem Kleinversuch aus den Hochofenvorgang mit seinen ganz anderen Zeit-, Temperatur- und Massenverhältnissen in eine Regel pressen zu wollen... und sehen mit der heutigen Arbeit den vollgültigen Beweis erbracht, daß wir es nicht scheuen sollen, die Studien am Hochofen an ihm selbst vorzunehmen.“

Man tut meines Erachtens der Wissenschaft aber keinen Dienst, wenn man einen wertvollen Beitrag aus einem Versuch in andere Verhältnisse hinein verallgemeinert.

Zu Punkt 2. Die Unterhaltung geht um den Hochofen und nicht um einen gedachten Vorgang. Wo ist im Hochofen ein Raum, in dem das niedertropfende Eisen samt der Oxydul-schlacke in einem um mehrere 100° kälteren gasförmigen Mittel einen Weg von 1,0 bis 1,5 m zurücklegt?

Zu Punkt 3. Die Zeichnungen, die den Umfang der oxydierenden Zone darstellen, sind aus den genannten Aufsätzen entnommen, wovon sich jeder selbst überzeugen kann. Van Vloten sagt dazu noch ausdrücklich: „In Fig. 2 und Fig. 3 habe ich die horizontale und die vertikale Projektion des Raumes, in welchem bei normalem Betriebe auf weißes Thomas-eisen freier Sauerstoff vorkommt, durch horizontale Schraffur gekennzeichnet. Sehr häufig muß dieser Raum viel kleiner gewesen sein.“

Zu Punkt 6. Trotz der unzweifelhaften Tatsache, daß es sich um die Hochofenvorgänge handelt, erscheint es notwendig, darauf hinzuweisen, daß man für die möglichen Vorgänge nur solche Beispiele und Versuche heranziehen darf, die sich im Bereich der für den Ofen geltenden Temperaturen und Zeiten abspielen.

Schon J. Percy<sup>24)</sup> fand 1859 beim Glühen von Eisenblechen in Hellrotglut im Kohlenoxydstrom auch nach 6 st keine steigende Gewichtszunahme (nur 0,034 %). Es handelt sich dabei wohl um die vielumstrittene Eisenkarbid-Bildung bei Temperaturen von 600 bis 650°, wie sie Falcke<sup>25)</sup>, H. C. H. Carpenter<sup>26)</sup>, Hilpert und Dieckmann<sup>27)</sup> bei sehr langen Einwirkungszeiten (300 bis 700 st) in so kleinen Mengen feststellen, daß sie für eine genaue Untersuchung durch die Analyse nicht ausreichen und Carpenter die mutmaßliche Eisen-Kohlenstoff-Verbindung vorsichtig mit „X“ bezeichnet. Sie berechnen P. Oberhoffer<sup>28)</sup> zu der Feststellung:

„Vom praktischen Standpunkt entbehrt die Frage vorläufig des Interesses, da mit Sicherheit feststeht, daß die Zementation unterhalb etwa 850° viel zu langsam verläuft.“

Ohne auf diese so bemerkenswerten Vorgänge näher einzugehen, möchte ich die sonst von Dr. Wüst noch als Belege für die Kohlenstoffaufnahme angeführten Schriftstellen durch Gegenüberstellung näher beleuchten:

1. Dr. Wüst weist auf die Versuche von Mannesmann hin, bei denen in ungefähr 1 st von Schmiedeeisen 4,7 % C aufgenommen wurden, ohne daß eine Schmelzung eintrat. — Bei A. Ledebur<sup>29)</sup> liest man darüber:

„Bei Mannesmanns erwähnten Versuchen zeigt ein Schmiedestück in Holzkohle eingepackt und bis zur Weißglut (!) erhitzt, schon nach 45 min eine Kruste weißes Roheisen von 3 bis 5 mm Stärke mit 4,6 % Kohlenstoff. — Jene Eisenstücke, welche binnen 45 min durch Anwendung von Weißglut äußerlich in Roheisen verwandelt waren, zeigten unter der Roheisenschicht eine etwa 2½ mm starke Stahlschicht und darunter noch unverändertes Schmiedeeisen; mitunter ließ sich äußerlich Roheisen und unmittelbar darunter Schmiedeeisen in scharfgesonderten Schichten voneinander unterscheiden.“

2. Dr. Wüst führt an:

„Charpy<sup>30)</sup> ist bei 1000° in 36 st sogar bis zu einem Kohlenstoffgehalt von 9,27 % gekommen.“

<sup>24)</sup> Metallurgy, Vol. II: Iron and Steel (London: John Murray 1864) S. 105.

<sup>25)</sup> Z. Elektrochem. 21 (1915) S. 39.

<sup>26)</sup> J. Iron Steel Inst. 98 (1918) S. 139/90.

<sup>27)</sup> Ber. D. Chem. Ges. 48 (1915) S. 1284.

<sup>28)</sup> Das technische Eisen, 2. Aufl. (Berlin: J. Springer 1925) S. 503.

<sup>29)</sup> Handbuch der Eisenhüttenkunde, 4. Aufl., 3. Bd. (Leipzig: A. Felix 1908) S. 410/11.

<sup>30)</sup> St. u. E. 30 (1910) S. 962.

Dr. Wüst übersieht aber, daß Charpy hinter dem Komma fortfährt:

„So zeigten Feilspäne von hartem Stahl von 0,2 % Kohlenstoff, die 36 st lang im Kohlenoxydgasstrom erhitzt worden waren, einen Gehalt von 9,27 % Kohlenstoff, von denen 8,27 % freier Kohlenstoff waren.“

Im übrigen fällt selbst dieses Ergebnis ganz aus dem Rahmen der vielen anderen Versuche, von denen in seinen von M. H. Moissan<sup>31)</sup> bereits 1903 vorgelegten Bericht Charpy selbst sagt: „... aber die Ergebnisse sind widersprechend. Es scheint, daß man bei den meisten Untersuchungen die Wirkung der Gase auf das Metall und die eigentliche Spaltung des Kohlenoxydes in Kohlenstoff und Kohlensäure ungenügend trennt.“

3. Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm hat als Sättigungskurve für den Hochofen, bei dem man sich in den kurzen Zeiten dem Gleichgewicht nur bei der für einen Vorgang möglichen höchsten Temperatur nähert, nur den Wert eines Grenzmaßstabes.

Wir haben es im Hochofen mit Durchsatzzeiten in der Größenordnung von 10 st zu tun. In dieser Zeit durchzieht der Einsatz das Temperaturgebiet von etwa 200 bis 1700°, als Ofentemperatur gemessen, oder 50 bis 200°/st in den verschiedenen Ofenzonen und machte einen Weg von etwa 20 m, also etwa 2 m/st. Das Gas hat nur bis rd. 6 m über den Formen und dabei bis herab zu Temperaturen von ungefähr 1000°, 36 bis 42 % (CO + H<sub>2</sub>) und 64 bis 58 % N<sub>2</sub> und von da ab mit sinkender Temperatur steigenden Kohlendioxidgehalt, der nach den genannten Forschern die Bildung des fraglichen Karbids überhaupt verhindert. Dr. Wüst kann nicht umhin, sofern er vom Hochofen sprechen will, sich diesen Grenzen anzupassen. Ich komme daher erst jetzt zu Dr. Wüsts Hochofentheorie:

1. Die oxydierende Zone soll einen überaus schädlichen Einfluß durch den Umfang der Oxydationswirkung auf die Leistung und den Koksverbrauch haben. Diese These ist eng verknüpft mit dem zweiten Satz:

2. Durch Gestellverweiterung soll man den Einfluß der oxydierenden Zone verringern können.

Treffend hat H. A. Brassert an Dr. Wüst am 23. Februar 1927 geschrieben:

„However you have not convinced me as to the correctness of your theory of reoxydation in the tuyere zone.“

Zu 1. Ivar Bohm sagt<sup>32)</sup>:

„Dieser Grad der Frischwirkung ist offenbar für die Qualität von keiner großen Bedeutung.“ Lennings sagt<sup>33)</sup>: „... und sich die im Gestell örtlich verlaufenden Oxydations- und nachfolgenden Reduktionsvorgänge von Roheisenbestandteilen einander aufheben. Eine steigende Anreicherung an Oxyden im Hochofengestell ist nicht vorhanden, vielmehr befindet sich nur eine größere Sauerstoffmenge in stetem Umlauf: Gebläsewind — Roheisenoxyde — Kohlenoxydgas.“ „... Nimmt man an, die Kenntnis der vor den Blasformen örtlich verlaufenden Oxydations- und Reduktionsvorgänge bestehe nicht, so läßt die Kenntnis der Gaszusammensetzung der Notformenebene nur die unmittelbare Umsetzung von Kokskohlenstoff mit Windsauerstoff erkennen; die mittelbare Umsetzung des Windsauerstoffes mit Kokskohlenstoff über dem Wege der Verbrennung und nachfolgender Reduktion von Roheisenbestandteilen wäre gänzlich unerkant geblieben.“ (Eine Erkenntnis, die schon van Vloten veranlaßte, von dem Vorgang nur als interessant zu berichten.)

Das Blitzartige des Vorganges liegt am besten wohl in der Darstellung von Dr. Wüst selbst<sup>34)</sup>: „Many reactions are known to take place through an intermediate stage. The intermediate product is generally very difficult to identify, because its speed of decomposition is greater than its speed of formation. It is exactly the same with the oxidation of iron followed by the reduction of the ferrous oxide. The speed of reduction at the high temperature in the hearth is so great that the ferrous oxide is immediately reduced again by the coke as well as by the carbon, silicon, manganese, and phosphorus of the pig iron, and the presence of iron oxide in the slag in larger quantities is not found“ in seiner Entgegnung an Kinney. Diese Darstellung entspricht so sehr meiner Auffassung, und ich darf wohl sagen auch der von Osann und Brassert, daß sie mich auch der nochmaligen Mühe enthebt, zu begründen, warum dabei praktisch keine Wärme verlorengehen kann (Wüsts Stellen 2 und 5).

Ich glaube, hier Widersprüche in Dr. Wüsts Ausführungen zu finden, ebenso auch, wenn er in seinem Punkt 10 schreibt:

„Niemals habe ich die Behauptung aufgestellt, daß das Wascheisen einen höheren Kohlenstoffgehalt haben muß als das gleichzeitig gefallene Roheisen.“ Ich erinnere an die Stellen seines Berichtes vor dem Iron and Steel Institute<sup>35)</sup>:

„Wenn auch die Unterschiede in der hauptsächlichsten Zusammensetzung des Wascheisens und des Roheisens nicht von solcher Größenordnung wie bei dem Eisen der fünf Holzkohlenhochöfen sind, so sind sie doch ganz bemerkenswert. Das kommt erstens von der geringeren Konzentration der fremden Bestandteile des Roheisens und zweitens von der höheren Rasttemperatur, wobei der Kohlenstoff die führende Rolle bei der Reduktion des Eisenoxyduls vor den Formen hat.“

„Es könnte die Möglichkeit bestehen, daß während der Zurückhaltung des Wascheisens in der Schlacke Silizium, Mangan und Phosphor aus der Schlacke durch den Karbidkohlenstoff des Eisens reduziert werden. Diese Annahme wird jedoch durch die Tatsache verneint, daß, solange Eisenoxyd in der Schlacke in beträchtlichen Mengen vorhanden ist, eine Reduktion obengenannter Oxyde nicht stattfinden kann.“ (Wo soll das Eisenoxyd herkommen, da nach Dr. Wüst bei 800° bereits das Eisen in metallischer Form vorliegt?)

„Daher ist die bisher angenommene Theorie, daß der Karbidkohlenstoff des flüssigen Eisens Manganoxid, Kieselsäure und Phosphorsäure aus der Schlacke reduziert, unhaltbar.“

„Das gekohlte Eisen, das infolge seines hohen Karbidgehaltes einen hohen Schmelzpunkt hat, wird erst in einem ganz kleinen Abstand über den Formen flüssig und tropft dann zwischen den Koksstücken in den Herd herunter. Die hierfür erforderliche Zeit ist zu kurz, als daß irgendeine beträchtliche Reaktion möglich ist. Ueberdies ist die gleichzeitig tropfende Schlacke in der Regel von dem Eisen räumlich getrennt, so daß irgendeine Reduktion oder die Aufnahme fremder Bestandteile während der Periode des Sinkens ganz außer Frage steht.“

„Man ist daher zu dem Schluß gezwungen, daß nicht nur der Kohlenstoff, sondern alle fremden Beimengungen des Eisens als Bestandteile im festen Zustande — tatsächlich auf dem Wege der Zementation — aufgenommen werden, und daß das Roheisen, wenn es flüssig wird, sich bereits hauptsächlich in seinem Endzustande befindet.“

„Der Kohlenstoff des Brennstoffes spielt wahrscheinlich nur eine sehr kleine Rolle bei der Bildung des Roheisens, da die Berührungspunkte zwischen Erz und Brennstoff zu gering sind, um irgendeine ausgedehnte Wirkung auszuüben.“

Wenn es nach Wüst wahr ist, daß die Wiederreduktion des Eisenoxyds rascher verläuft als seine Bildung<sup>36)</sup>, so ist es unzulässig, wenn er hier nun wieder die These aufstellt, daß Eisen und Schlacke getrennt vor den Formen über den Koks tröpfeln, so daß zwischen beiden keine Reaktion erfolgen kann, aber auch in so kurzer Zeit, daß keine beträchtliche Reaktion möglich ist. Das würde ja heißen, daß auch kein Eisenoxydul in nennenswertem Maße gebildet werden kann.

Das letzte oder das erste aber als richtig angenommen, bleibt das Endergebnis dasselbe. Außerhalb des Formenbereiches besteht kein sekundäres Eisenoxydul mehr. Es kann also auch die Reduktion von Silizium, Mangan und Phosphor aus der Schlacke bzw. dem Erzrest nicht stören, die nach den Ergebnissen der praktischen Ofenuntersuchung sich in der größeren Zahl der Fälle ergibt (vgl. Zahlentafel 1). Solchen Zeugen gegenüber wird es Dr. Wüst schwer werden, seinen Standpunkt zu vertreten, der z. B. zum Ausdruck kommt:

1. in seinem Schreiben an den Verein deutscher Eisenhüttenleute vom 7. Dezember 1927, S. 3:

„Ich kann aber nicht einsehen, weshalb der unter dem Gestell und in der Mitte des Ofens befindliche Koks verbrennen muß, und ich muß ferner nach meiner Kenntnis der Dinge bestreiten, daß die direkte Reduktion im Untergestell vor sich geht. Unterhalb der Formebene verwandelt sich der Hochofen in einen Frischapparat.“

2. in seiner Erwiderung an I. Bohm<sup>37)</sup>:

„Ich stehe auf dem Standpunkt, daß unter gewöhnlichen Umständen eine Reduktion von Silizium, Mangan und Phosphor im Herd nicht stattfinden kann, und aus diesem Grunde kann ich Herrn Bohms Analysen zur Stützung seiner Ansicht nicht

<sup>35)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 69/72.

<sup>36)</sup> Ich verweise auch auf die Wüstsche Auslassung in St. u. E. 47 (1927) S. 1009: „Die Anwesenheit größerer Mengen von Eisenoxydul in der Schlacke ist kaum festzustellen, weil infolge der hohen Temperatur die Umsetzung zwischen dem Kohlenstoff und den übrigen Fremdkörpern des Roheisens und dem Oxydul zu rasch verläuft.“

<sup>37)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 89.

<sup>31)</sup> Comptes rendus 137 (1903) S. 120/2.

<sup>32)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 83.

<sup>33)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 557.

<sup>34)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 88/9.

Zahlentafel 1. Zusammenstellung von Stoffproben aus dem Hochofen.

Untersuchung		Zusammensetzung der Proben aus		Aenderung in Abstich gegen Formenebene %
		Formenebene	Abstich	
Lennings	C %	2,5 bis 4,8	4,4	+ 19
	Si %	0,0 „ 0,9	0,7	+ 50
	Mn %	0,30 „ 0,8	2,9	+ 482
Kinney 300-t.-Ofen <sup>1)</sup>	C %	3,68	3,39	- 8
	Si %	2,95	3,00	+ 1,9
	Mn %	0,775 <sup>2)</sup>	0,6	- 23
	P %	0,274	0,64	+ 134
700-t.-Ofen	Si %	2,5	1,47	- 42
	Mn %	0,8	0,81	+ 1,25
	P %	0,17	0,126	- 26
	S %	0,11	0,064	-
Bohm, Versuchsofen mit 1. selbstgehendem Erz <sup>3)</sup>	Mn %	—	0,06	- 50
	Si %	0,35	0,94	+ 172
2. kieseligem Erz <sup>3)</sup>	Mn %	0,15	0,39	+ 160
	C %	4,36	4,33	-
Holzkohlenofen 1. Versuch	Si %	0,19	1,15	+ 500
	Mn %	0,47	1,06	+ 126
	P %	0,017	0,017	0
	S %	0,016	0,007	-
	C %	4,76	4,38	- 8
2. Versuch	Si %	0,41	1,11	170
	Mn %	0,53	0,9	70
	P %	—	—	—
Zahl der Fälle mit				
Zunahme				12
Abnahme				6

<sup>1)</sup> Probe, wahrscheinlich in festem Zustande entnommen, aus der Zone 6 m über den Formen wies 1,29 % C, 0,42 % Si (wahrscheinlich einschl. Kieselsäure, wie Kinney bemerkt), 0,22 % Mn und 0,32 % P auf.

<sup>2)</sup> Die Punkte streuen von 0,35 bis 0,75 %; ein einziger Punkt liegt ganz außerhalb bei 1,92% und erhöht den Durchschnitt unzulässig. Sieht man von ihm ab, so ist der Durchschnitt 0,55%. Es tritt dann also ein Zuwachs bis zum Abstich von 9 % ein.

<sup>3)</sup> Aus der Zone 2 m über den Formen wurden Eisenproben in festem Zustande mit 0,25% Si und 0,04 bis 0,08 % Mn entnommen.

anerkennen. Wenn die Eisentropfen mit einem Versuchslöffel durch eine Form gezogen werden, so findet eine Oxydation in der Luft statt, und die Analysen geben zu geringe Werte an.“

Diese Analysen von Eisentropfen, die sich mit seiner Theorie nicht vertragen, und die er deshalb beanstandet, sind bei jeweils abgestelltem Winde entnommen worden. Sie sind in Abb. 9 zusammengestellt im Vergleich mit der Zusammensetzung des Abstiches bei Anfang, Mitte und Ende und zeigen, wie auch die Versuche von Dr.-Ing. Lennings, die außerordentlich starke Zunahme der Eisenbegleiter im Gestell.

Den vorübergehenden Vorgang der Verbrennung von Eisen und Begleitern vor den Formen zeigt am einwandfreiesten Dr.-Ing. Lennings<sup>38)</sup> in seinen Abb. 16 a bis c und den Begleitworten dazu. Es gelingt ihm sogar, Schlackenproben vor den Formen mit 40 bis 50 % Fe aufzufangen, die die entsprechende umgekehrte Tendenz im Eisengehalt zeigen. Aus dem Eisenoxydulgehalt der abgestochenen Schlacke von nur 0,7 bis 1 % folgt für ihn, „daß die vor den Formen gebildeten Oxyde unterhalb der Formenebene wieder reduziert werden“. Dies weist er durch die Gasanalyse vor den Notformen nach. (Auf diese Tatsache habe ich in meinen Zuschriften Dr. Wüst hingewiesen.)

Aus den Versuchsergebnissen folgert er, „daß eine Gestell-erweiterung eine Verminderung der Metallverbrennung keineswegs zur Folge hat, diese wird vielmehr bei einem Hochofen mit weitem und engem Gestell verhältnismäßig gleich sein“. Zu demselben Ergebnis kommt Kinney:

„Da die Oxydation der Metalloide sowohl bei weitem als auch bei engem Gestell stattfindet, sollte die Güte des Eisens

aus beiden Oefen (mit weitem oder engem Gestell) mit Rücksicht auf die Gegenwart von oxydiertem Eisen ähnlich sein. Da die Schlacke in der Formenebene gewöhnlich nicht mehr als 2 % FeO enthält, können nicht 15 % des Luftsauerstoffes zur Oxydation des Eisens verbraucht sein.“

Der Sinn des weiteren Gestelles als Raumgröße bei Erhöhung der Eisenerzeugung dürfte im übrigen durch Lennings' dahingehende und meine früheren Ausführungen genügend geklärt sein.

Wenn bei Kinneys Versuchen, vor allem in bezug auf die Ergebnisse an einem 300- und 700-t.-Ofen der Vergleich der Probenahmen an den verschiedenen Stellen Unsicherheiten ergibt, so dürfte dies durch die verschiedene Art seiner Probenahme zu erklären sein; während er die Proben in 6 m Höhe über den Formen aus der Randzone herausblasen und in 0,7 m Höhe herauslaufen läßt, dienen ihm für die Formenebene die Proben aus der Mitte, die aus dem zugelaufenen Rohr herausgebohrt sind. Je nach der Stelle von der Form ab, an der diese Verstopfung eintrat, muß natürlich, nach dem Verlauf der Lenningschen Proben zu schließen, sich ein abweichendes Bild ergeben.

Ich habe darauf hingewiesen, wie bedenklich es ist, Einzelproben aus irgendeiner Ofenstelle heraus als Durchschnittsbild für diese Ofenzone anzusprechen, schon weil die Verteilung der Beschickung zu ungleichmäßig ist. Diese Ansicht wird treffend durch die Ausführungen von Kinney<sup>39)</sup> über die Schlackenbildung unterstützt:

„Obwohl die Schlacke an der Schlackenform normal sein kann, kann die Schlacke, die in eine Form zurückläuft, schwarz und von ganz verschiedenem Charakter sein. Mit anderen Worten, die Schlacke, wie sie abgezapft wird, ist nicht vollständig gebildet, bis sie das Metallbad erreicht. Rast und Herd des Ofens sind nicht genügende Mischkammern. Auf der einen Seite des Ofens kann eine arme, auf der anderen zugleich eine reiche Schlacke vorhanden sein. Diese Erscheinungen werden vielleicht auf die Ungleichförmigkeit der Stoffe und die ungleichmäßige Bewegung der Beschickung zurückzuführen sein. Dies alles wirkt auf das Eintreten der Elemente in das Metall. Es weist stark darauf hin, daß die Schlacke in der Rast und im Herd nicht einheitlich in der Zusammensetzung ist und daß es wünschenswerter ist, die Eigenschaft der Schlacken, die kennzeichnend für die in der Rast und in der Formenebene sind, als die Eigenschaft der Endschlacke zu erforschen. Im oberen Teil der Rast, wo die Schlacke zuerst erscheint, besteht ein Ueberschuß an Kalk, der zu einer kalkigen Schlacke führt. Erst im Bereich der Formen nimmt sie ihren vollen Kieselsäuregehalt beim Freiwerden der Koksasche auf.“

Die Tatsache, daß das Metall dort beträchtliche Mengen Schwefel verliert, zeigt nach ihm an<sup>40)</sup>, daß das Mangan als Mangansulfid verlorengehen kann.

Aehnlich sind die außerordentlich beachtenswerten Mitteilungen von Bohm über den Einfluß der Lage der Beschickung bei Verarbeitung von kieseligen und daneben von manganhaltigen Erzen, je nachdem das eine oder andere mit den in Schweden gebräuchlichen Verteilungseinrichtungen an dem Rande oder in der Mitte gelagert werden. Es würde zu weit führen, hier näher darauf einzugehen, sie zeigen aber, daß von einer örtlichen Probe nie ein Schluß auf die durchschnittliche Zusammensetzung gezogen werden darf.

Man muß bei dem von Kinney ausführlich behandelten 300-t.-Ofen auch berücksichtigen, daß er, nach den Gasanalysen zu urteilen, am Rande eine besonders starke indirekte Reduktion zeigte, während die Mitte bis hoch hinauf nur direkt reduzierte.

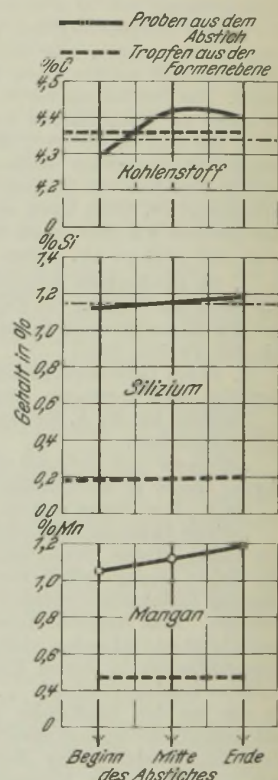


Abbildung 9. Zusammensetzung des Roheisens im Verlauf des Abstiches (nach Bohm).

<sup>38)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 556.

<sup>39)</sup> Techn. Paper Bur. Mines Nr. 397 (1926) S. 20.

<sup>40)</sup> Techn. Paper Bur. Mines Nr. 397 (1926) S. 12.



Zahlentafel 2. Ergebnisse Kinneys über die Reduktionsverteilung in dem untersuchten 300-t-Ofen. in Spalte 9 bis 12 weiter ausgewertet.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
												Gasprobe aus	Entfernung von Oberkante Beschickung m	Druck kg/cm <sup>2</sup>	Temperatur °C	Gasanalyse <sup>1)</sup>				Erzsauerstoff		Insgesamt m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> N <sub>2</sub>
																CO <sub>2</sub> %	CO %	H <sub>2</sub> %	N <sub>2</sub> %	indirekt reduziert %	m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> N <sub>2</sub>	
Ebene 1 . . . . .	0,912	0,031	168	9,9	28,1	2,0	60,0	66,0	0,106	0,468	0,376											
" 2 . . . . .	3 04	0,16	204,4	10,3	27,04	1,87	60,79	73,8	0,098	0,450	0,368											
" 3 . . . . .	6,60	0,26	465,5 <sup>2)</sup>	12,14	26,5	1,69	59,67	65,5	0,134	0,575	0,402											
" 4 . . . . .	14,7	0,73	745,0 <sup>2)</sup>	9,02	28,62	1,64	60,72	62,5	0,116	0,480	0,383											
Rast . . . . .	18,6	—	853,0 <sup>2)</sup>	1,10	33,6	0,8	64,5	Spuren	0	0	0,278											
Formenebene . . . . .	19,3	—	1350,0 <sup>3)</sup>	0,0	34,1	0,79	65,11	0	0	0	0,263											
Luft . . . . .			513,8																			

1) Die Gaszusammensetzung ist durch Integration der Durchschnittsanalysen einer Reihe von Proben, die zwischen Innenwand und Mitte genommen sind, für jede Zone ermittelt.  
 2) Durchschnittstemperatur zwischen Innenwand und Mitte.  
 3) Angenommene Durchschnittstemperatur.

Die in seiner Abb. 4 eingezeichneten Analysen können den Eindruck erwecken, als ob der Ofen überhaupt nur indirekte Reduktion hat<sup>41)</sup>. Dem widerspricht aber das Ergebnis der Gichtgasanalyse, die unter Berücksichtigung eines angenommenen Anteiles der Möllerkohlensäure von 1,5% einen Anteil der indirekten Reduktion von 66% ergibt. In Zahlentafel 2 (nach Kinney Zahlentafel 1) sind seine Untersuchungsergebnisse wiedergegeben, die in Spalte 9 bis 12 von mir ausgewertet sind. Danach zu urteilen, würde im Gestell nur der Koks verbrannt. Auch im Meßpunkt 4 ist noch fast reines Luftgas mit 278 m<sup>3</sup> O<sub>2</sub>/1000 m<sup>3</sup> N<sub>2</sub> vorhanden, während in dem Bericht nach dem Befund der Stoffanalyse angegeben wird, daß erst 80,5% Erzsauerstoff entfernt sind. Am Punkt 3, 8 m darüber, ist aber nur 66,5% indirekt reduziert, also muß der übrige Erzsauerstoff direkt reduziert sein. Der Irrtum dürfte darin begründet sein, daß am Punkt 4 wohl nur Randalysen entnommen sind, worauf auch die Zeichnung der Linien gleichen Kohlensäuregehaltes in Abb. 2 in Kinneys Bericht deuten. Die Beachtung dieser Abbildung läßt auch ohne weiteres erkennen, wie ein so aus dem Rahmen fallender Wert wie Nr. 2 entstehen kann. Nach der Analyse müßten hier 575 kg Erzsauerstoff/1000 kg C gebunden sein, während die Ergebnisse darüber und darunter 450 bis 480 kg angeben. Man hat die in etwa 0,9 m Tiefe genommene Analyse auf die ganze große Oberfläche bis zur Wand bezogen und dadurch einen viel zu hohen mittleren Kohlensäuregehalt errechnet, der zu der ebenfalls gegen die anderen Werte von 66% zu hohen Anteilziffern der indirekten Reduktion von 73,8% führt. Die Angabe nach Abb. 3 von Kinney, daß im Punkt 2, also 0,9 m unter der Gicht, bei 204° bereits 6% der Reduktion erfolgt sein soll, dürfte wohl auch auf die Auswertung einer auf unsicherer Grundlage angenommenen Durchschnittsanalyse errechnet sein.

Man sieht aus den Zahlen zweierlei:  
 1. Es handelt sich um ein außerordentlich leicht reduzierbares Erz. Die hohe Pressung, die vor den Formen etwa 1,0 kg/cm<sup>2</sup> betragen muß, deutet bei dem Durchsatz von nur etwa 250 t Koks/24 st auf ein jedenfalls sehr mulmiges Erz hin. Der Verlauf der Analysen wie auch der Temperaturen weicht völlig von den vielen inzwischen bekanntgewordenen Messungen an deutschen Oefen ab, so daß man sie mit Interesse zur Kenntnis nehmen, aber nicht ohne weiteres auf unsere Verhältnisse übertragen kann.

2. Meine Warnung bestätigt sich, Gasanalysen, die als Stichproben zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Querschnitten in Gasströmungen von unbekannter Geschwindigkeit entnommen sind, auf eine Durchschnittsanalyse und quantitativ auszuwerten. Man kann damit nur die Tendenz feststellen. Das Ergebnis ist für die Kenntnis der Ofenvorgänge wertvoll genug und kann durch zu weitgehende Auswertung nur gemindert werden.

Das gilt in vollem Maße auch für die Stoffproben, die im einzelnen um Stunden, Tage und Monate auseinanderliegen. Sie sind in Abb. 10 nach der Häufigkeit der Gehalte einzeln für Silizium, Mangan und Phosphor aufgetragen. Besonders fällt es bei Mangan auf, daß die Mehrzahl der Punkte in der Größenordnung der Werte am Abstich liegen. Sie ergeben einen Durchschnitt von 0,55%, so daß sich gegenüber dem Durchschnittswerte der Abstichanalysen auch hier ein Zuwachs von 9% er-

gibt. Nur durch den einen übergroßen Außenwert von 1,92% scheint der Gesamtdurchschnitt von 0,775% auf eine Abnahme von der Form zum Abstich von 23% hinzudeuten.

Dr. Jung. Lennings deutet seine Versuchsergebnisse so<sup>42)</sup>, „daß die größten Manganmengen erst im Gestell durch Reaktion zwischen der Schlacke und dem Koks kohlenstoff und Reaktionen zwischen Schlacke und dem gekohlten Roheisen reduziert und vom Roheisen aufgenommen werden“.

Aehnlich spricht sich Bohm über die Aufnahme des Siliziums aus<sup>43)</sup>:

„Die Zunahme an Silizium hängt von der Reduktion des Siliziums aus dem Schlackenbade durch den Kohlenstoff aus Eisen und Holzkohle ab, die die Schlacke durchsetzt und durch das Roheisen geht. Nach dem Abstich befinden sich die Schichten von Eisen und Schlacke in größerem Abstände von den Formen, und ihre wirkliche Berührungsfläche liegt in geringerer Temperatur. Sie nähert sich mit steigendem Bade immer mehr der heißesten Verbrennungszone. Daher steigt die Temperatur und die Siliziumreduktion. Aus den Zahlen geht auch eine gewisse Kohlenstoffaufnahme im Eisenbad infolge der Durchdringung mit der Schlacke durch die Holzkohlen hervor.“

Bei Versuchen an einem 25-t-Holzkohlenofen<sup>44)</sup> fand er von Anfang bis Ende des Abstiches ein Ansteigen der Eisentemperatur um 50 bis 80°, der Schlackentemperatur um 60° über Eisentemperatur, des Kohlenstoffgehaltes von 4,15% auf 4,31%, des Siliziumgehaltes von 0,57% auf 0,72%. Weiter geht nach ihm aus den in Abb. 9 dargestellten Proben, die dem Versuch 1 und 2 in Zahlentafel 1 entsprechen, auch die Reduktion von Silizium und Mangan an der wirksamen Berührungs-

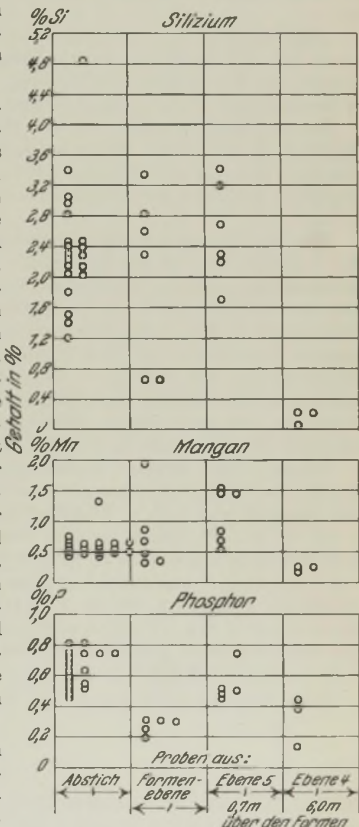


Abbildung 10. Häufigkeitsuntersuchung über den Gehalt an Silizium, Mangan und Phosphor in den von Kinney untersuchten Ofenzonen.

41) Vgl. hierzu St. u. E. 47 (1927) S. 361/2, Abb. 5 u. 6; S. 1331/2, Abb. 1 u. 2.

42) Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 558.  
 43) J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 85.  
 44) Jernk. Ann. 111 (1927) S. 145/208; vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 1955/6.

fläche von Eisen und Schlacke hervor. Er faßt seine Beobachtungen zu folgender Schlußbemerkung zusammen:

„Die angeführten Beispiele zeigen hinreichend, daß die Reduktion von Kieselsäure und Mangan bereits im festen Zustande wie auch in den Tropfen von Eisen und Schlacke, die durch den oberen Teil des Herdes sickern, und auch an der Grenzfläche der Schlacken- und Eisenschicht auf dem Gestellboden erfolgt.“

Dazu sagt Dr. Wüst anknüpfend in der Erwiderung<sup>45)</sup>:

„Herr Bohm bestätigt auch durch seine Versuche an dem Jernkontoret-Ofen, daß Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel bereits durch den Eisenschwamm aufgenommen werden.“ (In welchem Umfange, siehe unten.) Damit komme ich zu Dr. Wüsts Schlußgestaltung seiner Hochofentheorie:

1. Das Eisen liegt bei 800° im Schacht fast vollständig in fester Form vor.

2. Bis zu den Formen werden hauptsächlich durch den Spaltungskohlenstoff Mangan, Phosphor und Silizium reduziert, und zwar im Ueberschuß, um im Gestell über die nötigen Desoxydationsmittel zu verfügen.

3. Diese Stoffe gehen durch Zementation, also in festem Zustande, in das feste Eisen. Dieses schmilzt infolge seines hohen Karbidgehaltes erst kurz vor den Formen.

4. Vor den Formen findet eine Frischwirkung statt. Das frisch gebildete Eisenoxydul geht in die Schlacke; deshalb ist eine Reduktion von Mangan, Phosphor und Silizium im Gestell nicht möglich.

Als Zeugen für die Aufnahmen in festem Zustande ruft er weiter Kinney in dessen Schlußfolgerungen 1, 4 und 5 an<sup>46)</sup>. Jedoch spricht Kinney in Folgerung 1, worauf gleich verwiesen sei, von einer Aufnahme in festem Zustande. Er drückt sich in der Zusammenfassung seines Berichtes<sup>47)</sup> noch vorsichtiger aus:

„Das Ergebnis der Sammlung von Stoff- und Gasproben im oberen Teil des Hochofenschachtes zeigt, daß 80 bis 85 % des Eisens in der Beschickung auf dem Wege bis 6 m über den Formen zur metallischen Form reduziert sind.

Es ist gezeigt worden, daß das Metall in Form von Eisenschwamm beträchtliche Mengen von Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Mangan und Silizium bis 6 m über den Formen aufgenommen hat oder sich damit in inniger Berührung befindet.“

Die Beobachtungsergebnisse sind übersichtlich in Zahlentafel 1 und in Abb. 10 wiedergegeben. Feste Proben von Eisenschwamm liegen nur bei Kinney am Punkt 4 (6 m über den Formen) und an dem mit Holzkohle betriebenen Versuchsofen des Jernkontoret in 2 m Höhe über den Formen vor (bei dem selbstgängigen Erz: Eisen mit 0,04 % Mn; bei dem kieseligen Erz: Eisenschwamm mit 0,31 % C und 0,06 % Mn). Alle übrigen Proben sind im flüssigen Zustande gewonnen, scheiden also zunächst aus. Es sind wenige Beispiele. Beweisen sie auch eine Aufnahme der Elemente in fester Form, eine Zementation?

Bohms Proben zeigen 2 m über den Formen nur Spuren von Mangan, während die Eisentropfen, also das flüssige Metall, etwas mehr Mangan und 0,25 % Si aufwiesen.

M. Wiberg<sup>48)</sup> erhielt in dem Versuchsofen in Sandvikens bei einer Erzeugung von 2 t Schwamm je Tag ein Konzentrat mit 91 % Fe, 0,37 % C und 0,014 % P, das ist ein Drittel des im Erz enthaltenen Phosphors bei einem Ausbringen von 95 % Konzentrat aus dem Erz. In einem anderen Falle erhielt er bei 1200° Gastemperatur einen Schwamm mit 90 % Fe, 0,4 % C, 0,35 bis 5,6 % Gangart und 0,007 % P.

Nach Abb. 10 stellt Kinney an Punkt 4 (6 m) Gehalte an

Mn . . . . .	0,14 bis 0,2 %
P . . . . .	0,14 „ 0,45 „
Si . . . . .	0,08 „ 0,24 „

fest. Bei Silizium gibt er ausdrücklich in der Fußnote zu seiner Zahlentafel 7 „probably included SiO<sub>2</sub>“ an.

Es ist schwer zu sagen und wird auch kaum zu ergründen sein, wie sich der Vorgang der Reduktion und des Ineinanderübergehens der Elemente abspielt, wenn ein Eisenerz in sich einen gewissen Gehalt der Stoffe trägt, die im metallischen, fertigen Eisen seine Begleiter sind. Jedenfalls spielt sich im Zusammenhang mit den Verschlackungsvorgängen der Vorgang anders ab, als wenn die Oberfläche von fertigem festen Flußstahl mit diesen Stoffen während ihres Reduktionsprozesses in Berührung gebracht wird. Auch das reduzierte Eisen wird sie noch in

irgendeiner Form eingeschlossen halten; wie weit sie aber bereits selbst in elementarer Form vorliegen und wie sie dazu mit dem Eisen verbunden sind, läßt sich durch die chemische Analyse nicht ermitteln. Was Kinney bezüglich des Siliziums sagt, daß wahrscheinlich auch Kieselsäure durch die Analyse erfaßt ist, gilt in gleicher Weise für Mangan und Phosphor. Die Vermutung liegt nahe, daß sie noch in oxydischer Form vorliegen.

Nach den angeführten Betrachtungen von Bohm und Kinney über den Einfluß der ungleichmäßigen Beschickung und besonders nach Bohms klaren Auseinandersetzungen über die ungleichmäßigen Bildungsbedingungen für Silizium und Phosphor ist es gänzlich ausgeschlossen, in den Zonen über den Formen die Probe eines Vorerzeugnisses zu finden, das irgendwie das Durchschnittsverhalten des Möllers kennzeichnet oder gar den Beweis der Aufnahme eines der Stoffe im Ueberschuß beweist, dessen führendes Erz irgendwo im Ofen verstreut liegt.

Es sei noch auf das hingewiesen, was Osann<sup>49)</sup> über die Reduktion der Kieselsäure sagt:

„Die Reduktion der Kieselsäure gelingt nur bei Anwesenheit von Eisen im Hochofen. Man muß sich immer wieder die Vorstellung der miteinander verwachsenen Mischkristalle zu eigen machen. Der ausgeschiedene Kohlenstaub lagert sich auf den Schlackenkörper, das Silizium reduzierend. Sogleich wird dies vom Eisen gelöst, ohne daß dieses flüssig wird. Schließlich ist aber der Schlackenschmelzpunkt so weit erniedrigt, daß die Schlackenkörper schmelzen; das Eisen kann sich dann kohlen und ebenfalls schmelzen.“

Der scharfe analytische Beweis ist jedenfalls bis jetzt noch nicht erbracht. So bedeutsam diese Vorgänge an sich auch sind, so schwer werden sie bei dem Durcheinander und dem Hin und Her im Hochofen gerade in dieser Uebergangszone zu klären sein.

Schon Tunner stellte nach H. Wedding<sup>50)</sup> bei der Untersuchung des Hochofens in Eisenerz und St. Stefan fest, daß die ersten Anzeichen einer Reduktion zu metallischem Eisen bei 850 bis 900° nahe dem Kohlensack sich zeigten. Er zieht daraus den Schluß, daß die Reduktion durch eine rasche Temperaturzunahme mehr gefördert wird als durch eine längere Zeit bei geringerer Temperatur.

„Das untere Ende der Reduktionszone reicht tatsächlich bis in den Schmelz- und Verbrennungsraum.“

Die neuzeitlichen Hochofenuntersuchungen bestätigen dies bis auf die Verschiebungen, die durch das Arbeiten mit Koks, rascherer Durchsatzzeit und heißerem Winde eingetreten sind.

Die von Kinney aus dem Loch 4 (6 m über der Form) am Rande ausgeblasenen drei Stoffproben enthalten nach seiner Zahlentafel 2

Fe metallisch . . . . .	30 bis 52 %
FeO . . . . .	1,6 „ 2 „
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3 „ 4 „
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14 „ 23 „
CaO + MgO . . . . .	2,5 „ 7,5 „

Die eisenhaltigen Bestandteile, auf 100 % umgerechnet, enthalten

Fe metallisch . . . . .	83,3 bis 89,7 %
FeO . . . . .	3,5 „ 5,6 „
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6,8 „ 11,1 „

Die Gasanalysen, wie sie bei einer Reihe deutscher Hochofen entnommen worden sind, zeigen, daß 6 bis 9 m über den Formen bei Temperaturen von etwa 1000° die indirekte Reduktion beendet ist. Sie entfernt etwa 50 % des gesamten Erzsauerstoffes und steigt in Einzelfällen bei leicht reduzierbaren Erzen bis 70 %. Sie erfolgt, wie Tunner sagt und Dr. Jng. Eichenberg durch seine Versuche gut belegt, im größeren Ausmaß in dem ihr zur Verfügung stehenden höchsten Temperaturbereich. Ebenso geht aus den Analysen nahe der Formenebene zu hervor, daß die direkte Reduktion sich vornehmlich im Bereich der höchsten Temperaturen zwischen Notformen- und Hauptformenebene vollzieht.

Zahlentafel 3. Energieverhältnisse bei der Reduktion und Oxydation von Mangan und Silizium.

Stoff	verbraucht in der Rast zur Reduktion kg O/kg	gibt bei der Oxydation im Gestell	
		kcal/kg	kcal/kg C
Silizium . . .	0,85	2520	2980
Mangan . . .	0,218	600	2760

<sup>45)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 89.

<sup>46)</sup> J. Iron Steel Inst. 116 (1927) S. 82/3.

<sup>47)</sup> Techn. Paper Bur. Mines Nr. 397 (1926) S. 21.

<sup>48)</sup> Trans. Am. Electrochem. Soc. 52 (1927) S. 546.

<sup>49)</sup> Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., 2. Bd. (Leipzig: W. Engelmann 1923) S. 625.

<sup>50)</sup> Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., 3. Bd. (Braunschweig: F. Vieweg u. Sohn 1926) S. 555.

Zahlentafel 4. Ergebnisse der Einwirkung von Hochofengas auf Eisen bei höheren Temperaturen (Versuchsreihe A).

Versuch Nr.	Temperatur °C	Angewandtes Gas	Gewicht des Flußstahlrohres vor dem Versuch) g	Gewichtszunahme g	Versuchsdauer st	Gesamte Gasmenge m³	Gasgeschwindigkeit m/sek	Gasanalysen vor und hinter dem Versuchsrohr						Gewichtszunahme der Probe g/m²st	Analyse des Flußstahlrohres nach dem Versuch % C		
								CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Heizwert kcal				
																%	%
1	600	blank	37,8094	0,0650	14	0,850	0,112	vor	99,8	—	—	—	0,2	—	—	0,88	
2	1000	"	38,2540	—	24	4,0	0,308	hinter	94,6	1,2	—	0,1	4,1	—	—		
3	1000	"	37,6272	1,8218	12	2,255	0,347	vor	99,8	—	—	—	0,2	—	—	~110	2)
4	400	"	33,9430	0,0025	24	1,62	0,124	hinter	94,8	3,9	0,1	0,1	1,1	—	—		
5	400	m. Walzhaut	42,7348	0,0144	24	2,2	0,169	vor	24,6	25,3	0,1	1,9	48,1	840	28,8		3)
6	400	blank	33,8834	0,0020	24	4,6	0,354	hinter	20,4	26,4	0,2	2,1	50,9	890			
7	500	m. Walzhaut	41,2380	0,0720	24	2,58	0,198	vor	7,2	32,5	0,2	1,8	58,3	1070	0,02		
8	500	blank	34,3080	0,0124	24	2,35	0,18	hinter	7,2	32,0	0,2	1,7	58,9	1050			
9	600	m. Walzhaut	36,4494	0,0400	24	3,39	0,26	vor	7,1	33,0	0,1	1,9	57,9	1080	0,114		
10	600	blank	34,2700	0,010	24	2,0	0,154	hinter	7,4	32,7	0,1	2,0	57,8	1070			
11	700	m. Walzhaut	36,5820	0,0660	12	1,650	0,253	vor	6,8	33,0	0,2	1,6	58,4	1080	0,016		
12	700	"	38,7512	0,0410	12	2,080	0,32	hinter	7,0	32,6	0,2	1,7	58,5	1070			
13	700	blank	36,2830	0,0870	12	1,300	0,20	vor	7,6	32,2	0,1	1,8	58,3	1050	0,57		
14	700	"	36,6074	0,3354	12 <sup>o</sup> 25'	2,490	0,37	hinter	6,8	32,9	0,1	2,3	57,9	1090	1,37	0,05	
15	850	m. Walzhaut	37,3800	0,1260	12	2,250	0,345	vor	7,0	32,5	0,1	2,8	57,6	1080	5,28		
16	850	"	36,8426	0,1580	12	2,140	0,328	hinter	6,2	33,0	0,2	2,5	58,1	1100			
17	850	blank	36,5760	0,3464	24	3,200	0,245	vor	7,4	32,9	0,1	2,2	57,4	1080	2,0		
18	850	"	37,2694	0,0732	12	1,950	0,3	hinter	6,0	33,0	0,1	2,6	58,3	1100			
19	1000	m. Walzhaut	37,4544	0,282	12	2,340	0,359	vor	7,0	32,8	0,2	2,1	57,9	1090	2,5	0,04	
20	1000	"	38,4056	0,354	12	3,270	0,5	hinter	5,4	33,3	0,1	2,1	59,1	1090			
21	1000	blank	37,5340	0,574	12	2,100	0,38	vor	7,2	32,9	0,1	2,3	57,5	1090	5,46	0,05	
22	1000	"	39,3576	0,5172	12	3,360	0,514	hinter	6,2	32,7	0,1	2,5	58,5	1090			
23	1000	"	38,7192	0,4270	12	3,260	0,5	vor	7,8	32,2	0,2	1,7	58,1	1060	9,04	0,05	
24	1000	"	39,0820	0,420	12	4,6	0,71	hinter	6,9	33,8	0,2	1,8	57,3	1100			
25	1000	"	38,3400	0,420	12	4,6	0,71	vor	7,8	32,4	0,2	1,9	57,7	1070	8,15		
26	750	m. Walzhaut	39,5780	0,0670	12	1,660	0,254	hinter	8,2	32,0	0,1	2,0	57,7	1050	6,74		
27	750	blank	39,4880	0,1020	12	1,000	0,153	vor	7,0	31,9	0,1	2,8	58,2	1070	6,63		
28	1000	m. Walzhaut	37,2124	0,0512	12	1,320	0,202	hinter	7,4	32,7	0,1	2,6	57,2	1090			
29	1000	blank	36,4480	0,0700	12	1,050	0,161	vor	7,0	32,4	0,2	2,1	58,3	1070	1,61		
30	1000	"	37,3500	0,0852	14	3,67	0,484	hinter	7,0	33,4	0,2	2,3	57,1	1110	0,808		
31	1000	"	38,2560	0,1265	24	0,257	0,02	vor	7,0	32,9	0,1	2,3	57,7	1090	1,1		
								hinter	7,2	33,5	0,1	2,5	56,7	1110	1,1		
								vor	7,0	32,3	0,1	2,1	57,5	1090	1,0		
								hinter	2,2	34,2	0,2	2,0	61,4	1130	1,15	4)	
								vor	4,6	32,6	0,2	2,8	59,3	1100			
								hinter	1,1	31,8	0,1	2,1	64,9	1050			
								vor	3,9	26,6	0,1	3,8	65,6	940			
								hinter									

1) Analyse des Flußstahlrohres vor dem Versuch: 0,05 % C, 0,49 % Mn, 0,014 % P, 0,026 % S. — 2) Rohr unter starker Volumenvergrößerung oxydiert; Oxydschicht magnetisch und kristallin mit 70,4 % Fe, 0,04 % C, 0,38 % Mn; dünne amorphe Innenschicht mit 75,5 % Fe. — 3) Oxydschicht magnetisch und kristallin mit 77,5 % Fe, 0,04 % C. — 4) Schwarze, überwiegend aus Eisenoxydul und -oxyd bestehende Oxydschicht; Späne, von der Oberfläche des Rohres abgedreht, wiesen vor dem Versuch 0,05 % C, nachher 0,09 % C auf. — 5) Am Anfang des Rohres Eisenoxydbeschlag; den größten Teil der Oberfläche bildete eine metallisch glänzende Schicht von reinem Eisen.

In dem Maße, wie das Eisen metallisch vorliegt, verflüssigt es sich bei der Temperatur, die seinem Gehalt an Kohlenstoff entspricht. Vor den Formen findet örtlich eine teilweise Verbrennung des Eisens und seiner Begleiter statt. Im ganzen zeigt sich eine stete Zunahme der Begleitelemente, und zwar stark ansteigend mit steigender Temperatur und im besonderen Maße für Mangan und Silizium im Gestell. Eine schädliche Wirkung des Gestelles als Frischapparat in dem Sinne von Dr. Wüst, daß das Eisen einen Ueberschuß an Desoxydationsmitteln mitbringen muß, kann man an Hand des vorliegenden Schrifttums nicht feststellen.

In meinem Schreiben an Dr. Wüst vom 23. Dezember 1927 habe ich im übrigen den rechnerischen Beweis dafür erbracht,

daß die von ihm früher auch anerkannten positiven Wärmetönungen bei der Wiederverbrennung des Siliziums und Mangans<sup>51)</sup> in ihrer Auswirkung auf die Gestellwärme beträchtlicher sind, als er annimmt. Ich führte aus:

„... die Wiederoxydation ist also für das Gestell nicht ungünstig, sondern günstig. Wohl ist bei der Reduktion über den Formen äußere Wärme verbraucht worden; sie ist aber dort im Ueberschuß (als Abwärme) vorhanden. Dafür wird aber auf 1 kg C (Zahlentafel 3), das im Schacht für die Reduktion verbraucht wird, im Gestell mehr Wärme frei, als 1 kg Koks sonst überhaupt im ganzen Ofen abgibt. In bezug auf die Wärme

51) St. u. E. 30 (1910) S. 1717.

Zahlentafel 5. Ergebnisse der Einwirkung von Hochofen- und Koksofengas auf Flußstahl bei hohen Temperaturen (Versuchsreihe B).

Versuch Nr.	Temperatur °C	Versuchsbedingungen	Versuchsdauer st	Gasgeschwindigkeit m/sek	Kohlenstoffgehalt vor dem Versuch %		Kohlenstoffgehalt nach dem Versuch %		Gasanalysen					
					vor	nach	CO <sub>2</sub> %	CO %	CH <sub>4</sub> %	H <sub>2</sub> %	N <sub>2</sub> %	Heizwert kcal		
32	400	Mit Feuchtigkeit gesättigtes Hochofengas über Eisenspäne geleitet	7	0,14	0,20	0,20	vor	8,1	30,5	0,1	2,6	58,4	1022	
							hinter	8,4	30,1	0,1	3,0	58,4	1022	
33	350	Eisenspäne mit Eisenoxypulver gemischt, 2 3/4 st in Gichtgasstrom zur Kohlenstoffabscheidung erhitzt, dabei 1,04 g C abgeschieden	2 3/4	0,23	0,20	0,20	vor	9,0	30,6	0,2	2,4	57,8	1030	
							hinter	9,4	30,0	0,2	2,6	57,8	1020	
33	500	Diese Probe erhitzt im Hochofengasstrom (in beiden Fällen mit H <sub>2</sub> O gesättigtes Gas)	7	0,22	0,20	0,20	vor	8,6	30,8	0,2	2,2	58,2	1030	
							hinter	8,6	30,8	0,2	2,0	58,4	1020	
34	820	Mit Feuchtigkeit gesättigtes Hochofengas über Eisenspäne geleitet	14 1/4	0,16	0,05	0,09	vor	7,2	30,9	0,3	2,6	59,0	1050	
							hinter	7,4	30,6	0,4	2,6	59,0	1050	
35	1000	Kohlensäurefreies Hochofengas (mit Feuchtigkeit gesättigt) über Eisenspäne geleitet	20	0,16	0,24	0,28	vor	0,2	34,0	0,2	3,0	62,6	1150	
							hinter <sup>2)</sup>	2,0	30,4	0,2	4,8	62,6	1100	
36	1000	Kohlensäurefreies, trockenes Hochofengas über Feilenspäne geleitet	24	0,14	0,24	0,33	vor	0,4	33,7	0,1	3,4	62,4	1140	
							hinter <sup>2)</sup>	2,0	30,9	0,1	5,0	62,0	1110	
37	1000	Kohlensäurefreies trockenes Hochofengas über Eisenspäne geleitet, die mit Kohlenstoff vermischt wurden, der durch die Abscheidung aus Kohlenoxyd beim Erhitzen über einen Katalysator von Eisenoxyd gewonnen wurde	22	0,12	0,20	0,34	vor	0,6	33,0	0,2	3,0	63,2	1120	
							hinter	0,6	33,1	0,1	3,0	63,2	1110	
38	1280	Mit Feuchtigkeit gesättigtes Koksofengas über einen Eisenstab von 8 mm φ geleitet	9	0,10	0,24	5,00	keine Gasproben entnommen <sup>4)</sup>							
							vor	2,3	7,6	18,2	51,3	18,7	3930 <sup>5)</sup>	
39	1000	Mit Feuchtigkeit gesättigtes Koksofengas über einen Eisenstab von 8 mm φ geleitet	20	0,10	0,19	0,26	vor	0,4	9,8	10,4	62,8	16,6	3930 <sup>5)</sup>	
							hinter	0,4	9,8	10,4	62,8	16,6	3930 <sup>5)</sup>	

1) Von 670,5 l Hochofengas 0,6 % CO, also 4,05 l CO mit 1,04 g C zersetzt. — 2) Erste 10 st. — 3) Letzte 10 st. — 4) Probestab, dick mit kristallinem Graphit überkrustet, hat vollständig das Gefüge von Roheisen angenommen. Das ehemals runde Eisenstück war nach dem Erkalten vollständig verformt; es war also im Schmelzfluß gewesen. — 5) Vor dem Ueberleiten 1,9 % CnH<sub>2</sub>n, nachher 0,0 % CnH<sub>2</sub>n. — 6) Das Schliffbild zeigt in einer ganz dünnen äußeren Randzone Adern höhergeköhlten Eisens. Diese Schicht ist so winzig dünn, daß von ihr getrennt keine Feilspäne entnommen werden können.

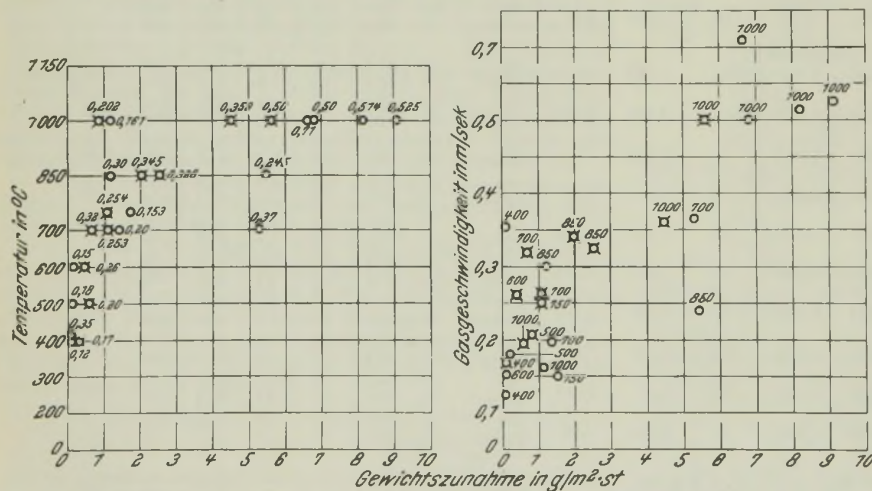
menge, die 1 kg Koks bei seiner Verbrennung im Gestell über der dortigen Temperatur von über 1600° abgibt, ist der Wärme-gewinn sogar weit über das Zehnfache. Wir haben es also hier mit einem der gerade für den Hochofenprozeß wichtigen Vorgänge der Umformung von der Temperatur nach minderwertiger Wärme in für die Gestellarbeit nutzbare hochwertige Wärme zu tun, ähnlich den exothermen Verschlackungsvorgängen.

Je mehr wir solche Vorgänge hervorrufen können, um so niedriger wird unser Koksverbrauch sein . . .“

Nach Dr. Wüst wird das gekohlte Eisen, das infolge seines hohen Karbidgehaltes einen hohen Schmelzpunkt hat, erst in

Versuchen solche Ergebnisse nie erzielen können. H. C. H. Carpenter glaubt, der theoretische Wert sei höher anzuschlagen als der praktische. Nach seiner Ansicht müsse man nach den anscheinend einwandfreien Ergebnissen das Eisenkarbid in diesem Temperaturgebiet, d. i. zwischen 550 und 650°, als stabile Phase ansprechen, und alle Schaubilder, welche bei diesen Temperaturen von Eisengraphit als stabiler Phase sprächen, seien falsch. Rosenhain sagt, bevor die Bildung von Eisenkarbid bei diesen Temperaturen als feststehend angenommen werden könne, müßte der Versuch erst mit reinem Eisen und reinem Kohlenoxyd vorgenommen werden. Er neigt zu der Ansicht, daß im vorliegenden Falle eine katalytische Wirkung anderer Stoffe eine Rolle spielt, womöglich die zeitweilige oder ständige Gegenwart anderer Phasen.

Carpenter<sup>26)</sup> hat, wie schon berichtet, derartige Versuche ausgeführt. Sie bestätigen seine Ansicht, daß der Vorgang nur theoretische Bedeutung hat, und zeigen, daß die Gegenwart von Kohlensäure die Bildung rückläufig macht oder überhaupt verhindert. Dies wird durch die Versuche bestätigt, die ich vor einem Jahre durch Dipl.-Ing. Wittig ausführen ließ, um die Oxydationswirkung von Gichtgas auf Eisen zu prüfen. Die Ergebnisse gehen aus Zahlentafel 4 und Abb. 11 hervor, die die Gewichtszunahme in g/m<sup>2</sup> Oberfläche und st in Abhängigkeit von der Temperatur und der Gasgeschwindigkeit zeigt. Bei 400 bis 500° ist die Zunahme verschwindend klein und wird von 700° ab größer. Es zeigt sich eine Steigerung mit zunehmender Gasgeschwindigkeit. Da natürlich bei der Versuchsreihe A bei den niedrigen Temperaturen eine



Die angekreuzten Punkte gelten für die mit Walkkant versehenen Proben, die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Geschwindigkeiten.

Die angekreuzten Punkte gelten für die mit Walkkant versehenen Proben, die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Temperaturen.

Abbildung 11. Einwirkung von Hochofengas auf Flußstahl bei höheren Temperaturen.

einem ganz kleinen Abstand über den Formen flüssig. Ganz abgesehen von den angeblich beweisenden Schriftstellen, die ich bereits bei meinen Bemerkungen zum Tatsächlichen erledigt habe, sollen die Versuche von J. H. Byrom<sup>22)</sup> den Beweis erbringen, daß im Hochofen durch das Gichtgas eine Zementation bei ungefähr 500° bis zu 6,2 % C möglich ist. Wie diese Ergebnisse zustande gekommen und zu erklären sind, entzieht sich meiner Kenntnis. Sie haben bereits, was Dr. Wüst entgegen sein dürfte, bei dem Vortrag ernste Zweifel gefunden. E. H. Saniter z. B. findet die mögliche Ueberführung ganzer Eisenteile zu reinem Eisenkarbid ganz außergewöhnlich. Er hätte bei seinen mannigfachen

Untersuchung auf eine Kohlhung hin nicht vorgenommen wurde, haben wir in Hinblick auf Byroms Versuch diese Feststellung in Zahlentafel 5, Versuchsreihe B, Nr. 32 und 33, mit Eisenspänen von 0,2 % C bei Temperaturen von 350 bis 500° ergänzt, jedoch mit praktisch völlig negativem Ergebnis. Erst bei 820° zeigte sich nach 14,5 st eine Aufkohlung von 0,05 auf 0,09 % C. Dasselbe trat ein bei einem Gase, dem die Kohlensäure entzogen war, bei 1000° in 14 st ein (Versuch 30). Ebenso wurde bei Versuch 37 eine Aufkohlung von 0,2 auf 0,34 % C in 22 st im kohlenensäurefreien Gase erzielt, wobei man Kohlenstaub beigemischt hatte, der mittels Eisenoxyd als Katalysator gefällt war.

Selbst reines Koksofengas ergab erst bei 1000° und 20 st ein Oberflächenhäutchen mit 0,26 % gegen 0,19 % C. Bei der

<sup>22)</sup> J. Iron Steel Inst. 92 (1915) S. 106/21; vgl. St. u. E. 36 (1916) S. 145/7.

„Weißglut“ von Mannesmann (bei 1280°) war ein Rundeisenstück mit 0,24 % C im Koksstrom durch und durch auf 5 % C gestiegen. Es zeigte grobkristallines Gefüge und war geschmolzen. Es zeigte sich also alles so, wie es zu erwarten war. Es geht auch im Hochofen so zu, wie Oberhoffer den Zementationsvorgang beschreibt<sup>33)</sup>:

„Der Durchführung der Zementation sind nach oben wie nach unten bezüglich der Temperatur Grenzen gesetzt. Nimmt man an, daß in der äußersten Randschicht der Kohlenstoffgehalt 1 % nicht überschreiten soll, so dürften bei der Zementation 1184° nicht überschritten werden, weil nach dem Zustandsdiagramm der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, Abb. 16, bei dieser Temperatur eine 1prozentige Eisen-Kohlenstoff-Legierung zu schmelzen beginnt. In Wirklichkeit dürfte bei diesem Kohlenstoffgehalt die Temperatur des beginnenden Schmelzens sogar noch niedriger liegen, weil die der Zementation unterliegenden technischen Eisensorten außer Kohlenstoff noch andere den Schmelzpunkt erniedrigende Elemente enthalten. Bei höheren Kohlenstoffgehalten in der äußersten Randschicht erniedrigt sich die obere Grenztemperatur entsprechend noch weiter.“

Der Kohlenstoffgehalt in dem von Wibergh bei Temperaturen von 900 bis 1200° erhaltenen Eisenschwamm beträgt 0,2 bis 0,35 %, bei Bohm ist er 2 m über den Formen 0,31 %, bei Kinney macht er 1,29 % aus. Daher sind alle die Proben von Lennings 2 m über den Formen mit 3,19 % C und von Kinney bei 0,7 m über den Formen mit dem gleichen Kohlenstoffgehalt schon flüssig, da die Temperatur sich an diesen Stellen schon um 1300° bewegt.

Das Eisen wird also nicht, wie Dr. Wüst meint, erst ganz kurz vor den Formen nach völliger Zementation durch seine Begleitelemente infolge seines hohen Karbidgehaltes flüssig, sondern in beliebigem Abstände darüber, wenn es in den dort herrschenden Temperaturen einen entsprechenden Kohlenstoffgehalt erreicht hat. Die Trennung von der Schlacke erfolgt allmählich, wie es Bohm beschreibt:

„Jedoch bewiesen die Proben, daß sich die Eisentropfen nicht von dem sauren und verschlackten Erze in dem Augenblicke trennen, in dem das Roheisen seinen Schmelzpunkt erreicht, sondern die Tropfen folgen den Schlackenteilchen, bis das Roheisen sich entsprechend seinem größeren Flüssigkeitsgrade ablösen kann. Die Wechselwirkung zwischen der festen Schlackenmasse setzt sich also fort, wenn auch der Schmelzpunkt des Eisens überschritten ist.“

Das Vorhandensein einer oxydierenden Zone vor den Formen ist unbestreitbar. Deshalb habe ich Dr. Wüsts Bemühungen, van Vlotens Untersuchungen der Vergessenheit zu entreißen, anerkannt. Nach diesem ist die Oxydation vor den Formen aber ein rein örtlicher Vorgang. Zudem ist es ein Ereignis, das man nicht ändern kann. Für Dr. Wüst wird es aber in nicht bewiesener Ueberschätzung seiner Auswirkung zu einer Grundlage seiner Theorie. Eine Theorie des Hochofenvorganges in Form einiger kurz gefaßter Lehrsätze halte ich aber für einen Zwang, der den vielfältigen Erscheinungen nie Rechnung tragen kann und daher den allgemeinen Fortschritt in der Erkenntnis nur einengt.

Dr. F. Wüst: In den weiteren Ausführungen beschäftigt sich Dr. Bansen hauptsächlich mit dem Nachweis, daß das feste Eisen nicht mehr als 1,7 % C durch Zementation aufnehmen kann. Er bemängelt zuerst, daß ich bei den Versuchen von Charpy die Angabe weggelassen habe, der aufgenommene Kohlenstoffgehalt von 9 % sei in der Hauptsache in freier Form vorhanden, was für die Sache jedoch ganz unwesentlich ist, da auch der freie Kohlenstoff nur durch Zementation in das Eisen gelangen konnte. Bei den Versuchen von Mannesmann nimmt Dr. Bansen an, daß eine Schmelzung stattgefunden hat. Ich möchte

<sup>33)</sup> Das technische Eisen, 2. Aufl. (Berlin: J. Springer 1925) S. 503.

aber darauf hinweisen, daß Mannesmann sowie Ledebur ausdrücklich von Zementationsvorgängen sprechen. Die Annahme von 1200° für Weißgluttemperatur ist sehr willkürlich, da z. B. Howe schon unter Weißglut Temperaturen von 1100 bis 1150° versteht. Im übrigen beziehen sich die von Dr. Bansen angeführten Literaturstellen in der Hauptsache nicht auf die Höhe des durch Zementation in das Eisen gelangten Kohlenstoffes, sondern auf den Mechanismus der Reaktion, der bekanntlich lange Zeit strittig war. Die Versuche, die er zum Beweis für seine Auffassung angestellt hat, kann ich nicht als beweiskräftig ansehen. Ein Gas mit ungefähr 7 bis 8 % Kohlenäure, das außerdem noch mit Wasserdampf gesättigt ist, wird bei hoher Temperatur wohl entkohlend, niemals aber zementierend wirken. Nur bei den Versuchen 36 und 37 hat das Gas eine solche Zusammensetzung, daß eine Zementation vielleicht zu erwarten wäre. Aus seinen Zahlen ersehe ich jedoch, daß der Wasserstoffgehalt des Gases nach den Versuchen höher war als vor den Versuchen, was ein Beweis dafür ist, daß das Gas nicht trocken war und deshalb wohl auch nicht bei der hohen Temperatur von 1000° zementierend wirken konnte. Dr. Bansen übersieht bei seinen Zementierversuchen, daß bei den Temperaturen, bei denen im Hochofen die Kohlung stattfindet, das Gas eine ganz andere Zusammensetzung hat als im Gichtgas, welches er für seine Versuche verwendet. Die Versuche von Wibergh können ebenfalls nicht als Beweismittel dienen, da bei Wibergh kein Spaltungskohlenstoff vorhanden ist. Was den Vergleich zwischen dem Kohlenstoffgehalt des Wascheisens und des Roheisens anbelangt, so hat Dr. Bansen nicht berücksichtigt, daß von den Proben aus dem Holzkohlenhochofen keine Kohlenstoffbestimmungen vorliegen.

Bezüglich der Untersuchungen von Kinney sowie Ivar Bohm verweise ich nochmals auf folgende Sätze:

„1. Im allgemeinen kann man sagen, daß die beiden Berichte (von Dr. Wüst und von dem Referenten) weitgehend übereinstimmen. Beide Untersuchungen, die vollkommen unabhängig voneinander durchgeführt wurden, beweisen klar, daß der größere Teil der Metalloide von dem Metall aufgenommen wird, bevor die Formebene erreicht ist.“

4. Das Eisen aus dem Abstich zeigt eine Verringerung des Gehaltes an Mangan, Silizium und Kohlenstoff im Vergleich zu den Proben, die aus der Formebene entnommen wurden.

Ivar Bohm (Royal Technical College, Stockholm) S. 85: Es geht daraus hervor, daß ein Teil des Siliziums und Mangans des Roheisens von dem Eisen aufgenommen wird, bevor es geschmolzen ist, und daß ein anderer Teil von den Eisentropfen aufgenommen wird von dem Punkte ab, wo das Roheisen seinen Schmelzpunkt erreicht bis zur Trennungszone von Eisen und Schlacke. Wenn das Roheisen durch die Formebene hindurchgeht, ist es daher mit Kohlenstoff, Silizium und Mangan ebenso wie mit Phosphor und Schwefel legiert. Kinneys Untersuchungen (Bureau of Mines Technologic Paper Nr. 397, 1926) bestätigen diese Annahme.“

Damit sind die Hauptpunkte meiner Hochofentheorie, und zwar die Aufnahme der Fremdkörper des Roheisens über den Blasformen und die Abnahme der Fremdkörper an den Blasformen, durch diese beiden Forscher bestätigt. Es ist wohl nicht verwunderlich, daß bei einer solchen der bisherigen Anschauung widersprechenden neuen Auffassung noch in einzelnen untergeordneten Punkten Meinungsverschiedenheiten bestehen.

Dr. Ing. H. Bansen: Dem Schlußsatz des Herrn Geheimrat Wüst schließe ich mich voll an. Bei dem Umfange der aufgeworfenen Fragen und der erst im Anfang befindlichen Forschung darüber wird es nicht möglich sein, selbst über die Größe der Meinungsverschiedenheiten zu einem Abschluß zu gelangen.

Ich glaube daher um so mehr von einer weiteren Stellungnahme Abstand nehmen zu können, als der Leser ja selbst an Hand der Darstellungen in der Lage ist, sich sein Urteil zu bilden, und das letzte Wort in der Angelegenheit noch nicht gesprochen ist.

## Die Eisen- und Stahlindustrie im Lichte der englischen Wirtschaftsquete.

Von Dr. H. Niebuhr in Berlin.

In England gibt es ebenso wie in Deutschland einen Ausschuß zur Untersuchung der Lage und Aussichten der heimischen Wirtschaft, der drüben im Jahre 1924 eingesetzt worden ist. Der endgültige Bericht dieses Balfour-Ausschusses, wie er häufig nach seinem Vorsitzenden Sir Arthur Balfour genannt wird, ist noch nicht erschienen, jedoch liegt das Ergebnis der bisherigen Untersuchungen in sechs Einzelbänden vor, von denen der letzte eben erschienene

Band sich mit der Lage der englischen Eisen- und Stahlindustrie, des Maschinenbaues, der Elektrotechnik und des Schiffbaues befaßt. Im Gegensatz zur sonstigen englischen Gepflogenheit, derartige amtliche Untersuchungen nur auf ein ganz bestimmtes, fest umrissenes Gebiet zu beschränken, ist diesmal die gesamte englische Wirtschaft und alle damit zusammenhängenden Fragen zum Gegenstand der Betrachtung des Ausschusses

gemacht worden. In dieser Ausdehnung der Aufgaben liegt eine allerdings nur äußerliche Aehnlichkeit mit der deutschen Wirtschaftsenquete. Ohne Widerspruch ist das Abweichen von der althergebrachten Form und Aufgabe der „Royal Committees“ nicht vor sich gegangen, und manche Abschnitte der bisher veröffentlichten Bände scheinen den Widersachern dieser Neuerung recht zu geben, daß durch die unvermeidliche summarische Behandlungsweise großer Fragenzusammenhänge wertvolle Einzelheiten auf manchen Arbeitsgebieten zu kurz gekommen sind. Besonders dem vorliegenden VI. Band merkt man das Bestreben der Verfasser an, zum Ende zu kommen. Immerhin wird das letzte Urteil über das Geleistete von dem endgültigen Bericht des Ausschusses abhängen, der dann nach englischer Gewohnheit die Grundlage für die Wirtschaftspolitik gibt und seinen Niederschlag in Gesetzgebung und Verwaltung des Landes findet. Jedenfalls pflegt ja eine derartige Arbeit nicht umsonst gemacht zu werden, wie das z. B. mit deutschen, von der Regierung veranlaßten Arbeiten geschehen ist. Es sei nur an das Gutachten der Susat-v. d. Porten erinnert, das sofort nach seinem Erscheinen sang- und klanglos in der Versenkung verschwunden ist, ohne nur die geringste Berücksichtigung zu erfahren.

Ueber das Zustandekommen des Berichtes über die Eisen- und Stahlindustrie wird nichts Besonderes gesagt. Er gründet sich auf die Aussagen der vom Ausschuss vernommenen Zeugen, denen wohl das größte Gewicht beizumessen ist. Dazu tritt offenbar die Verwertung von Berichten der Verbände, amtlichen Mitteilungen und Veröffentlichungen aus der Tages- und Fachpresse.

Nach einem einleitenden und historischen Ueberblick über den Wandel der Eisenerzeugung und die Entwicklung der englischen Eisenindustrie bis zum Kriege wird die Lage in der Nachkriegszeit untersucht. Die der Untersuchung zugrunde liegende Fragestellung hebt sich deutlich ab; sie ist eine doppelte. Einmal richtet sie sich auf die Ursachen für das Zurückbleiben der Eisenindustrie in technischer und organisatorischer Beziehung, sowie auch in der Menge der Erzeugung hinter den Industrien des europäischen Festlandes und der Vereinigten Staaten. Zum anderen soll aus der Feststellung dieser Ursachen die Erkenntnis gewonnen werden, was zur Wiederherstellung der Wettbewerbsfähigkeit zu geschehen hat. Der Bericht befaßt sich daher zunächst mit der Lage der Eisenindustrie als solcher, ihrem technischen Wirkungsgrad und ihren organisatorischen Grundlagen. Daran schließt sich die Schilderung der Wettbewerbsverhältnisse und der Gestaltung der Absatzverhältnisse. Alle Zweige der Eisenindustrie, von der Roheisenerzeugung bis zu den Walzwerkserzeugnissen, werden erfaßt.

Die Rohstoffversorgung ist nicht besonders herangezogen. Nur gelegentlich findet die Erzfrage Erwähnung, wie z. B. bei Schilderung der Zusammenschlüsse zur Sicherung des Rohstoffbezuges. Da gibt der Bericht eine Schätzung wieder, wonach die Hochofenindustrie die Quellen ihrer Erzversorgung in England und im Auslande zu ungefähr 72 % überwacht, während die Kohlenversorgung zu ungefähr 62 % und die Koksversorgung zu ungefähr 55 % gesichert ist. Zweifellos wird, wie man hinzufügen darf, die in letzter Zeit mehr und mehr um sich greifende Zusammenschlußbewegung im Bergbau den Werken neuen Anlaß bieten, um den Bezug von Kohle und Koks in erhöhtem Maße sicherzustellen. Diese starke Stellung im Rohstoffbezug kann als ein besonderes Kennzeichen und ein besonderer Vorteil der englischen Eisenindustrie vor der deutschen, französischen und belgischen Eisenindustrie angesprochen werden.

Sehr bitter lautet das Urteil des Berichtes über die Kokereianlagen. Danach ist England, sowohl bezüglich des Standes der Technik als auch in bezug auf die organisatorische Seite, hinter dem europäischen Festland und den Vereinigten Staaten zurück. „Trotz der seit dem Kriege erzielten Fortschritte ist die englische Industrie — allgemein gesprochen — da, wo der Kontinent vor dem Kriege war.“ Das Verhältnis zwischen der Erzeugungsfähigkeit der Kokereien und dem Verbrauch der Hochöfen ist so, daß die Kokereien aus 21 Mill. t Kohle 14 Mill. t Koks erzeugen können, was den Höchstbedarf der Hochöfen, den man mit 13 Mill. t ansetzen kann, gerade deckt, aber dann zu wenig für die Ausfuhr übrigläßt.

Die Roheisenerzeugung ist von 11 Mill. t im Jahre 1913 auf 12 Mill. t im Jahre 1927 gesteigert worden. Die im Kriege durchgeführte Erhöhung der Stahlerzeugung von 8 auf 12 Mill. t hat den vor dem Kriege bestehenden Roheisenüberschuß von 3 Mill. t verschwinden lassen. Zur Frage des Gleichgewichts zwischen der Roheisen- und Stahlerzeugung äußert sich der Bericht dahin, daß die zur Erzeugung einer Tonne Stahl notwendigen Roheisenmengen keineswegs unveränderlich sind, daß sogar seit dem Kriege weniger Roheisen und dafür um so mehr Schrott verbraucht wird. Bei Aufrechterhaltung dieses Schrottverbrauchs werden sich Roheisen- und Stahlerzeugung ungefähr die Waage halten können. Allerdings wird die Erzeugung von Gießerei- und Schmiedeeisen zum Teil eingeschränkt werden müssen. Wird der Schrottverbrauch dagegen sinken und mehr Roheisen verhüttet werden, so wird ein starker Fehlbetrag in der Roheisenerzeugung eintreten. Man erkennt hier die Auswirkung der Kriegswirtschaftspolitik, die unter allen Umständen die Stahlerzeugung zu steigern bestrebt war ohne Rücksicht auf das Gleichgewicht zwischen Hochofen- und Stahlwerken. Auch die Hochofentechnik steht nach dem Urteil des Berichtes hinter derjenigen der übrigen großen Eisen erzeugenden Länder zurück. Das gilt besonders für die Leistungsfähigkeit der Oefen, die in England geringer ist. Die Verbesserung der Anlagen ist in erster Linie den — wie der Bericht sich ausdrückt — Hilfs- und Nebeneinrichtungen zugute gekommen. Es wird als besonderer Vorteil gerühmt, daß die mechanische Beschickung bei ungefähr einem Viertel aller Hochöfen in Anwendung ist. Manche englischen Werke sollen heute noch der Meinung sein, daß die Beschickung von Hand wirtschaftlicher sein kann. Die größten Hochöfen sind an der Nordostküste und in Wales, die kleinsten in Schottland und in den Midlands. Dies erklärt sich größtenteils daraus, daß hier der älteste Sitz der Eisenindustrie ist, von wo sie je nach Entwicklung der Rohstoff- und Absatzverhältnisse ihre Wanderungen in die übrigen englischen Gebiete und besonders an die Küste angetreten hat. Die größte Durchschnittsjahreserzeugung eines Hochofens wird für Südwalles im Jahre 1925 auf rd. 98 000 t angegeben, denen als Jahresdurchschnitt in Deutschland die — übrigens viel zu niedrige — Zahl von 138 000 t im Jahre 1925 gegenübergestellt wird. Die englische Durchschnittsziffer liegt aber, um ein richtiges Bild zu geben, etwa bei 41 000 t.

Die Stahlwerke haben seit dem Jahre 1913 größere Fortschritte als die übrigen Zweige der Eisenindustrie gemacht. Viele neue Anlagen mit größerem Ausbringen wurden errichtet. Die Zahl der Anlagen mit einer Erzeugungsfähigkeit von weniger als 50 t ist von 394 auf 283 zurückgegangen, während die Zahl der Anlagen mit einer Fassungs-fähigkeit von 50 und mehr t von 152 auf 349 gestiegen ist. Die größten Anlagen befinden sich wie in der Hochofenindustrie an der Nordostküste, wo sich auch 59 % aller Siemens-Martin-

Oefen mit einer Erzeugungsfähigkeit von 65 t und mehr je Schmelzung finden. Der Bericht betont, daß nach den Zeugenaussagen die neuesten und besten englischen Werke sich den besten auf dem Festlande wohl vergleichen dürfen. Dagegen müsse zugegeben werden, daß immer noch sehr viel veraltete Anlagen bestehen, so daß im Durchschnitt betrachtet auch die Stahlwerksindustrie mit den Werken des Festlandes nicht mitkommt.

Die Walzwerkserzeugung hat sich im Jahre 1913 auf 7 bis 8 Mill. t belaufen. 1927 wurde sie auf 10 bis 11 Mill. t bemessen. Sie steht also hinter der Erzeugungsfähigkeit der Stahlwerke zurück. Diesem Umstande glaubt man jedoch keine besondere Bedeutung beimessen zu brauchen, da die Anlagen ihrem gewöhnlichen Bedarf zunächst noch gewachsen sind und die Leistungsfähigkeit der neuesten Anlagen noch nicht erprobt ist. Man erwartet hier gewisse Reserven in der Erzeugungsfähigkeit. Merkwürdigerweise schweigt der Bericht über die Elektrifizierung der Walzwerksanlagen, die noch in der Kriegszeit sehr wenig verbreitet war. Wahrscheinlich sind die Fortschritte hier auch nicht besonders groß, sonst hätten sie zweifellos Erwähnung gefunden.

Gesteigert ist auch die Erzeugung von Elektro- und Sonderstahl, ferner von anderen Erzeugnissen, wie Blechen, Draht und Röhren. Die Schweißeisenerzeugung ist dagegen ganz erheblich zurückgegangen, und zwar von 1 Mill. t im Durchschnitt der Vorkriegsjahre auf 250 000 t jährlich in der Zeit von 1921 bis 1925. Zu erwähnen bleibt in wirtschaftlich technischer Beziehung die Einrichtung von verschiedenen Forschungsstellen, insbesondere auf dem Gebiete der Brennstoffersparnis.

Die Organisation der Eisenindustrie hat durch die Ausdehnung der Werke im Kriege starke Änderungen erfahren. Wie oben erwähnt, sind zur Sicherung der Rohstoffversorgung und zur Erleichterung des Absatzes große Zusammenschlüsse zustande gekommen. 12 große Gruppen erzeugen heute 5 600 000 t Roheisen und 7 200 000 t Rohstahl im Jahre. Sie verfügen somit über 47 % der Roheisen- und ungefähr 60 % der möglichen Stahlerzeugung. Die Geschlossenheit der Industrie ist damit aber bei weitem noch nicht erreicht. Eine bedeutende Menge kleiner und größerer, gemischter und reiner Unternehmungen steht diesen Gruppen gegenüber. Ganz besonders beachtlich ist für den deutschen Beschauer die Angabe des Berichtes über die Ausdehnung des Arbeitens in einer Hitze. Demnach war das kontinuierliche Verfahren 1913 so weit in Anwendung, daß weniger als 28 % des zur Stahlherstellung verwendeten Roheisens in flüssigem Zustande in die Stahlwerke ging. Im Jahre 1924 war dieser Hundertsatz auf 45 gestiegen. Auch hier zeigt sich wieder die Folge des Alters der englischen Eisenindustrie, die unter anderen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen entstanden ist als die Industrien des Festlandes. Als Entschuldigung, wie man manchmal aus den Zeilen des Berichtes herauslesen kann, darf man allerdings derartige Tatsachen nicht gelten lassen. Es bleibt dabei, daß die englische Eisenindustrie mit der Entwicklung nicht Schritt gehalten hat.

Dem Abschnitt über die Entwicklung der Weltmarkt- und Wettbewerbsverhältnisse sind reiche Zahlenunterlagen beigegeben. Sowohl Übersichten über die Erzeugung in den einzelnen Zweigen der Industrie als auch über die Richtung der Ein- und Ausfuhr und den Anteil des fremden Wettbewerbs dienen zur Erläuterung der Lage. Besondere Berücksichtigung erfährt die Halbzugeneinfuhr auf dem englischen Inlandsmarkt. Manche alten Angriffe, die man schon längst vergessen glaubte,

tauchen wieder auf. So wird z. B. wieder auf die geringere Güte der ausländischen Erzeugnisse hingewiesen. Dazu ist zu bemerken, daß es natürlich Güteunterschiede bei den Eisenerzeugnissen wie bei allen anderen gibt. Diese Tatsache an und für sich ist jedoch nicht ausschlaggebend. Man kann sie vor allen Dingen nicht einfach verallgemeinern und Unvergleichbares miteinander vergleichen, z. B. englischen Sonderstahl mit gewöhnlichem französischen Handelsstahl. Auch die Verwendung spielt eine ausschlaggebende Rolle. Der Bericht erkennt selbst an einer Stelle an, daß der Verwendungszweck für die Güte des benötigten Stahles ausschlaggebend sein muß. Sicherlich geht auch der englische Verbraucher von diesem Grundsatz aus. Weiter wird gesagt, daß englische Werke durch die fremde Einfuhr gezwungen wurden, Teile ihrer Betriebe stillzulegen und fremden Werkstoff hereinzunehmen.

Die Sorgen um den Absatz spiegeln sich in der Preisentwicklung wider. Dem Großhandelsindex von 141,4 im Jahre 1927 (1913 = 100) steht ein Eisenindex von 119,9 gegenüber. Auch eine im „Economist“ veröffentlichte Statistik über die großen englischen Werke wird zum Beweis der Notlage der Industrie herangezogen. Sie zeigt einen auffallenden Rückgang der Gewinne in der seit dem Ruhrkampf verflossenen Zeit, der merkwürdigerweise gerade bei großen Werken der Sheffielder Qualitätsindustrie hervortritt. Der Bericht gibt hierfür keine Erklärung. Man geht jedoch wohl nicht fehl in der Annahme, daß dies auf die schlechte Lage des Schiffbaues, insbesondere auch des Kriegsschiffbaues zurückzuführen ist, mit dem gerade diese Werke in hervorragendem Maße verbunden sind.

Ein Gesamturteil über die Eisen- und Stahlindustrie und das in Anbetracht der Lage Erforderliche wird in diesem Bericht nicht abgegeben. Offenbar soll das später in dem endgültigen Bericht geschehen, der die Ergebnisse aller Arbeiten zusammenfaßt. Manches, was der Ausschuß dann sagen wird, läßt sich aber schon voraussehen. Er hat die technische und wirtschaftliche Rückständigkeit der Industrie in ihrer Gesamtheit festgestellt. Daran vermögen einzelne hervorragende Ausnahmen nichts zu ändern. Auf der anderen Seite lautet das Urteil über die Entwicklung der Weltmarktverhältnisse und die Möglichkeit, ein wachsendes Bedürfnis an Eisen und Stahl zu befriedigen, durchaus nicht so ungünstig. Nur die mangelnde Wettbewerbsfähigkeit der englischen Eisen- und Stahlindustrie hindert sie daran, die Lage auszunutzen. Sie ist, wie der Bericht ausdrücklich hervorhebt, dem Ansturm der „Westeuropäischen Erzeugergruppe“ ausgesetzt. Der Ausschuß wird daher die Wiederherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der englischen Eisenindustrie und die Erhaltung ihrer wichtigen Stellung im englischen Wirtschaftsleben verlangen. Ob er zu diesem Zweck die Einführung eines Schutzzolles auf Eisen fordert, bleibt dahingestellt. Das wird, falls es nicht geschieht, Sorge und Aufgabe anderer Stellen sein. Sein Wort wird aber schwer ins Gewicht fallen, und zwar nicht nur in der öffentlichen Meinung des Landes, sondern auch im Parlament, denn darin liegt ja gerade die Bedeutung derartiger amtlicher Untersuchungen, daß sie zum Ausgangspunkt der Regierungsentscheidung genommen werden.

Man kann die Dinge aber auch von der umgekehrten Seite betrachten, und dazu haben gerade wir vor allem Grund. Die Wiederherstellung der englischen Wettbewerbsfähigkeit richtet sich wohl gegen die vom Ausschuß hervorgehobene „Westeuropäische Erzeugergruppe“. Sie trifft aber besonders die deutsche Eisen- und Stahlindustrie.

Heute läßt sich der Gang der Entwicklung bereits erkennen.

Die deutsche Eisen schaffende Industrie wird von zwei Seiten in die Klemme genommen werden, sowohl von seiten der englischen Eisen- und Stahlindustrie als auch vom englischen Bergbau auf dem Wege über die Kohlensubvention. Wir haben dafür zu sorgen, daß die Dinge uns nicht

überraschen. Mit Augenblicksmitteln und -mittelchen ist hier nichts getan. Notwendig ist vielmehr eine weit-sichtige, klare und vor allen Dingen einheitliche Wirtschaftspolitik. Das ist die Lehre, die wir aus dem englischen Bericht zu entnehmen haben.

## Umschau.

### Schleudern von Rohren in Sandformen.

Das Rohrschleudern geht in den Vereinigten Staaten seinen Weg. Infolge des zunehmenden Vertrauens der Verbraucherkreise hat sich im Jahre 1927 die Erzeugung gegen das Vorjahr nahezu verdoppelt; sie betrug schätzungsweise 400 000 t<sup>1)</sup>, wovon drei Viertel auf das De-Lavaud-Verfahren mit eisernen Drehformen und ein Viertel auf das Moore-Verfahren mit sandgefüllten Drehformen fallen. Die Gesamtmenge der erzeugten Schleuderrohre überstieg ein Viertel der gesamten Gußrohrerzeugung in den Vereinigten Staaten. Bemerkenswert ist der erstmalig in Erscheinung tretende namhafte Anteil an Sand-schleuderröhren, der sich aus der Inangansetzung der beiden neuen Werke dieser Art erklärt. Die erste Anlage, die der American Cast Iron Pipe Co. in Birmingham, ist hier bereits eingehend behandelt worden<sup>2)</sup>. Am Schluß dieser Besprechung wurde schon auf die zweite in der Vollendung begriffene Schleuderrohrgießerei mit Sandformen hingewiesen, über die nunmehr ebenfalls ein mit zahlreichen Abbildungen ausgestatteter Bericht von Pat Dwyer<sup>3)</sup> vorliegt.

Der zweite Betrieb nach dem Verfahren von Moore wurde von der mehr als 100 Jahre alten Röhrengießerei von R. D. Wood & Co. in Florence, N. J., mit einer Tagesleistung von 400 t nach gänzlichem Ausbau errichtet und im vergangenen Jahre in Benutzung genommen. In den Grundzügen ist der Plan der ersten Anlage beibehalten mit acht Schleudermaschinen für Rohre von 100 bis 300 mm  $\phi$  und 4,88 m Baulänge, jedoch hat man genügend Raum für eine Verdoppelung der Maschinenzahl vorgesehen. Im Hinblick auf die genannte Beschreibung der Anlage in Birmingham sind für den Fachmann nur die dieser gegenüber zur Anwendung gekommenen Aenderungen und Verbesserungen von Bedeutung, aus denen deutlich die Weiterentwicklung des Verfahrens erkennbar ist.

Die Herstellung des Sandfutters erfolgt nicht mehr mit Hilfe langgestielter Preßluftstamper, sondern auf Preßluft-Rüttelmaschinen in zwei Drehformen gleichzeitig. Auf Rüttelmaschinen ähnlicher Bauart wird nach vollendetem Guß der Formsand wieder ausgerüttelt, während er in dem ersten Werk durch besondere Maschinen herausgebohrt wird. Erstaunlich ist die Art und Dauer des Formentrocknens, selbst für den Gießereimann, wie der Verfasser richtig sagt. Nach erfolgter Einrüttelung des Futters und dem Schwärzen der Oberfläche, wobei der Muffenteil oben ist, wird der Drehformkasten wagrecht auf Rollböcke gelegt und von beiden Enden ein Oelbrenner für einige Minuten hineingehalten. Der äußerst durchlässige Sand, zahlreiche Luftlöcher in den Drehformkastenwänden, besonders aber die Fliehkraft bewirken, daß der beim Gießen entwickelte Wasserdampf nicht durch das flüssige Eisen nach innen dringt, sondern nach außen geschleudert wird. Bei jedem Rohr schlagen sich auf diese Weise mehrere Liter Wasser unter dem Deckel der Schleudermaschine nieder.

Als ein Fortschritt muß es bezeichnet werden, daß die noch glühenden Rohre nicht sofort aus der Form genommen und in einem Kühllofen zur Abkühlung gelangen, sondern etwa 1 st lang in den auf Rollbahnen wagrecht gelagerten Drehformen verbleiben. Nach Ablauf dieser Zeit sind sie zum Ausrütteln des Sandes bereit. Dann erfolgt das Herausnehmen der Rohre aus der Drehform in wagerechter Lage mit Hilfe einer langen an einer Hängeschiene befestigten und ausgewuchteten Stange, die in das Rohr eingeführt wird.

Ueber die eigentlichen Gießmaschinen und deren Handhabung bringt die Arbeit einige weitere Einzelheiten. Zum schnellen Einlegen und Ausheben der Formen sind die Deckel an jedem Ende der Schleudermaschine mit Hilfe von zwei Druckwasserzylindern heubar eingerichtet. Zu Beginn des Schleuderns ist die Eingußseite um etwa 600 mm gehoben. Durch das Absenken erfolgt gleichzeitig mittels Hebelübertragung das Eingießen des flüssigen Eisens. Bei Erreichung der wagerechten Lage ist die Kippfanne ausgeleert, und der mit selbsttätig regelnder Beschleunigung versehene Antrieb hat die Drehform auf die zum

Schleudern benötigte Drehzahl gebracht. Bis zum Stillstande der Drehform nach erfolgtem Guß dauert der ganze Schleudervorgang 2 min. Die Abfuhr der herausgenommenen Drehformen mit den darin befindlichen Rohren geschieht paarweise mit Doppelgreifern.

Die weitere Behandlungsweise der Rohre bis zur Versand-reife bewegt sich in den üblichen Bahnen. C. Pardun.

### Die Prüfung von Schmiedestücken.

Die ziemlich allgemein gehaltenen und vielseitigen Ausführungen R. W. Baileys<sup>1)</sup> gewinnen an Bedeutung durch einige beachtenswerte Angaben über die Prüfung von Rotor- oder Induktorkörpern, weil hiermit eine Frage angeschnitten wird, die infolge verschiedener Schwierigkeiten, die sich bei schnell laufenden Turbogeneratoren in letzter Zeit ergeben haben, eine große praktische Bedeutung erlangt hat. Bei diesen hochbeanspruchten wichtigen Schmiedestücken muß neben guten Festigkeitseigenschaften vor allem die unbedingte Gewähr innerer Fehlerfreiheit gegeben werden können, denn schon ein kleiner Sprung oder Schmierriß im Innern des Ballens kann das Stück zum Zerbersten bringen. Die einzige Möglichkeit, innere Risse oder ähnliche Fehler in derartig schweren Stücken festzustellen, besteht darin, eine zentrale Bohrung anzubringen und das Aussehen der Bohrung und des Bohrkerns zu beurteilen. Es ist deshalb unbedingt zu unterschreiben, wenn die Forderung aufgestellt wird, daß jeder schwerere Rotor mit einer Längsbohrung versehen werden sollte, weil „kein Stahlwerker für die innere Dichtigkeit eines schweren Schmiedestückes die Gewähr übernehmen kann“. Zur Ausleuchtung und zur genauen Untersuchung der Bohrung benutzt man, wie auch bei uns, besonders durchgebildete Periskope, die in die Bohrung eingeführt werden. Unterstützt wird die Beurteilung der Fehlerfreiheit durch Schwefelabdrucke, die an verschiedenen Stellen der Oberfläche gemacht werden, vor allem an den Flanken des Ballens, um hier gegebenenfalls Blockeckenseigerungen festzustellen. Abb. 1, die eine ringsum mit Schwefel-druckpapier bedeckte Rotorkappe darstellt, gibt eine Vorstellung von dem Ausmaße, in dem diese Prüfungsart in England angewendet wird. Außerdem werden natürlich noch Zerreiß- und Biegeproben genommen, und zwar an den verschiedensten Stellen, selbst aus dem Kern, der beim Hohlbohren abfällt. Es ist wohl selbstverständlich, daß die Güteziiffern bei diesen Proben verschieden und von der Schmiederichtung und vom Grad der Durchschmiedung, d. h. also von der Probelage und Proberichtung, abhängig sind, wenn diese Abhängigkeit in den Werten, die der Verfasser in einer Zahlentafel zusammengestellt hat, auch nicht sehr deutlich hervortritt. Nähere Angaben darüber, welche Werte im einzelnen verlangt werden müssen, werden nicht gemacht. Aus den Lieferungsbedingungen, die die großen englischen elektrotechnischen Firmen ihren Auslandsaufträgen zugrunde legen, geht aber hervor, daß bei Querproben 80 bis 85 und bei Radialproben etwa 75 % der Längsdehnung erwartet werden.

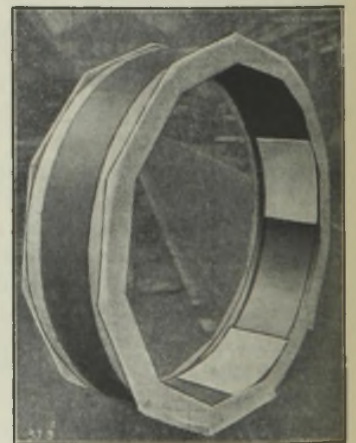


Abbildung 1. Vornahme von Schwefelabdrucken bei einem Rotor-Kappenring.

Nach dieser gründlichen, mechanisch-metallographischen Vorprüfung werden die Rotorkörper, wie allgemein bekannt, der Schleuderprobe unterworfen, die bei den durch Zentrifugalkraft beanspruchten Maschinenteilen gewissermaßen die Druckprobe der Dampfkessel ersetzt. Üblicherweise wird dabei die Tourenzahl so gewählt, daß einerseits ein hinreichender Sicherheitsgrad

<sup>1)</sup> Iron Age 120 (1928) S. 39.

<sup>2)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 1611/2.

<sup>3)</sup> Foundry 56 (1928) S. 126/31 u. 156.

<sup>1)</sup> Engg. 124 (1927) S. 623/5 u. 663/6.



erreicht, andererseits aber Veränderungen im Innern, etwa durch Ueberschreitung der Streckgrenze, unbedingt vermieden werden. In Deutschland sind bei durch Dampf angetriebenen Turbogeneratoren nach einer bindenden Vereinbarung des Verbandes deutscher Elektrotechniker 25% Uebertouren, entspre-

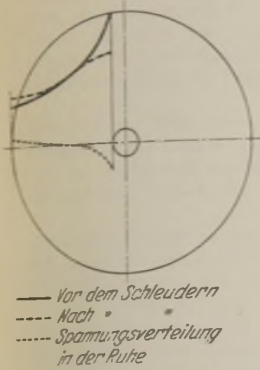


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Tangentialspannungen in einem Rotorkörper vor und nach dem Schleudern mit Uebertouren.

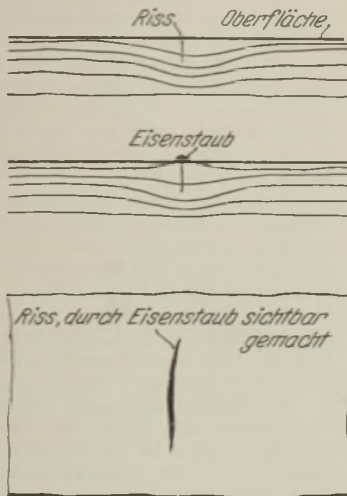


Abbildung 3. Wirkungsweise des Eisenstaubverfahrens.

chend etwa 56% Ueberbelastung, vorgeschrieben. Der Verfasser erwähnt nun, daß neuerdings der Vorschlag gemacht worden ist, die Umdrehungszahl bei der Schleudernprobe bewußt so weit zu steigern, daß an der Bohrung bleibende Formänderungen und damit für den Ruhezustand Druckspannungen auftreten, die den Betriebspannungen entgegengesetzt sind (Abb. 2). Hierdurch würde nicht nur die zulässige ruhende Beanspruchung, sondern auch der bei Dauerbeanspruchungen zulässige Spannungsbereich, d. h. also die Betriebssicherheit, bedeutend erhöht werden. Eine Schädigung des Werkstoffes soll nicht zu befürchten sein, vorausgesetzt natürlich, daß ein zäher, dehnbarer Stahl vorliegt, der die Ueberbeanspruchung aufnehmen kann. Ein sorgfältiges Ausleuchten der Bohrung nach dem Schleudern wäre aber wohl trotzdem ratsam, um etwaige Anrisse rechtzeitig feststellen zu können. Hierzu ist zu bemerken, daß in Wirklichkeit wohl kein schwerer Rotorkörper ganz frei von Herstellungsspannungen ist und daß im Kern je nach dem Herstellungsverfahren Zug- oder auch bereits Druckspannungen vorhanden sein können. Man sollte die Bedeutung dieser Spannungen aber nicht überschätzen, weil sich – wenigstens bei gebohrten Rotoren – bei der Beanspruchung von selbst ein günstigerer Spannungszustand einstellen wird. In diesem Anpassungsvermögen der gebohrten Rotorkörper an die ihnen zugemuteten Beanspruchungen dürfte ein großer Vorzug ungebohrten Stücken gegenüber liegen.

Um feine Risse an Schmiedestücken festzustellen, wird von dem Verfasser auch das Eisenstaubverfahren angeführt und empfohlen, bei dem die Stücke zunächst, soweit nicht hinreichender remanenter Magnetismus vorhanden ist, schwach magnetisiert und dann mit einer Mischung von feinstverteiltem Eisenstaub in Öl bestrichen werden. Dieses Verfahren soll es möglich machen, Risse festzustellen, die so fein sind, daß sie mit einer einfachen Lupe nicht gefunden werden können. Es beruht darauf, daß die Eisenteilchen an den Stellen, an denen der Fluß der magnetischen Kraftlinien durch einen Riß unterbrochen ist, eine Brücke bilden, die als dunkle Linie sichtbar ist (Abb. 3). Hierauf ist es wohl auch zurückzuführen, daß man bei geschliffenen Flächen auch die feinsten Risse leicht durch Aufpinseln von Petroleum feststellen kann. Bemerkenswert ist, daß auf einigen Werken sogar Hohlbohrungen nach dem Eisenstaubverfahren auf Anrisse untersucht werden.

Es werden dann noch einige weitere Prüfverfahren erwähnt, die in Sonderfällen Vorteil bringen können, hier aber nur kurz aufgezählt werden sollen. Hierzu gehören das magnetische Verfahren der General Electric Co. zur Prüfung von Turbinenscheiben, das an dieser Stelle bereits vor kurzem besprochen worden ist<sup>1)</sup>, ein von Lasche angegebene Paraffinabschmelzverfahren, das unter Umständen größere innere Werkstofftrennungen in Wellen und dergleichen aufdecken kann, eine Dauerstandprüfmaschine ähnlich der von Pomp und Dahmen benutzten Prüfrichtung, ein Prüfverfahren zur Feststellung der Alterungsempfindlichkeit von Werkstoffen für Keile und Bolzen, die bei hoher Temperatur

beansprucht werden, wobei sich eigenartigerweise bei 3prozentigem Nickelstahl von etwa 70 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit ein sehr starker Abfall der Kerbzähigkeit ergeben hat, und schließlich eine Abnutzungsprüfmaschine, bei der die besonderen Gleitverhältnisse von Zahnrädern in geschickter Weise nachgeahmt werden. Dr.-Ing. K. Kreitz.

Die Nietverbindungen bei Brücken aus hochwertigen Stählen.

K. Schächterle<sup>1)</sup> erörtert die bei der Verwendung der hochwertigen Baustähle St 37, St 48 und von Siliziumstahl zu den neueren Brückenbauten auftretenden Bedenken, ob die Nietverbindungen sich den gesteigerten Beanspruchungen gewachsen zeigen werden. Derartige Bedenken sind naheliegend, wenn man von der Bachschen Anschauung<sup>2)</sup> ausgeht, daß in erster Reihe die Reibung der durch die Schrupfspannung der Niete aufeinandergedrückten einzelnen Blechlagen für die Festigkeit einer Nietverbindung maßgebend ist. Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen scheint sich der Gleitwiderstand von Nietverbindungen mit hochwertigen Stählen nicht wesentlich von dem der Schweiß- und Flußstahlnietverbindungen zu unterscheiden. Nur wenn für die Niete ein Werkstoff mit größerer Wärmedehnung verwendet würde, wäre eine Besserung zu erwarten.

Während Bach die mit Rücksicht auf den Gleitwiderstand zulässige obere Grenze der Nietbeanspruchung für die Flußstahlarten auf etwa 1000 kg auf 1 cm<sup>2</sup> Nietquerschnitt angibt, geht die Nietbeanspruchung bei Verwendung hochwertiger Stahlartern weit über diesen Wert hinaus, so daß bei den nach den neuen Berechnungsvorschriften hergestellten Eisenbahn- und Straßenbrücken ein merkbares Gleiten der verbundenen Teile bereits bei Belastungen eintreten kann, die niedriger sind als die Nutzbelastungen, für die die Brücken berechnet sind. Ganz sicher ist dies wegen der größeren elastischen Formänderung bei Brücken aus St 48, Siliziumbaustahl und Nickelstahl anzunehmen.

Die heute gebräuchliche Berechnungsweise für Nietverbindungen betrachtet die Niete einfach als Bolzen, welche die Kräfte aus einem Teil der Verbindung auf den anderen übertragen und auf Abscherung sowie durch den Lochwanddruck beansprucht sind. Die Reibungskräfte treten bei dieser Art der Berechnung überhaupt nicht hervor. Es steht jedoch fest, daß bei Fortfall oder ungenügender Größe der Reibungskräfte die Nietverbindung niemals fest zu bleiben vermag, sondern sich schnell lockert, da die Niete ein gewisses Spiel in den Löchern haben. Andererseits läßt es sich an Hand einfacher Ueberlegungen über die Verteilung der Schub- und Normalspannungen in einer Nietverbindung zeigen, daß schon bei niedriger Beanspruchung einer solchen Verbindung kleine Verschiebungen der einzelnen Lagen zueinander stattfinden müssen. Durch Versuche sind diese Verhältnisse bei ruhender Belastung von E. Höhn<sup>3)</sup> geprüft worden. Es zeigte sich dabei, daß die Nietverbindungen trotz der erwähnten Gleitungen und trotz der ungleichförmigen Beanspruchung bei mehrreihiger Nietanordnung fest bleibt, selbst wenn einzelne Niete über die Streckgrenze beansprucht werden. Hieraus erklärt sich das ausgezeichnete Verhalten der Nietverbindungen im Brückenbau auch bei weitgehender Ueberlastung.

Wesentlich anders und ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Nietverbindungen, die Wechselkräften und unmittelbar wirkenden Stößen ausgesetzt sind. Hier ist die Lockerungsgefahr schon bei Belastungen unter der Elastizitätsgrenze vorhanden. Zur Prüfung dieser Verhältnisse bringt der Verfasser Versuche mit oftmals wiederholten Belastungen und Wechselbelastungen in Vorschlag, bei denen die Grenze festgestellt wird, bis zu der sich die Verbindungen als Ganzes als annähernd federnd verhalten. Oertliche Verformungen müßten dabei in Kauf genommen werden, damit sich die Verbindungen einspielen können. Durch solche Versuche müßte die Brauchbarkeit der heute im Brückenbau üblichen Berechnungsart und der gültigen Bemessungsvorschriften für Verbindungen aus hochwertigen Baustählen nachgeprüft werden.

Schließlich bleibt für Brücken aus hochwertigen Baustoffen noch die Frage zu untersuchen, ob und wie eine Verbesserung der Nietverbindungen möglich ist. Hierfür macht Schächterle einmal den Vorschlag, eine sattere Ausfüllung der Nietlöcher anzustreben. Das Spiel der Niete im Nietloch wäre hierzu möglichst zu verringern. Ein zweiter Weg wäre die Erhöhung der Reibung zwischen den zu verbindenden Teilen, was einmal durch ein

<sup>1)</sup> Die Bautechnik 6 (1928) S. 81.

<sup>2)</sup> C. Bach: Die Maschinenelemente, 13. Aufl., Bd. 1 (Stuttgart: Alfred Kröner 1920).

<sup>3)</sup> E. Höhn: Nieten und Schweißen der Dampfkessel (Berlin: Julius Springer 1925).

<sup>4)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 2086/7.

stärkeres Zusammendrücken derselben, dann aber auch durch künstliche Erhöhung der Reibungszahl möglich wäre. Eine Verbindung von Nietung und Schweißung oder gar den Versuch, durch Verschmelzen die satte Ausfüllung der Nietlöcher erreichen zu wollen, glaubt Schächterle ablehnen zu müssen. Wenn man schon zu Schweißverbindungen übergeht, so werden nach seiner Ansicht ganz andere Verbindungs- und Bauarten als bisher gebräuchlich gewählt werden müssen.

E. Siebel.

**Kranstudien.**

In zwei gleichlaufenden, von je einem Laufkran betriebenen Hallen wurden dieselben Verladearbeiten ausgeführt. In der Halle 1 befand sich ein neuzeitlicher, schnell arbeitender Kran, der außer dem Kranführer von nur einem Hilfsarbeiter bedient wurde; in Halle 2 dagegen wurde mit einem älteren langsam laufenden Kran gearbeitet, für den aber außer dem Kranführer zwei Hilfsarbeiter zur Verfügung standen.

Durch Zeitstudien wurden nun die zur Durchführung eines Verladenspiels erforderlichen Einzelzeiten untersucht und folgende Mittelwerte gefunden:

	Halle 1	Halle 2
Kranzeit . . . . .	0,70 min	1,10 min
Hantierungszeit . . . . .	1,10 „	0,45 „
Dauer eines Spiels . . . . .	1,80 min	1,55 min

Die auf diese Weise erreichte stündliche Verladeleistung betrug  
 in Halle 1 60 : 1,80 = 33,3 Stück/st  
 in Halle 2 60 : 1,55 = 38,7 Stück/st  
 zusammen 72,0 Stück/st.

Man vertauschte nun die Belegschaften und ließ den schneller arbeitenden Kran (außer dem Führer) von zwei Hilfsarbeitern, den langsameren von nur einem Hilfsarbeiter bedienen. Darauf ergaben sich folgende Teilzeiten:

	Halle 1	Halle 2
Kranzeit . . . . .	0,70 min	1,10 min
Hantierungszeit . . . . .	0,45 „	1,10 „
Dauer eines Spiels . . . . .	1,15 min	2,20 min

Die auf diese Weise erreichte Stundenleistung betrug:  
 in Halle 1 60 : 1,15 = 52,1 Stück/st  
 in Halle 2 60 : 2,20 = 27,2 Stück/st  
 zusammen 79,3 Stück/st.

Durch diese einfache Maßnahme konnte somit die Gesamtverladeleistung in beiden Hallen um 10 % gesteigert werden (s. Abb. 1).

Das Beispiel erläutert den betriebswirtschaftlich allgemein gültigen Grundgedanken, daß man durch entsprechende Betriebs-

weitig verwenden. Im folgenden werden an dem Beispiel einer Gaserzeugeranlage mit Chapman-Rührern<sup>2)</sup> einige Verwendungsmöglichkeiten solchen Kühlwassers zur Warmwasserversorgung, zur Heizung und zur Befeuchtung der Vergasungsluft gezeigt.

Auf den meisten Werken wird das Warmwasser für Verbrauchswasser noch durch Mischen von Kaltwasser mit Frischdampf bereitete. Die Verwendung von billigem, abgearbeitetem Dampf, z. B. Abdampf oder Zwischendampf, ist nicht möglich, weil der Wasserdruck immer höher ist als der Dampfdruck, ganz abgesehen von dem etwaigen Ölgehalt des Abdampfes. Das Mischverfahren setzt also die Verwendung von hochwertigem Frischdampf mit hohem Druck voraus und ist aus diesem Grunde höchst unwirtschaftlich.

Außer der früher empfohlenen Verwendung von Vakuumabdampf zur Wassererwärmung<sup>3)</sup> kann aber auch das Kühlwasser der jetzt vielfach eingebauten mechanischen Rührwerke der Gaserzeuger — z. B. Chapman-Rührer — unmittelbar kostenlos zur Warmwasserbereitung ausgenutzt werden.

Das Kühlwasser der Chapman-Rührer bleibt vollständig rein und fließt gleichmäßig mit 55 bis 60°, höchstens 65° ab, so daß auch die Unterwegs-Wärmeverluste, die überdies auch bei nicht geschützten Leitungen nur gering sind, gedeckt werden.

Die Kühlwassermengen betragen je Gaserzeuger bei mittlerem Betrieb 3 1/2 m³/st. Bei Mittelbetrieb stehen also in jeder Schicht 8 · 3,5 = 28 m³ Warmwasser je Gaserzeuger zur Verfügung, womit der Warmwasserbedarf für eine Belegschaft von etwa 1500 Mann gedeckt werden könnte.

Voraussetzung für die Verwendung des erwärmten Kühlwassers ist die Möglichkeit einer ausgiebigen Speicherung. Das nach dem Schichtwechsel die Speicher füllende kalte Wasser wird im Schichtverlauf den Gaserzeugern durch Umwälzpumpen zugeführt, angewärmt und wieder nach den Speichern gedrückt.

Aber auch gleichmäßiger Zufluß und stoßweiser Verbrauch machen die Speicherung notwendig; da die Gaserzeuger meist länger als alle übrigen Einrichtungen im Betrieb sind, ist in Verbindung mit Vorbehälter und Warmwasserspeichern die Warmwasserversorgung immer gesichert.

Was leichte Bedienung und Ueberwachung sowie technische Einzelheiten und ein Muster für eine solche Warmwasserversorgungsanlage anbetrifft, sei auf die Originalarbeit verwiesen. Meß- und Erkennungseinrichtungen wie die nötigen Absperr-, Entlüfte- und Entleerungsvorrichtungen müssen vorgesehen werden, mit denen sich dann im Störfalle die Anlage abschalten läßt, ohne daß die Kühlung der Chapman-Rührer gefährdet wird.

Dem Gewinn stehen die Anlagekosten gegenüber. Wenn schon Warmwasserverteilungsnetze vorhanden sind, ist der Anschluß an diese einfach und mit geringen Kosten durchführbar. Es ist dann nur eine Warmwassersammelleitung zu verlegen, an welche die ablaufenden angewärmten Kühlwasser mit Umschaltventilen angeschlossen werden, und nur der Sammelbehälter, die Umwälzpumpen, Erkennungs- und Regeleinrichtungen sind mit einem Kostenaufwand von etwa 10 000 RM zu beschaffen. Sind nur die Speicher vorhanden, so dürfen sich die Kosten im Anschluß an vier Gaserzeuger, also für ein Werk mit etwa 5000 Mann Belegschaft, auf schätzungsweise 40 000 RM belaufen.

Das Kühlwasser läßt sich auch zur Raumheizung ausnutzen. Da die Ablauftemperatur höchstens 65° beträgt, muß die Anlage dieser niedrigen Temperatur angepaßt sein. In bestehenden Heizungen werden die Heizflächen wohl immer zu klein sein, sie müßten also vergrößert oder durch neue Heizkörper ergänzt werden. Die Rohrleitungen werden dagegen meist weit genug sein, auch bei Dampfheizungen, da die Abwasserheizung als Schnellstromheizung anzusehen ist.

Solche Heizungen sind meist offene Systeme mit ständig erneuertem Wasser; nachteilig ist hierbei, daß leicht Luft mit eintritt, die die Verteilung des Wassers stört, auch werden durch das frische Wasser Rohre und Heizkörper stärker angegriffen und das Wasser selbst durch Rost verunreinigt. Ein Vorteil ist der ganz kostenlose Heizbetrieb.

Die in den beiden vorstehenden Abschnitten behandelten Verwendungsmöglichkeiten sind durch bereits ausgeführte Anlagen erprobt worden. Bei den folgenden Ausführungen handelt es sich um Vorschläge.

Die Temperatur des ablaufenden Kühlwassers liegt über dem Taupunkt der Vergasungsluft und entspricht den früher gestellten Bedingungen<sup>4)</sup>. Mit dieser gleichmäßigen Temperatur kann das Wasser am einfachsten in die Vergasungsluft fein zerstäubt ein-

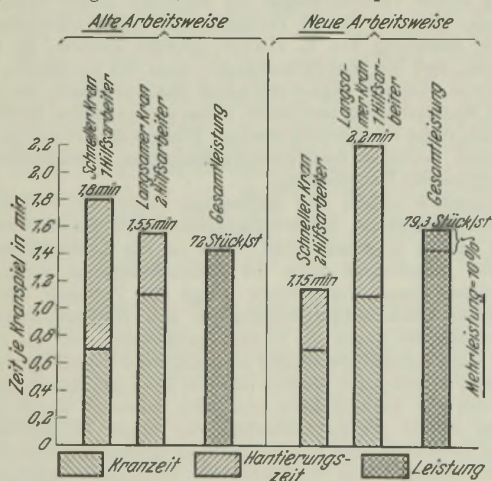


Abbildung 1. Kranstudien.

maßnahmen stets danach streben soll, zunächst die leistungsfähigsten Betriebsmittel voll auszunutzen und erst in zweiter Linie die weniger leistungsfähigen zu berücksichtigen. Bei Fördervorgängen ist das schneller arbeitende Fördermittel auch schneller, d. h. gegebenenfalls unter erhöhtem Aufwand an Personal, zu bedienen, da seine Leistung für die Gesamtleistung ausschlaggebend ist.

(Nach Mitteilung von H. Jordan, Düsseldorf.)

**Verwendung des Kühlwassers von Wasserkühlungen zur Deckung des Warmwasserbedarfs.**

Das auf industriellen Werken an vielen Stellen zum Kühlhalten aufgewendete Wasser<sup>1)</sup> geht meist mit Temperaturen von etwa 60° verloren. Dieses warme Wasser läßt sich gut ander-

<sup>1)</sup> Vgl. A. Schulze: Mitt. Wärmestelle V.d. Eisenh. Nr. 113. Die Mitteilung ist im vollen Wortlaut erschienen im Arch. Eisenhüttenwes. 2 (1928/29) S. 19/22 (Gr. D: Nr. 22).

<sup>2)</sup> Vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 2043.

<sup>3)</sup> Mitt. Wärmestelle Nr. 52 (1926) 2. Aufl., S. 43 a.

<sup>4)</sup> Arch. Eisenhüttenwes. 1 (1927/28) S. 139 (Gr. D: Wärmestelle 102, S. 3).

geführt werden. Es müßte dazu durch eine Hochdruckpumpe unter hohem Druck gesetzt und dann durch fein regelbare Düsen gegen feste Flächen gespritzt werden (Spritzbleche). Ein anderes Verfahren wäre die Zerstäubung des Wassers in sehr schnell umlaufenden, durch Motor angetriebenen Schaufeln.

Beide Verfahren sind einfach und weder in der Anschaffung noch im Betrieb teuer; ein weiterer Vorteil ist die sehr feine Regelbarkeit der Feuchtigkeit. In anderen Industrien werden ähnliche Einrichtungen zur Luftbefeuchtung gleichfalls verwendet.

Die nachfolgenden Berechnungen der Originalarbeit beziehen sich auf die Berechnung der für diesen Betrieb erforderlichen Warmwassermengen; sie lassen erkennen, daß ein Ueberschuß von 10 und mehr % fast stets vorhanden ist.

Ein Vorteil der Verwendung des Gaserzeugerkühlwassers für Warmwasserbereitung und Luftbefeuchtung liegt noch in der Ganzjährigkeit des Bedarfs, im Gegensatz zur Heizung, sie erfordert wegen dieser Gleichmäßigkeit auch die wenigste Wartung.

Die Verwendung des überschüssigen Kühlwassers zur Luftbefeuchtung bietet die Möglichkeit, im Gaserzeugerbetrieb vom Dampfzusatz ganz loszukommen, was z. B. unter durchschnittlichen Verhältnissen bei vier Gaserzeugern eine jährliche Ersparnis von rd. 25 000 *RM* bedeutet, der nur geringe Anlagekosten gegenüberstehen.

Die Ausnutzung des Kühlwassers hat sich bewährt, sie bringt wirtschaftliche Vorteile und kann deshalb empfohlen werden.

#### Hundertjähriges Bestehen der Technischen Hochschule Stuttgart.

Anläßlich der im Mai 1929 bevorstehenden Feier des hundertjährigen Bestehens der Technischen Hochschule Stuttgart werden alle diejenigen Herren, welche keiner Stuttgarter Verbindung angehören, gebeten, ihre Anschriften an die Vereinigung von Freunden der Technischen Hochschule Stuttgart, e. V., in Stuttgart, Seestraße 16, anzugeben.

## Aus Fachvereinen.

### Iron and Steel Institute.

(Frühjahrsversammlung am 3. und 4. Mai 1928 in London. — Fortsetzung von S. 1063.)

V. Harbord, London, hatte für einen

**Vergleich der wichtigsten Verfahren zur Reinigung von Hochofengas** zwölf derartige Anlagen in England herangezogen, von denen er die in den betreffenden Werken erzielten Ergebnisse gesammelt hat.

Nach dem Bericht können die Gasreinigungsverfahren in zwei Klassen eingeteilt werden, in Naß- und Trockenverfahren, und diese wieder in Tuchfilter- und Elektroverfahren. Daß diese Einteilung unzutreffend ist, geht schon daraus hervor, daß das „Trockenarbeiten“ kein unbedingtes Erfordernis der elektrischen Gasreinigung ist. Der Berichterstatter ist der Ansicht, daß die Einteilung am klarsten nach physikalischen Gesichtspunkten vorgenommen wird in mechanische und elektrische Verfahren; die Trocken- und Naßreinigung sind dann Unterabteilungen der mechanischen Reinigung. Eine weitere Einordnung kann nach dem Bericht auf Grund der möglichen Gastemperatur bei der Reinigung erfolgen; manche Verfahren lassen eine Reinigung in heißem Zustande zu, während andere eine Abkühlung vor der Reinigung erfordern. Auch diese Einteilung erfaßt das Wesentliche des Reinigungsvorganges nicht, zumal eine Reinigung bei hoher Temperatur häufig trotz der damit gewünschten Nutzbarmachung der fühlbaren Gaswärme unzweckmäßig ist.

Harbord kommt zu folgender Zusammenfassung, wobei berücksichtigt werden muß, daß er sich auf englische Verhältnisse bezieht. Sofern ein Reinheitsgrad von 0,5 g/m<sup>3</sup> genügt, können Wascher (Rieseltürme) oder das elektrische Verfahren verwendet werden; für höhere Reinheitsgrade kommen Desintegratoren oder das Halberg-Beth-Verfahren in Betracht. Der Kling-Weidlein-Reiniger dient nur als Vorreiniger. Die Betriebskosten sind bei der elektrischen Reinigung geringer als bei den meisten anderen Verfahren; der Staubgehalt im gereinigten Gase ist jedoch höher als bei Verwendung von Desintegratoren. Ebenso geht bei ihm die fühlbare Wärme nicht verloren, jedoch bringt die Handhabung des trockenen Staubes manche Nachteile mit sich. Das elektrische Gasreinigungsverfahren steckt noch in den Kinderschuhen, wird aber wahrscheinlich eine große Zukunft haben; die Anlagekosten sind hoch. Die wirksamste Naßreinigung besteht in einer Verbindung von Waschern und Desintegratoren; die Betriebskosten einer solchen Anlage sind jedoch mit Ausnahme des Halberg-Beth-Verfahrens höher als bei den anderen Arbeitsweisen. Das Halberg-Beth-Verfahren ergibt, wenn der Erneuerung der Säcke genügend Aufmerksamkeit geschenkt wird, einen niedrigeren Staubgehalt, und seine Betriebskosten sind nicht höher als bei den wirksamen Naßreinigungen. Die beiden Hauptschwierig-

keiten dieses Verfahrens bestehen in den hohen Anlagekosten und der schwierigen Handhabung des trockenen Staubes.

Abgesehen davon, daß in England im Durchschnitt geringere Anforderungen an die Reinheit des Gichtgases gestellt werden, geht aus der Zusammenfassung hervor, daß das elektrische Gasreinigungsverfahren in England noch weit hinter demjenigen des Festlandes zurück ist, wie dies aus zahlreichen Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> hervorgeht.

R. Durrer.

Ueber die Bewahrung von

#### Chromstahlschienen

nach etwa dreizehnjähriger Liegezeit auf Grund von Betriebserfahrungen einer englischen Bahngesellschaft berichteten Th. Swinden, Sheffield, und P. H. Johnson, Derby.

Die Abnutzung eines Werkstoffes ist eine Art der Beanspruchung, deren Wirkung sich bis heute auf Grund eines Prüfverfahrens nicht mit Sicherheit voraussagen läßt, da die jeweiligen Bedingungen in weitgehendem Maße das Ergebnis ändern können. Die Betriebsbewahrung ist darum bisher auch bei Schienenstahl der beste Gütemaßstab geblieben. Seit etwa 20 Jahren ist auch bei den englischen Bahnen die Entwicklung dahin gegangen, immer verschleißfestere, härtere Schienen zu verwenden, was in der Hauptsache durch Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes angestrebt wurde. Gleichzeitig wurde der Mangangehalt vermindert, und da in England heute zumeist basischer Siemens-Martin-Stahl zu Schienen verwandt wird, hat man den Höchstgehalt an Schwefel und Phosphor herabsetzen können. Die Verfasser sind jedoch der Ansicht, daß die Zweckmäßigkeit dieser Vorschriften zur Erzielung verschleißfesterer Schienen fraglich ist. Bei Heraussetzung der Grenze für den Mangangehalt auf 1 % könnte der Kohlenstoffgehalt niedriger gehalten werden. Gleichzeitig könnte dann die Höchstgrenze des Phosphorgehaltes etwas erhöht werden. In Amerika ist man zwar bisher noch anderer Ansicht, doch erblicken die Verfasser, im Gegensatz dazu, im Mangangehalt des Schienenstahles einen wertvollen Legierungsbestandteil, der mit größerem Vorteil und geringerer Gefahr zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes der Schienen dienen kann als eine Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes. Diese Auffassung der Verfasser wird übrigens durchaus gerechtfertigt durch die guten Erfahrungen mit entsprechend zusammengesetztem härterem Thomasschienenstahl. In der Schienenfrage wurde schon der Standpunkt vertreten, daß nicht der teure Sonderstahl, auch nicht die vergütete Schiene, sondern die richtige Zusammensetzung eines einfachen Schienenstahles die beste Lösung darstellte. Die Erfahrungen mit Chromstahl sprechen jedoch gegen die Ablehnung der Sonderstähle. Unter diesen hat sich bekanntlich auch der austenitische Manganstahl in besonderen Fällen sehr gut bewährt. Ein Chromstahl, der den Vorteil der guten Bearbeitbarkeit besitzt, hat sich jedoch ebenfalls durch sein gutes Verhalten bei der Verwendung in hochbeanspruchten Gleiskreuzungen ausgezeichnet. Auch für die Erzeugung vergüteter Schienen wird die Wahl eines richtigen Mangan- und Chromgehaltes zu beachten sein.

Ende 1913 wurden mehrere Bessemerstahlschmelzungen mit einem Chromgehalt bis zu 2 % für Schienen hergestellt. Sie sollten im Walzzustande genügend zäh, frei von Lufthärtungserscheinungen und ohne Schwierigkeiten bearbeitbar sein. Ein Stahl mit etwa 1 % Cr wurde als besonders geeignet festgestellt. Er hatte im Mittel etwa folgende Prüfergebnisse:

C	Si	Mn	P	S	Cr	Zugfestigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Durchbiegung bei der Schlagprobe, umgerechnet auf 1 m Meßlänge mm
0,50	0,20	0,85	0,047	0,035	1,0	85	145
			bis	bis			nicht gebrochen
			0,061	0,049			

Bei der Verarbeitung zu 45,36-kg-Schienen erwies sich der Stahl als einwandfrei. Für die Güte der Schienen sprach besonders die gute Schlagprobe. Die Schienen wurden zur Erprobung unter möglichst schwierigen Bedingungen verlegt.

Um den Einfluß einer Wiedererwärmung beim Warmbiegen von Schienen festzustellen, wurden Versuche zwischen 400 und 800° mit nachfolgender Luftabkühlung durchgeführt. Als einzige Aenderung ergab sich eine Verbesserung der Dehnung nach dem Erhitzen auf 700 und 800°.

Weitere Versuche wurden an saurem Siemens-Martin-Stahl vorgenommen. Aus den Prüfergebnissen der Schienen seien die in Zahlentafel 1 angegebenen Werte mitgeteilt.

Das ausgezeichnete Ergebnis der Schlagproben fällt wiederum ins Auge. Bei einer Zunahme des Kohlenstoffgehaltes von 0,5 auf 0,6 % und sonst annähernd gleicher Zusammensetzung stieg die Zugfestigkeit von etwa 84 auf 93 kg/mm<sup>2</sup>, während die Deh-

<sup>1)</sup> Siehe z. B. St. u. E. 47 (1927) S. 1933/41.

Zahlentafel 1. Prüfungsergebnisse an Schienen aus saurem Siemens-Martin-Stahl.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Streckgrenze	Zugfestigkeit	Dehnung bei 14,3 mm $\phi$ , 50 mm Meßlänge	Brinellhärte	Durchbiegung bei der Schlagprobe auf 1 m Auflagerabstand
%	%	%	%	%	%	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%		
0,47 bis 0,55	0,150 bis 0,274	0,75 bis 0,85	0,032 bis 0,045	0,029 bis 0,043	0,80 bis 1,09	45 bis 56	82 bis 92	15,5 bis 9,5	258 bis 292	teilweise 185 mm, nicht gebrochen

nung von 18 auf 11 % fiel. Die härteste Probe zeigte, ohne zu brechen, bei der Schlagprobe eine Durchbiegung von 104 mm, sie brach aber beim nächsten Schlag. Erhitzte man die Schienen auf 950° und blies dann 7 min lang einen Luftstrom auf den Schienenkopf, bis er auf 550° abgekühlt war, so erzielte man damit eine durchgehende Festigkeitssteigerung im Schienenkopf von etwa 3 kg/mm<sup>2</sup>. Der Schienenfuß wurde dagegen durch diese Behandlung etwas weicher, was sich bei der Schlagprobe unter hohen Schlagleistungen in einer erhöhten Durchbiegung der Schienen ausdrückte.

Das Gefüge der Chromstahlschienen bestand aus einer sehr feinen Perlitgrundmasse mit wenig sehr fein verteiltem Ferrit, was einen hohen Verschleißwiderstand begünstigen dürfte.

Zum Vergleich bringen die Verfasser eine Reihe von Prüfungsergebnissen von Schienen aus Bessemerstahl sowie aus saurem und basischem Siemens-Martin-Stahl. Diese Aufstellung zeigt gleichzeitig die geschichtliche Entwicklung in der Veränderung des Schienenstahles in England zwischen den Jahren 1914 und 1925.

Unter Hinweis auf die Bedeutung der Korrosion für den Schienenverschleiß bringen die Verfasser zum Schluß ausführlichere Angaben über die Bewährung der Bessemer-Chromstahlschienen. Es wurden daraus acht vollständige Gleiskreuzungen hergestellt, die an verschiedenen, stark beanspruchten Stellen verlegt wurden. Das Verhalten war infolge der besonderen örtlichen Verhältnisse nicht ganz einheitlich. Es ergab sich aber stellenweise eine mehr als fünffache Lebensdauer gegenüber den früher verwandten Kreuzungen aus Bessemerstahl. Allgemein wird neben der guten Betriebsbewährung die genügend leichte Bearbeitbarkeit und die außerordentliche Zähigkeit des Chromstahles hervorgehoben.

Auch Laschen, die aus Chromstahl hergestellt wurden, haben sich bestens bewährt. Der höhere Widerstand der damit verbundenen Schienenstöße gegen Durchbiegung spricht für die Verwendung derartiger Laschen in größerem Umfange.

Hamborn.

H. Meyer.

J. Swan berichtete über den

**Einfluß von Silizium auf Wolfram-Magnetstahl,**

und zwar insbesondere auf die magnetischen Güteeigenschaften von verschieden wärmebehandelten Wolfram-Magnetstählen. Die Untersuchung erstreckte sich auf Stähle mit der aus Zahlentafel 1 ersichtlichen Zusammensetzung.

Das Ergebnis der magnetischen Prüfung, die mittels des ballistischen Joch-Verfahrens erfolgte, zeigen für die Stähle Nr. 6, 7 und 8 die Zahlentafeln 2 bis 4.

Man erkennt deutlich den verschlechternden Einfluß einer Glühbehandlung zwischen 1000 und 1080°. Nach einer Glühung bei höherer Temperatur tritt wieder eine Besserung der magnetischen Gütewerte, namentlich der Koerzitivkraft, ein. Für den Stahl Nr. 6 mit 0,25 % Si und den Stahl Nr. 7 mit 0,51 % Si, im ungeglühten Zustande gehärtet, sind die Gütewerte ungefähr gleich. Nach einer fünfständigen Glühung bei rd. 1000° wird die Koerzitivkraft für beide Stähle um ungefähr den gleichen Betrag

Zahlentafel 1. Zusammensetzung der untersuchten Stähle.

Stahl Nr.	C %	Si %	Mn %	P %	S %	W %	Cr %
1	0,85	0,14	0,18	0,017	0,021	5,62	0,54
2	0,76	0,14	0,18	0,018	0,023	5,48	0,53
3	0,69	0,12	0,04	0,023	0,015	5,36	0,41
4	0,78	0,13	0,06	0,023	0,015	5,51	0,44
5	0,74	0,13	0,07	0,021	0,018	5,53	0,43
6	0,74	0,25	0,09	0,022	0,027	6,25	0,60
7	0,80	0,51	0,33	0,020	0,025	6,98	0,54
8	0,83	1,05	0,34	0,020	0,025	6,85	0,72
9	0,60	0,16	0,27	0,023	0,044	5,91	0,09
10	0,64	0,18	0,34	0,022	0,061	6,06	0,10
11	0,67	0,12	0,31	—	—	6,97	0,03
12	0,59	0,09	0,30	—	—	6,21	0,05

verringert. Der Stahl Nr. 8 mit 1,05 % Si hat, im Ausgangszustand gehärtet, niedrigere magnetische Gütewerte als die Stähle mit niedrigem Siliziumgehalt. Vornehmlich trifft dies für die Remanenz zu, die um rd. 1000 Einheiten niedriger liegt. Während nun die Stähle Nr. 6 und 7 durch die Glühbehandlung bei 1000° ganz wesentlich an Koerzitivkraft einbüßen, und zwar von  $\xi_c = 66,5$  auf 54 für den Stahl Nr. 6 und von 64 auf 59 für den Stahl Nr. 7, zeigt der Stahl Nr. 8 mit 1 % Si nach der gleichen Glühbehandlung nur eine Verminderung der Koerzitivkraft von 64,5 auf 60. Swan führt die hier geringere Verschlechterung durch die Glühbehandlung auf den hohen Siliziumgehalt zurück, läßt jedoch offen, ob nicht die unterschiedliche Zusammensetzung hinsichtlich des Wolfram- und Chromgehaltes ebenfalls einen Einfluß hat.

Zahlentafel 2. Magnetische Eigenschaften des Stahles Nr. 6 nach verschiedenen Wärmebehandlungen.

Art der Wärmebehandlung	Remanenz	Koerzitivkraft	( $\mathcal{B}$ - $\mathcal{H}$ ) <sub>max</sub>
Abgeschreckt in Wasser bei . . . . .	775°	11 100	66,5
	790°	11 000	63,5
	805°	10 900	65,5
Abgeschreckt in Oel bei	915°	9 950	75,0
	930°	9 950	72,0
	945°	9 800	71,0
Erhitzt auf 1250°, 3 min gehalten, Luftabkühlung, normalisiert bei 750°, dann abgeschreckt in Wasser von 785° . . . . .	10 900	74,5	340 000
Abgeschreckt in Wasser von 785°	11 200	62,5	361 000
Erhitzt auf 1020°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 785° . . . . .	11 200	54,0	315 000
Erhitzt auf 1080°, 5 st gehalten, dann behandelt wie vorher	11 200	57,5	345 000
Erhitzt auf 1130°, 5 st gehalten, dann behandelt wie vorher	11 150	65,5	380 000
Erhitzt auf 1180°, 5 st gehalten, dann behandelt wie vorher	11 200	67,5	378 000

Zahlentafel 3. Magnetische Eigenschaften des Stahles Nr. 7 nach verschiedenen Wärmebehandlungen.

Art der Wärmebehandlung	Remanenz	Koerzitivkraft	( $\mathcal{B}$ - $\mathcal{H}$ ) <sub>max</sub>
Abgeschreckt in Wasser bei . . . . .	785°	10 850	62,0
	805°	11 100	63,0
	825°	10 700	64,0
Abgeschreckt in Oel bei	915°	9 100	69,0
	930°	9 100	70,0
	945°	9 300	68,0
Erhitzt auf 1000°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 790° . . . . .	11 000	50,0	304 000
Erhitzt auf 1000°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 825° . . . . .	10 200	59,0	287 000
Erhitzt auf 1100°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 790° . . . . .	10 500	58,0	322 000
Erhitzt auf 1100°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 825° . . . . .	10 250	69,0	343 000
Abgeschreckt in Wasser bei 790°	10 900	67,0	364 800

Zahlentafel 4. Magnetische Eigenschaften des Stahles Nr. 8 nach verschiedenen Wärmebehandlungen.

Art der Wärmebehandlung		Remanenz	Koerzitivkraft	( $\mathfrak{B} \cdot \mathfrak{H}$ ) <sub>max</sub>
Abgeschreckt in Wasser bei . . . . .	805°	10 500	52,0	241 000
	825°	10 550	58,0	330 000
	845°	10 200	61,5	315 000
	865°	9 700	64,5	309 000
Abgeschreckt in Oel bei	915°	8 600	67,0	268 000
	935°	8 400	66,0	250 000
	955°	8 450	68,0	260 000
Erhitzt auf 1000°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 865° . . .		9 400	60,0	286 000
Erhitzt auf 1100°, 5 st gehalten, normalisiert bei 750°, in Wasser abgeschreckt bei 865° . . .		9 750	61,5	301 000

Hinsichtlich der übrigen Stähle gibt der Forscher zahlenmäßige Werte nicht an. Er führt lediglich aus, daß die Stähle Nr. 1 bis 5 mit einem Siliziumgehalt von höchstens 0,13 % durch

× 250

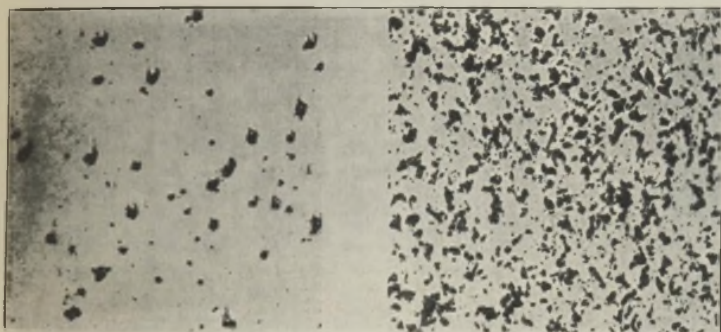


Abbildung 1. Stahl Nr. 7, 30 h bei 1000° gegläht. Ungeätzt.

Abbildung 2. Stahl Nr. 11, 20 h bei 1000° gegläht. Ungeätzt.

falsche Glühbehandlung in höherem Maße an Güte verlieren als die Stähle mit höherem Siliziumgehalt von 0,25 % und darüber.

Zur Erklärung dieser Tatsachen, die bereits von Evershed<sup>1)</sup> festgestellt wurden, bediente sich der Verfasser der Gefügeuntersuchung. Hiernach stellte er in Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von Hultgren<sup>2)</sup> fest, daß durch die Glühung der Wolfram-Magnetstähle in der kritischen Zone eine Zerlegung von metastabilen Doppelkarbiden erfolgt unter Bildung eines sehr beständigen Wolfram-Karbids, das vermutlich der Formel WC

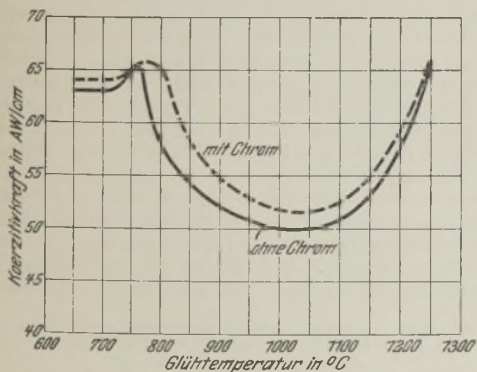


Abbildung 3. Änderung der Koerzitivkraft zweier Wolfram-Magnetstähle mit und ohne Chromgehalt in Abhängigkeit von der Glühtemperatur bei nachfolgender gleichmäßiger Härtung.

entspricht. Dieses Karbid geht bei normaler Härtetemperatur nicht mehr in Lösung und entzieht der Grundmasse eine nicht unbedeutliche Menge von Wolfram und Kohlenstoff. Die abgeschiedenen Karbide gleichen einem Fremdkörper, der in der Grundmasse eingebettet ist und der beim Polieren der Proben

<sup>1)</sup> J. Inst. Electr. Eng. 63 (1925) S. 725.

<sup>2)</sup> Hultgren: A Metallographic Study on Tungsten Steels (London: Chapman and Hall 1920).

× 100

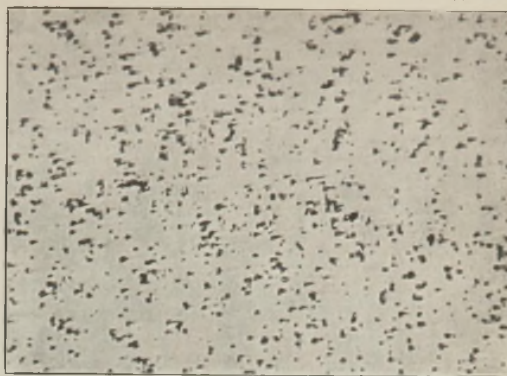


Abbildung 5. Stahl A, 4 h bei 1000° gegläht. Ungeätzt.

sehr leicht herausgerissen wird. Im ungeätzten Schliffbild sieht man daher die betreffenden Stellen als schwarzen Punkt. Dies zeigen für die Stähle Nr. 7 und 11 nach 30- bzw. 20stündiger Glühzeit bei 1000° die Abb. 1 und 2. Nach den Angaben nimmt mit zunehmender Glühzeit innerhalb des kritischen Bereiches der Anteil an abgeschiedenem Karbid zu, und dementsprechend nehmen die magnetischen Gütewerte immer mehr ab. Der Forscher ist der Ansicht, daß ein Chromgehalt bis zu 1 % auf die Verminderung der magnetischen Gütewerte nach vorausgehender Glühbehandlung keinen Einfluß hat.

× 250

Ueber das Verhalten der Karbide in Wolframstählen hat der Berichtersteller schon seit längerer Zeit Untersuchungen angestellt. Die Arbeit wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht werden. Es sei hier bereits kurz angeführt, daß ebenfalls festgestellt werden konnte, daß die kritische Glühtemperatur, die eine erhebliche Verminderung der magnetischen Güteeigenschaften von Wolfram-Magnetstählen zur Folge hat, zwischen 750 und 1050° liegt. In gleicher Weise wie die magnetischen Gütewerte, namentlich die Koerzitivkraft, ändert sich auch die

durch die Härtung erzielbare Härte der Stähle. Die Untersuchung erstreckte sich u. a. auf Wolfram-Magnetstähle mit und ohne Chromzusatz, wofür ein Beispiel herausgegriffen sei:

	C	Si	Mn	W	Cr
	%	%	%	%	%
Stahl A . . . . .	0,75	0,32	0,37	5,77	—
Stahl B . . . . .	0,75	0,36	0,35	5,46	0,35

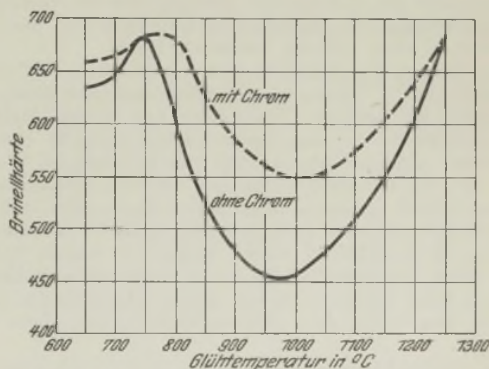


Abbildung 4. Änderung der Härte zweier Wolfram-Magnetstähle mit und ohne Chromgehalt in Abhängigkeit von der Glühtemperatur bei nachfolgender gleichmäßiger Härtung.

Die Veränderung der Koerzitivkraft nach vierstündiger Glühung bei Temperaturen von 650 bis 1250° und einer Härtung von 830° in Wasser zeigt Abb. 3. Die Änderung der Härte nach derselben Behandlung ist aus Abb. 4 ersichtlich. Beide Schaubilder zeigen deutlich den Einfluß des verhältnismäßig niedrigen Chromgehaltes von 0,35 %, eine Feststellung, die in gewissem Gegensatz zu den Angaben von Swan steht. Ein geringer Chromzusatz zu Wolfram-Magnetstahl schwächt in nicht unerheblichem Ausmaße die Verminderung der magnetischen Güteeigenschaften nach

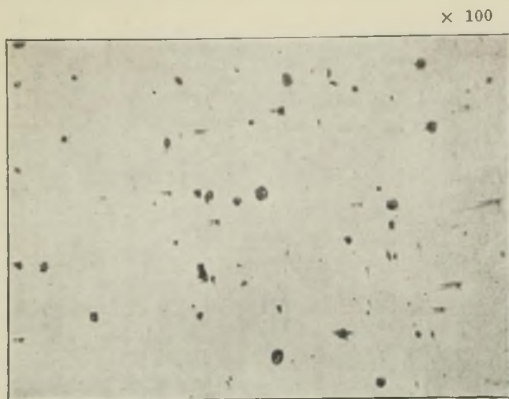


Abbildung 6. Stahl B, 4 h bei 1000° gegläht. Ungeätzt.

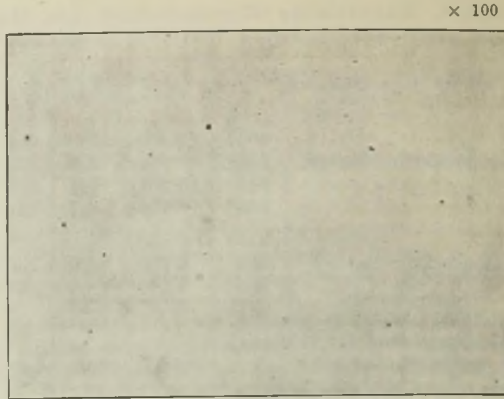


Abbildung 7. Stahl B, 4 h bei 650° gegläht. Ungeätzt.

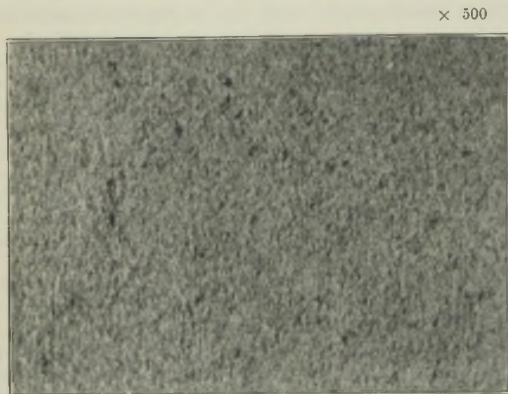


Abbildung 8. Stahl A, 4 h bei 650° gegläht. Aetzung: Pikrinsäure.

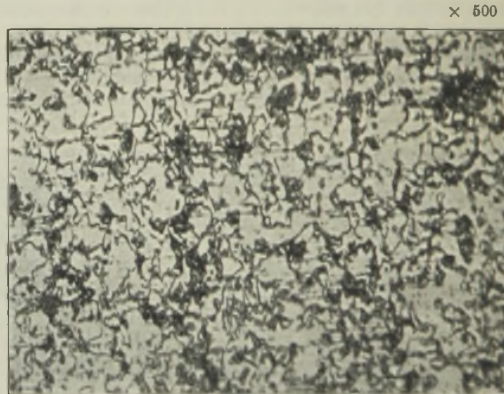


Abbildung 9. Stahl A, 4 h bei 1000° gegläht. Aetzung: Pikrinsäure.

einer Glühbehandlung im kritischen Bereich ab. Ebenso verliert der chromhaltige Stahl in geringerem Maße seine Härtebarkeit als der chromfreie, eine Erscheinung, die für sämtliche wolframlegierten, hochgekohlten Stähle von Bedeutung ist.

Abb. 5 zeigt das Gefüge des Stahles A nach vierstündigem Glühen bei 1000° im ungeätzten Zustande, Abb. 6 das Gefügeaussehen des Stahles B nach derselben Glühbehandlung. Aus den Abbildungen ist ersichtlich, daß sich bei Wolfram-Magnetstahl ohne Chrom das Karbid in verhältnismäßig feiner, gleichmäßig verteilter Form abscheidet, während die abgeschiedenen Karbide bei einem Wolfram-Magnetstahl mit Chromzusatz meist größer sind und vereinzelter auftreten. Die Gesamtmenge von abgeschiedenem Karbid ist bei gleicher Glühbehandlung für Wolframstähle mit Chromzusatz geringer, was die Verringerung der Herabsetzung der magnetischen Güterwerte und der Härteeigenschaften ohne weiteres erklärlich macht.

Das Gefüge des Stahles B nach vierstündiger Glühung bei 650° zeigt Abb. 7. Daraus ist ersichtlich, daß nach dieser Glühbehandlung bei niedriger Temperatur nur wenige Stellen zu sehen sind, die das herausgerissene Karbid anzeigen. Die damit festgestellte geringere Abscheidung von beständigem Wolframkarbid WC ist sicherlich schon bei der Walzbehandlung eingetreten. Eigene Untersuchungen haben nun ergeben, daß durch ein Erwärmen auf etwa 1250° während 5 bis 10 min das abgeschiedene Wolframkarbid wieder restlos in Lösung gebracht werden kann. Im Schlibbild eines so behandelten Stahles sind dann fast keine Stellen zu finden, die das abgeschiedene Karbid anzeigen. Das Gefüge sieht vielmehr wieder so aus, wie es Abb. 7 wiedergibt.

Das Gefüge von Stahl A nach einer Aetzung mit Pikrinsäure wird nach vierstündiger Glühung bei 650° durch Abb. 8, nach vierstündiger Glühung bei 1000° durch Abb. 9 wiedergegeben.

Wärmebehandlung	$\sigma_r$	$\sigma_c$	$(\sigma - \delta)_{max}$
4 st gegläht bei 650° . . . . .	11 000	64,5	330 000
4 st gegläht bei 1000° . . . . .	10 500	49,0	240 000

Die niedriggeglühte Probe zeigt ein gutes, feinhardenitisches Härtegefüge, die hochgeglühte ein unreines, mit Troostitabscheidungen durchsetztes Gefüge. Dementsprechend verhielten sich auch die magnetischen Güteeigenschaften.

Dr.-Ing. F. Pölzger.

A. Westgren, G. Phragmén und Tr. Negresco, Stockholm, legten eine Arbeit vor

**Ueber den Gefügebau der Eisen-Chrom-Kohlenstoff-Legierungen**

die auf chemisch-analytischen, mikroskopischen und röntgenogrammetrischen Untersuchungen aufgebaut ist. Neben der Erfassung der für das Auftreten der verschiedenen Phasen des Systems Eisen-Chrom-Kohlenstoff erforderlichen Bedingungen wird im Hinblick auf die Bedeutung des Gefügebauens von technisch wichtigen Legierungen, wie Kugellagerstahl, korrosionsbeständigem Stahl und Ferro-Chrom-Legierungen, den Karbiden des Dreistoffsystems besondere Beachtung geschenkt.

Die zu untersuchenden Legierungen wurden im Kohlerohr-Vakuumofen durch Zusammenschmelzen von Elektrolyteisen und metallischem Chrom hergestellt. Als Schmelzgefäße wurden Magnesittiegel benutzt. Zweimaliges Einschmelzen gewährleistete eine gute Durchmischung der Legierungen. Die bei der Röntgenuntersuchung voraussichtlich störend wirkenden Eigenschaftsänderungen infolge der Kaltverformung beim Drehen wurden bei den Zweistoff-Legierungen Eisen-Chrom durch eine Glühbehandlung im Vakuum bei 1000° beseitigt. Auch die in der Hauptsache aus Karbiden bestehenden Legierungen wurden vor der Röntgenuntersuchung im pulverisierten Zustand im Vakuum ausgeglüht.

Bei den reinen Eisen-Chrom-Legierungen ergab die röntgenogrammetrische Untersuchung, daß die Raumgitterabmessungen mit steigendem Chromgehalt, wie aus Zahlentafel 1 folgt, zunehmen.

Zahlentafel 1. Raumgitterabmessungen reiner Eisen-Chrom-Legierungen.

Chrom %	Kantenlänge $a_1$ Ångström-Einheiten	Chrom %	Kantenlänge $a_1$ Ångström-Einheiten
0,0	2,861	51,6	2,871
8,3	2,863	72,2	2,874
19,3	2,866	80,3	2,876
32,1	2,868	100,0	2,878

Hieraus darf man schließen, daß die beiden Bestandteile Eisen und Chrom eine ununterbrochene Reihe von Mischkristallen bilden, wie schon früher von Treitschke und Tamman<sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup> Z. anorg. Chem. 55 (1907) S. 402.

Pakulla und Oberhoffer<sup>2)</sup>, Murakami<sup>3)</sup>, v. Vegesack<sup>4)</sup> und neuerdings von Kreuzer<sup>5)</sup> festgestellt worden ist. Die Gleichheit der Raumgittertypen der Elemente Eisen und Chrom bedingt ferner eine Unterdrückung der  $\alpha \rightarrow \gamma$ - bzw. der  $\gamma \rightarrow \delta$ -Umwandlung mit zunehmendem Chromgehalt. Nach der von Oberhoffer<sup>6)</sup> zuerst für reine Eisen-Silizium-Legierungen entwickelten und durch Versuche<sup>7)</sup> gestützten Anschauung tritt bei derartigen Legierungen ein abgeschnürtes  $\gamma$ -Gebiet auf, d. h. die Beständigkeit der  $\gamma$ -Mischkristalle wird durch Zusatz des betreffenden Legierungselementes erniedrigt. Auch im Zweistoffsystem Eisen-Chrom ist nach den Untersuchungen von Bain<sup>8)</sup> und Oberhoffer und Esser<sup>9)</sup> ein begrenztes Beständigkeitsgebiet der

und trigonalen Karbids sind in Legierungen mit 18 bis 21 % C nebeneinander zu beobachten.

Aus den auf dem Wege der chemischen, mikroskopischen und röntgenogrammetrischen Untersuchung an ternären Eisen-Chrom-Kohlenstoff-Legierungen gewonnenen Ergebnissen wurde ein Dreistoff-Schaubild aufgestellt (Abb. 3). Hiernach treten vier Karbide auf:

1. Zementit mit teilweise durch Chromatome ersetzten Eisenatomen,
  2.  $(FeCr)_4C$  → kubisches
  3.  $(FeCr)_7C_3$  → trigonales
  4.  $(FeCr)_3C_2$  → orthorhombisches
- } Chrom-Eisen-Karbid.

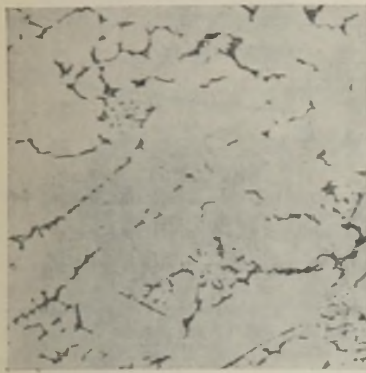


Abbildung 1. Chrom-Kohlenstoff-Legierung mit 6 % C. Aetzung: Salzsäure.

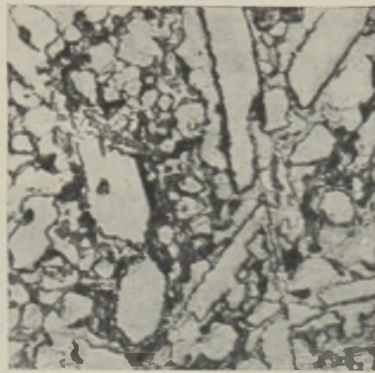


Abbildung 2. Wie Abb. 1. Aetzung: 50prozentige Schwefelsäure.

$\gamma$ -Phase anzunehmen. Der zur Unterdrückung notwendige Chromgehalt beträgt rd. 14 bis 15 %.

Im System Chrom-Kohlenstoff können, wie die Verfasser unter Hinweis auf frühere, ebenfalls eigene Untersuchungen anführen, drei Karbide auftreten:

- $Cr_4C$  kubisches Chromkarbid  
Kantenabstand 10,638 Å  
120 Atome im Elementar-Kubus
- $Cr_7C_3$  trigonales Chromkarbid  
Kantenabstände:  
 $a_1 = 13,98 \text{ Å}$   
 $a_2 = 4,523 \text{ Å}$   
80 Atome im Elementar-Prisma
- $Cr_3C_2$  orthorhombisches Chromkarbid  
Kantenabstände:  
 $a_1 = 2,821 \text{ Å}$   
 $a_2 = 5,52 \text{ Å}$   
 $a_3 = 11,46 \text{ Å}$   
20 Atome im Elementar-Parallelepipedon.

Die dem orthorhombischen Karbid entsprechenden Gleichgewichtslinien konnten wegen versuchsmäßiger Schwierigkeiten (hoher Schmelzpunkt, Sprödigkeit) ebenso wie die dem Graphit zukommenden Liquidusflächen nicht ermittelt werden. Es wird angenommen, daß mit steigendem Chromgehalt die Löslichkeit für Kohlenstoff im flüssigen Zustand zunimmt.

In Abb. 4, 5 und 6 sind verschiedene Schnitte durch das Dreistoff-Schaubild wiedergegeben.

In dem untersuchten rostfreien Stahl (13,2 % Cr, 0,37 % C) tritt in der Hauptsache das kubische Chromkarbid auf. Das

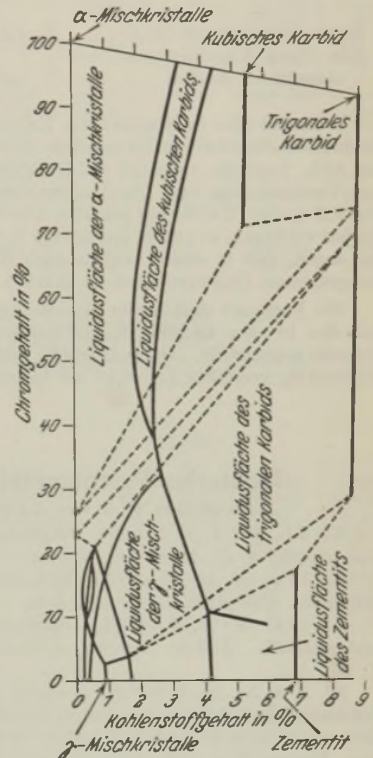


Abbildung 3. Projektion der Gleichgewichtslinien des Dreistoffsystems Eisen-Chrom-Kohlenstoff auf die Konzentrationsebene.

Die metallographische Untersuchung der Proben ergab ein Steigen der Karbidmenge mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt.

Während Legierungen mit rd. 6 % C nach Salzsäureätzung ein vollkommen gleichmäßiges Gefügebild aufweisen, lassen sich bei den gleichen Proben nach einer tieferen Aetzung mit heißer 50 prozentiger Schwefelsäure deutlich drei Phasen feststellen (Abb. 1 und 2), nämlich ein stark geätztes und ein weniger stark geätztes Karbid sowie metallisches Chrom. In den Röntgenogrammen der verschiedenen Legierungen treten drei Arten von Interferenzlinien auf, die mit steigendem Kohlenstoffgehalt nacheinander erscheinen. Die Chromlinien und die Linien des kubischen

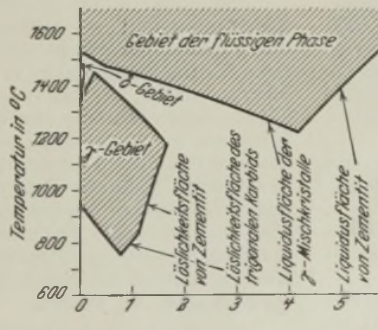


Abbildung 4. Schnitt durch das ternäre Diagramm bei 3 % Cr.

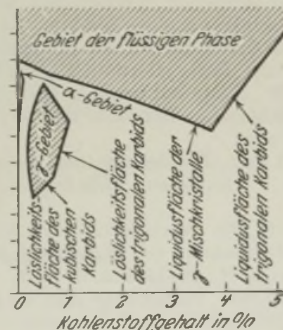


Abbildung 5. Schnitt durch das ternäre Diagramm bei 15 % Cr.

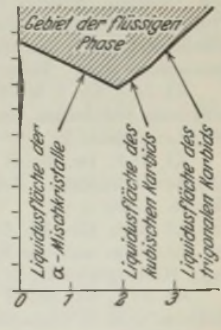


Abbildung 6. Schnitt durch das ternäre Diagramm bei 50 % Cr.

<sup>2)</sup> Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh. Nr. 68 (1925).

<sup>3)</sup> Science Rep. Tohoku Univ. 7 (1918) S. 217/76; vgl. Rev. Mét. 18 (1921) S. 17/24.

<sup>4)</sup> Z. anorg. Chem. 154 (1926) S. 30/60.

<sup>5)</sup> Dr.-Ing.-Dissertation Aachen 1928.

<sup>6)</sup> St. u. E. 44 (1924) S. 979.

<sup>7)</sup> Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenh. Nr. 67 (1925).

<sup>8)</sup> Trans. Am. Soc. Steel Treat. 1 (1926) S. 9/32.

<sup>9)</sup> St. u. E. 47 (1927) S. 2021/31.

gleiche ist, abgesehen von einigen schwachen Linien der Eisen-Chrom-Phase und des trigonalen Karbids, auch bei einem Ferro-Chrom mit 69,5 % Cr und 5 % C der Fall. Dagegen tritt in einem Nickel-Chrom-Stahl mit 11,33 % Cr, 1,18 % Ni und 2,38 % C vorherrschend das trigonale Karbid auf.

Die teils aus Eisen-Chrom-Legierungen mit verhältnismäßig niedrigem Gehalt an Chrom und Kohlenstoff, teils aus Kugellagerstählen herausgelösten Karbide bestehen aus Zementit, in dem mehr oder weniger Eisenatome durch Chromatome ersetzt

sind. Bei der Röntgenuntersuchung dieser Legierungen gelangten die Verfasser zu dem Ergebnis, daß die Kantenabstände der aus einem Kugellagerstahl mit 1,67 % Cr und 1,03 % C herausgelösten Karbide kleiner waren als die des reinen Eisenkarbids (Zahlentafel 2).

Zahlentafel 2. Vergleich der Kantenabstände des Raumgitters von Zementit und technischem Karbid aus einem Kugellagerstahl.

	Kantenabstände		
	$a_1$ Å	$a_2$ Å	$a_3$ Å
Reines Eisenkarbid $Fe_3C$ . . .	4,517	5,079	6,730
Aus einem Kugellagerstahl herausgelöstes Karbid . . . . .	4,508	5,064	6,713

Während also in den meisten Eisen-Chrom-Legierungen die Raumgitterabstände mit steigendem Chromgehalt zunehmen, wie aus Abb. 7 erhellt, tritt bei den Karbiden des Kugellagerstahles eine Verminderung ein. Die Analyse des Karbids ergab 6,8 % C und 9,6 % Cr. Würde der gesamte Chromgehalt von 1,67 % im Karbid vorliegen, so müßte dieses 10,8 % Cr enthalten. Man kann also sagen, daß in einem angelassenen Kugellagerstahl über  $\frac{9}{10}$  des gesamten Chromgehaltes im Karbid enthalten sind.

Die Verfasser stellen zum Schluß ihrer Untersuchungen fest, daß das in den meisten Kugellagerstählen unerwünscht auftretende sogenannte „Doppelkarbid“ nichts anderes ist als ungleichmäßig verteilter Zementit infolge von Seigerungsverfahren

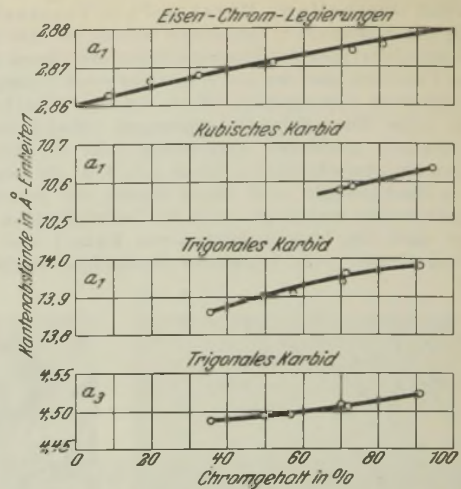


Abbildung 7. Abhängigkeit der Raumgitterabmessungen vom Chromgehalt in Eisen-Chrom-Legierungen und Eisen-Chrom-Karbiden.

während der Erstarrung des Blockes. Der oft zu beobachtende unterschiedliche Aetzangriff der kleinen und großen Zementitbestandteile („Doppelkarbid“) in derartigen Stählen sei vermutlich auf geringe Unterschiede im Chromgehalt zurückzuführen.

Dr.-Ing. H. Esser.

## Patentbericht.

### Deutsche Patentanmeldungen<sup>1)</sup>.

(Patentblatt Nr. 31 vom 2. August 1928.)

Kl. 1 b, Gr. 4, K 104 357. Magnetscheider. Fried. Krupp. Grusonwerk, A.-G., Magdeburg-Buckau.

Kl. 10 a, Gr. 13, St 42 906. Koksofenwand mit senkrechten Heizröhren. Carl Still, Recklinghausen.

Kl. 10 a, Gr. 26, A 48 377. Drehbare Tieftemperatur-Destillationsretorte. Arthur Vernon Abbott, Richmond, Virginia (V. St. A.).

Kl. 10 a, Gr. 26, T 30 326. Drehofen zur physikalischen oder chemischen Behandlung von körnigem oder staubförmigem Gut, insbesondere zum Schwelen, Entgasen und Verkoken von bituminösen Brennstoffen. Joseph Trautmann, Berlin-Südende, Halskestr. 33.

Kl. 12 e, Gr. 5, S 64 888; Zus. z. Pat. 409 269. Anordnung für elektrische Gasreinigungsanlagen. Siemens-Schuckertwerke, A.-G., Berlin-Siemensstadt.

Kl. 21 h, Gr. 26, A 51 438. Einrichtung zur Beschickung von Elektroden-Schmelzöfen. A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz).

Kl. 21 h, Gr. 29, R 59 532. Verfahren zum Ziehen oder Walzen von Drähten, Rohren oder ähnlichen Werkstücken beliebigen Profils, bei welchem unmittelbar vor dem Werkzeug eine elektrische Erhitzung des Gutes durch unmittelbare Induktion vorgenommen wird. Hans Willi Roth, Dortmund, Mendestr. 5.

Kl. 31 a, Gr. 1, M 93 290. Stauwand zwischen Ofen und Vorherd zum Abscheiden von Schlacken. Hermann Meixner, Hannover, Leibnizstr. 1.

Kl. 31 b, Gr. 10, R 73 151. Handrüttler mit Wende- und Abhebevorrichtung. John T. Ramsden, Philadelphia, Penns. (V. St. A.).

Kl. 31 c, Gr. 18, H 112 729. Vorrichtung zum Verfahren der Gießrinne und des Einfülltrichters von Schleudergußmaschinen. Halbergerhütte, G. m. b. H., Brebach a. d. Saar.

Kl. 31 c, Gr. 18, H 112 784. Vorrichtung zum Gießen von Muffenröhren in Schleudergußmaschinen. Halbergerhütte, G. m. b. H., Brebach a. d. Saar.

Kl. 80 c, Gr. 11, E 34 045. Drehtrommelofen. Etablissements Poliet & Chausson, Paris.

### Deutsche Gebrauchsmustereintragungen.

(Patentblatt Nr. 31 vom 2. August 1928.)

Kl. 7 a, Nr. 1 039 658. Hebelantrieb für die Bewegung der Rechen von Kühlbetten. Bruno Quast u. Friedrich Lomberg, Rodenkirchen b. Köln.

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

Kl. 7 a, Nr. 1 039 943. Walzstab für Schiefensterrahmen. Klöckner-Werke, A.-G., Abt. Mannstaedtwerke, Troisdorf, Rhld.

Kl. 7 d, Nr. 1 039 981. Antriebsvorrichtung für Drahtricht- und Abscheidemaschinen mit umlaufendem Richtkörper. Carl Semper & Co., Greiz.

Kl. 31 b, Nr. 1 039 336. Wendeformmaschine mit veränderbarer Schwerpunktlage. Gustav Zimmermann, Maschinenfabrik, Düsseldorf-Rath, Theodorstr. 290.

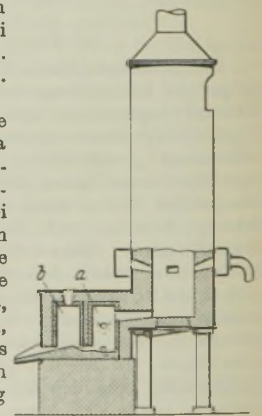
Kl. 31 c, Nr. 1 039 370. Kanalstein für Kokillenguß. Otto Kunz, Köln-Mülheim, Elisabeth-Breuer-Str. 7.

Kl. 85 b, Nr. 1 039 781. Vorrichtung zur getrennten Abscheidung von Schwimm- und Sinkstoffen in Frischwasserkläranlagen. Wilhelm Radermacher u. Clemens Delkeskamp, Wiesbaden, Sonnenberger Str. 14.

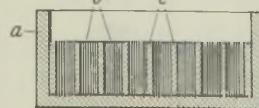
### Deutsche Reichspatente.

Kl. 31 a, Gr. 1, Nr. 459 465, vom 1. Januar 1925; ausgegeben am 9. Mai 1928. Gustav Simon und Dr.-Ing. Paul Rütten in M.-Glabach. Vorherd für Kuppelöfen.

Der Vorherd ist durch eine Zwischenwand in zwei Kammern a und b geteilt, die nur in ihren unteren Teilen miteinander in Verbindung stehen, so daß auch bei nur teilweiser Füllung der beiden Kammern in die das schlackenfreie Eisen enthaltende Kammer b, die zweckmäßig basisches Futter hat, Zusätze eingegeben werden können, ohne daß Gase oder Flammen aus der ersten, saueres Futter besitzenden Kammer a durch die Einfüllöffnung ins Freie getrieben werden.



Kl. 18 c, Gr. 7, Nr. 460 168, vom 26. September 1925; ausgegeben am 10. Mai 1928. Joh. Moritz Rump, Akt.-Ges., in Altena, Westf. Glühverfahren zur Herstellung ebener, spannungsfreier Bleche.



In den Glühkasten a aus einem Werkstoffe mit geringerem Ausdehnungskoeffizienten als das Glühgut sind die Blechstreifen b hochkant so eingepackt, daß sie die ganze Breite des rechteckigen Glühkastens ausfüllen. Zwischen die Bleche werden in Abständen ebene Platten c eingesetzt. Der Preßdruck wird sodann durch den Unterschied in den Ausdehnungskoeffizienten bei der Glühtemperatur erzeugt.



# Statistisches.

## Die Roheisenerzeugung des Deutschen Reiches im Juli 1928<sup>1)</sup>. In Tonnen zu 1000 kg.

	Hämatit-eisen	Gießerei-Roheisen	Gußwaren erster Schmelzung	Bessemer-Roheisen (saurer Verfahren)	Thomas-Roheisen (basisches Verfahren)	Stahl-eisen, Spiegel-eisen, Ferro-mangan und Ferro-silizium	Puddel-Roheisen (ohne Spiegel-eisen) und sonstiges Eisen	Insgesamt	
								1928	1927
Juli (31 Arbeitstage)									
Rheinland-Westfalen . . . . .	47 747	43 484	2 219	—	593 470	139 484	874	824 185	876 965
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen . . . . .	1 465	16 216			32 559	51 865		65 436	
Schlesien . . . . .		6 318			—	20 797		25 888	
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland . . . . .	19 479	31 031			69 964	30 384		113 170	112 731
Süddeutschland . . . . .	—	—	—	—	24 677	27 873			
Insgesamt Juli 1928 . . . . .	68 691	97 049	2 219	—	663 434	202 427	874	1 034 694	—
„ Juli 1927 . . . . .	81 607	91 757	3 814	1 228	687 783	241 135	1 569	—	1 108 893
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung								33 377	35 771
Januar bis Juli (1928: 213 Arbeitstage, 1927: 212 Arbeitstage)									
Rheinland-Westfalen . . . . .	501 805	324 648	17 518	10 016	4 108 523	1 075 745	8 834	6 021 407	5 908 159
Sieg-, Lahn-, Dillgebiet und Oberhessen . . . . .	12 508	129 080			249 979	404 588		446 509	
Schlesien . . . . .		42 175			—	156 214		191 392	
Nord-, Ost- und Mitteldeutschland . . . . .	149 309	226 972			565 823	198 139		860 242	748 307
Süddeutschland . . . . .	—	—	—	—	178 623	179 583			
Insgesamt: Januar bis Juli 1928 . . . . .	663 622	722 875	17 518	10 016	4 674 346	1 523 863	8 834	7 621 074	—
„ Januar bis Juli 1927 . . . . .	575 059	694 760	24 764	2 428	4 529 866	1 632 725	14 348	—	7 473 950
Durchschnittliche arbeitstägliche Gewinnung								35 948	35 254

## Stand der Hochöfen im Deutschen Reiche<sup>1)</sup>.

	Hochöfen						Hochöfen						
	vor-handens	in Betrieb befindliche	re-dempte	in Re-paratur befindliche	zum An-blasen fertig-stehende	Leistungs-fähigkeit in 24 st in t	vor-handens	in Betrieb befindliche	re-dempte	in Re-paratur befindliche	zum An-blasen fertig-stehende	Leistungs-fähigkeit in 24 st in t	
Ende 1913 . . . . .	330	313	—	—	—	—	211	83	30	65	33	47 820	
„ 1920 <sup>2)</sup> . . . . .	237	127	16	66	28	35 997	1926 . . . . .	206	109	18	52	27	52 325
„ 1921 <sup>2)</sup> . . . . .	239	146	8	59	26	37 465	„ 1927 . . . . .	191	116	8	45	22	50 965
„ 1922 . . . . .	219	147	4	55	13	37 617	Mai 1928 . . . . .	185	104	13	47	21	52 620
„ 1923 . . . . .	218	66	52	62	38	40 860	Juni 1928 . . . . .	185	103	13	46	23	52 615
„ 1924 . . . . .	215	106	22	61	26	43 748	Juli 1928 . . . . .	185	100	13	49	23	52 615

<sup>1)</sup> Nach den Ermittlungen des Vereins Deutscher Eisen- und Stahl-Industrieller. <sup>2)</sup> Einschließlich Ost-Oberschlesien.

## Frankreichs Eisenerzförderung und -außenhandel im Jahre 1927.

Die Eisenerzförderung Frankreichs betrug im Berichtsjahre 45 426 060 t gegen 39 228 400 t im Jahre 1926, was einer Zunahme von 6 197 660 t = 15,8 % entspricht<sup>1)</sup>. 1913 förderte Altfrankreich 21 917 870 t, Deutsch-Lothringen 21 136 265 t, insgesamt Frankreich in seinen heutigen Grenzen 43 054 135 t. Von letztgenanntem Betrage macht die Förderung von 1927 105,5 % aus gegen 32 % 1921, 48 % 1922, 54 % 1923, 67,3 % 1924, 82 % 1925 und 91,1 % 1926.

Ueber die Förderung in den Hauptgebieten unterrichtet Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1. Eisenerzförderung in den Hauptfördergebieten 1926 und 1927.

Fördergebiete	Förderung in t		1927 im Vergleich zu 1926 %
	1926	1927	
Lothringen { Metz-Diedenhofen . . . . .	17 079 900	19 210 980	+ 12,5
{ Briey . . . . .	16 133 600	19 339 683	+ 19,9
{ Longwy . . . . .	2 730 300	3 080 357	+ 12,8
{ Nancy . . . . .	1 244 700	1 452 000	+ 16,7
Normandie . . . . .	1 253 800	1 570 940	+ 25,3
Anjou, Bretagne . . . . .	476 900	516 720	+ 8,3
Pyrenäen . . . . .	240 300	190 750	- 20,6
Uebrige Gebiete . . . . .	68 900	64 630	- 6,2
Insges. Frankreich	39 228 400	45 426 060	+ 15,8

Nach Sorten wurden die in Zahlentafel 2 angegebenen Mengen gefördert.

Der Bezirk Metz-Diedenhofen war an dem inneren Verbrauch mit folgenden Mengen beteiligt:

	1926 t	1927 t
Eigenverbrauch . . . . .	9 697 620	9 785 777
Verbrauch in Altfrankreich . . . . .	801 858	683 068
Insgesamt	10 499 478	10 468 845

<sup>1)</sup> Nach Comité des Forges de France, Bull. Nr. 4033 (1928).

Die aus den Becken von Briey, Longwy und Nancy stammenden verbrauchten Mengen kann man auf 12 980 000 t schätzen gegen etwa 13 979 000 t im Jahre 1926.

Die Eisenerzeinfuhr betrug im Jahre 1927 (für Frankreich und das Saargebiet) 1 047 328 t; davon kamen aus:

Herkunftsland	1926 <sup>2)</sup> t	1927 t
Luxemburg-Belgien . . . . .	852 336	540 289
Spanien . . . . .	173 256	194 746
Schweden . . . . .	38 670	9 560
Deutschland . . . . .	18 658	445
Italien . . . . .	14 103	10 899
Norwegen . . . . .	6 845	2 010
Schweiz . . . . .	22 120	30 922
Großbritannien . . . . .	708	478
Niederlande . . . . .	1 366	894
Uebrige Länder . . . . .	8 482	19 718
Insgesamt	1 136 544	809 961

Dazu französische Kolonien:

Algier . . . . .	65 059	84 681
Tunis . . . . .	146 967	103 244
Marokko . . . . .	18 183	49 442
Uebrige Kolonien . . . . .	48	—
Insgesamt Kolonien	230 257	237 367
Einfuhr insgesamt	1 366 801	1 047 328

Ausgeführt wurden 14 662 382 t Eisenerze, die sich auf die einzelnen Bestimmungsländer wie folgt verteilen:

Bestimmungsland	1926 t	1927 t
Belgien-Luxemburg	9 488 702	11 403 671
Saar . . . . .	—	—
Deutschland . . . . .	860 752	2 117 412
Niederlande . . . . .	791 486	1 013 998
Großbritannien . . . . .	81 831	119 878
Uebrige Länder . . . . .	7 101	5 960
Französische Kolonien . . . . .	4 026	1 463
Insgesamt	11 233 898	14 662 382

<sup>2)</sup> Teilweise berichtigte Zahlen.

Zahlentafel 2. Eisenerzförderung nach Sorten.

Bezirke	1926				1927			
	Phosphor-	Phosphor-	Phosphor-	Insgesamt	Phosphor-	Phosphor-	Phosphor-	Insgesamt
	freie	arme	reiche		freie	arme	reiche	
	Erze				Erze			
t	t	t	t	t	t	t	t	
Lothringen { Metz-Diedenhofen . . . . .	—	—	17 079 900	17 079 900	—	—	19 210 980	19 210 980
{ Briey . . . . .	—	—	16 133 600	16 133 600	—	—	19 339 683	19 339 683
{ Longwy . . . . .	—	—	2 730 300	2 730 300	—	—	3 080 357	3 080 357
{ Nancy . . . . .	—	—	1 244 700	1 244 700	—	—	1 452 000	1 452 000
Normandie . . . . .	—	1 253 800	—	1 253 800	—	1 570 940	—	1 570 940
Anjou, Bretagne . . . . .	—	476 900	—	476 900	—	516 720	—	516 720
Pyrenäen . . . . .	209 600	30 700	—	240 300	173 980	16 770	—	190 750
Aveyron, Tarn, Hérault . . . . .	—	4 400	—	4 400	—	6 790	—	6 790
Ardèche, Gard, Lozère . . . . .	—	37 100	—	37 100	—	21 760	—	21 760
Indre . . . . .	22 100	—	—	22 100	28 430	—	—	28 430
Süd-West . . . . .	5 300	—	—	5 300	7 650	—	—	7 650
Insgesamt Frankreich	237 000	1 802 900	37 188 500	39 228 400	210 060	2 132 980	43 083 020	45 426 060

Der Bezirk Metz-Diedenhofen führte 8 192 359 t aus gegen 6 269 492 t im Jahre 1926, und zwar nach folgenden Ländern:

Bestimmungsland	1926 t	1927 t
Luxemburg . . . . .	2 638 703	3 841 040
Saar . . . . .	2 310 336	2 556 503
Deutschland (ohne Saar) . . . . .	468 850	779 475

Bestimmungsland	1926 t	1927 t
Belgien . . . . .	851 603	995 341
Uebrigc Länder . . . . .	—	—
Insgesamt	6 269 492	8 192 359

Die Zahl der auf den Gruben beschäftigten Arbeiter betrug Jan. 1926: 32 075, Januar 1927: 36 844 und Dezember 1927: 38 034.

Der Außenhandel Deutschlands in Erzeugnissen der Bergwerks- und Eisenhüttenindustrie im Juni 1928.

Die in Klammern stehenden Zahlen geben die Positions-Nummern der „Monatlichen Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands“ an.	Einfuhr		Ausfuhr	
	Juni 1928 t	Januar—Juni 1928 t	Juni 1928 t	Januar—Juni 1928 t
Eisenerze (237 e) . . . . .	116 455	678 411	1 553	8 653
Manganerze (237 h) . . . . .	27 354	150 256	59	287
Eisen- oder manganhaltige Gasreinigungsmasse; Schlacken, Kiesabbrände (237 r) . . . . .	87 787	411 425	28 767	158 771
Schwefelkies und Schwefelerze (237 l) . . . . .	125 426	538 773	2 701	18 611
Steinkohlen, Anthrazit, unbearbeitete Kennelkohle (238 a) . . . . .	61 825	315 356	142 080	1 195 501
Braunkohlen (238 b) . . . . .	20 681	147 948	163	1 801
Koks (238 d) . . . . .	1 142	10 024	64 262	418 487
Steinkohlenbriketts (238 e) . . . . .	60	417	4 688	34 544
Braunkohlenbriketts, auch Naßpredsteine (238 f) . . . . .	1 419	8 478	13 905	76 118
Eisen und Eisenwaren aller Art (777 a bis 843 b) . . . . .	177 205	1 361 116	453 231	2 453 110
Darunter:				
Roheisen (777 a) . . . . .	31 304	154 287	17 561	105 160
Ferrosilizium, -mangan, -aluminium, -chrom, -nickel, -wolfram und andere nicht schiedbare Eisenlegierungen (777 b) . . . . .	118	637	3 067	15 441
Bruch Eisen, Altisen, Eisenfeilspäne usw. (842; 843 a, b) . . . . .	12 479	259 644	26 111	84 992
Röhren und Röhrenformstücke aus nicht schiedbarem Guß, roh und bearbeitet (778 a, b; 779 a, b) . . . . .	4 616	34 439	9 293	44 797
Walzen aus nicht schiedbarem Guß, desgleichen [780 A, A <sup>1</sup> , A <sup>2</sup> ] . . . . .	64	443	1 140	7 267
Maschinentelle, roh und bearbeitet, aus nicht schiedbarem Guß [782 a; 783 a <sup>1</sup> , b <sup>1</sup> , c <sup>1</sup> , d <sup>1</sup> ] . . . . .	574	3 233	288	1 946
Sonstige Eisenwaren, roh und bearbeitet, aus nicht schiedbarem Guß (780 B; 781; 782 b; 783 e, f, g, h) . . . . .	593	4 590	11 543	61 739
Rohruppen; Rohschienen; Rohblöcke; Brammen; vorgewalzte Blöcke; Platinen; Knüppel; Tiegelstahl in Blöcken (784) . . . . .	24 366	158 686	55 159	282 036
Stabeisen; Formeisen; Bandisen [785 A <sup>1</sup> , A <sup>2</sup> , B] . . . . .	67 980	496 337	108 094	565 693
Blech: roh, entzündert, gerichtet usw. (786 a, b, c) . . . . .	7 049	49 322	28 897	158 762
Blech: abgeschliffen, lackiert, poliert, gebräunt usw. (787) . . . . .	46	140	28	272
Verzinkte Bleche (Weißblech) (788 a) . . . . .	1 828	11 911	2 874	16 496
Verzinkte Bleche (788 b) . . . . .	97	409	1 674	11 398
Well-, Dehn-, Riffel-, Waffel-, Warzenblech (789 a, b) . . . . .	433	2 386	388	3 771
Andere Bleche (788 c; 790) . . . . .	25	229	756	3 358
Draht, gewalzt oder gezogen, verzinkt usw. (791 a, b; 792 a, b) . . . . .	8 936	63 892	33 600	201 642
Schlangenhöhren, gewalzt oder gezogen; Röhrenformstücke (793 a, b) . . . . .	44	194	652	2 866
Andere Röhren, gewalzt oder gezogen (794 a, b; 795 a, b) . . . . .	3 827	23 446	29 449	155 643
Eisenbahnschienen usw.; Straßenbahnschienen; Eisenbahnschwellen; Eisenbahnlaschen; -unterlagsplatten (796) . . . . .	6 743	56 011	55 259	287 219
Eisenbahnnachsen, -radelisen, -räder, -radsätze (797) . . . . .	66	310	4 928	30 396
Schmiedbarer Guß; Schmiedestücke usw.; Maschinentelle, roh und bearbeitet, aus schmiedbarem Eisen [798 a, b, c, d, e; 799 a <sup>1</sup> , b <sup>1</sup> , c <sup>1</sup> , d <sup>1</sup> , e, f] . . . . .	2 485	17 050	14 047	106 819
Brücken- und Eisenbauteile aus schmiedbarem Eisen (800 a, b) . . . . .	853	4 740	3 810	20 548
Dampfkessel und Dampffässer aus schmiedbarem Eisen sowie zusammengesetzte Teile von solchen, Ankertonnen, Gas- und andere Behälter, Röhrenverbindungsstücke, Hähne, Ventile usw. (801 a, b, c, d; 802; 803; 804; 805) . . . . .	160	1 257	6 401	36 707
Anker, Schraubstöcke, Ambosse, Sperrhölner, Brecheisen; Hämmer; Kloben und Rollen zu Flaschenzügen; Winden usw. (806 a, b; 807) . . . . .	46	261	656	3 664
Landwirtschaftliche Geräte (808 a, b; 809; 810; 816 a, b) . . . . .	58	787	2 561	21 944
Werkzeuge, Messer, Scheren, Waagen (Wiegevorrichtungen) usw. (811 a, b; 812; 813 a, b, c, d, e; 814 a, b; 815 a, b, c; 816 c, d; 817; 818; 819) . . . . .	220	1 127	3 828	23 146
Eisenbahnoberbauzeug (820 a) . . . . .	291	3 905	1 251	6 444
Sonstiges Eisenbahnzeug (821 a, b) . . . . .	9	138	938	4 261
Schrauben, Niete, Schraubenmutter, Hufeisen usw. (820 b, c; 825 e) . . . . .	619	2 435	3 636	20 397
Achsen (ohne Eisenbahnnachsen), Achsentelle usw. (822; 823) . . . . .	47	407	139	1 233
Eisenbahnwagenfedern, andere Wagenfedern (824 a, b) . . . . .	509	2 629	481	3 331
Drahtseile, Drahtlitzen (825 a) . . . . .	65	372	1 632	7 138
Andere Drahtwaren (825 b, c, d; 826 b) . . . . .	174	2 417	7 502	51 463
Drahtstifte (Huf- und sonstige Nägel) (825 f, g; 826 a; 827) . . . . .	130	741	4 333	30 022
Haus- und Kuchengeräte (828 d, e, f) . . . . .	46	205	2 460	16 014
Ketten usw. (829 a, b) . . . . .	35	398	699	4 166
Alle übrigen Eisenwaren (828 a, b, c; 830; 831; 832; 833; 834; 835; 836; 837; 838; 839; 840; 841) . . . . .	270	1 701	8 096	54 869
Maschinen (892 bis 906) . . . . .	6 435	35 318	41 989	253 669

1) Die Ausfuhr ist unter Maschinen nachgewiesen.

**Großbritanniens Roheisen- und Rohstahlerzeugung im Juni 1928.**

	Roheisen 1000 t zu 1000 kg						Am Ende des Monats in Betrieb befindliche Hochöfen	Flußstahl und Stahlguß 1000 t zu 1000 kg				Herstellung an Schweißstahl 1000 t	
	Lignit	basisches	Gießerei-	Puddel-	zusammen einschl. sonstiges	Siemens-Martin-		Bessemer	zusammen	darunter Stahlguß			
						sauer					basisch		
Januar . . . . .	1927	144,8	156,6	102,9	17,7	441,6	152	221,0	502,3	19,1	742,4	12,6	46,1
	1928	185,0	201,8	138,8	23,6	569,5	148	156,2	427,0	53,0	636,2	14,0	28,8
Februar . . . . .	1927	199,3	190,7	146,8	17,8	580,2	166	259,9	539,8	40,3	840,0	13,0	41,0
	1928	193,0	190,3	132,1	24,2	559,6	148	209,6	507,6	59,4	776,6	15,2	29,1
März . . . . .	1927	233,5	224,9	170,4	21,5	682,5	178	275,9	629,2	59,6	964,8	15,8	41,5
	1928	198,0	205,5	154,2	25,3	602,1	150	221,7	526,0	58,3	806,0	16,0	32,6
April . . . . .	1927	241,6	210,6	185,4	23,0	690,9	189	269,5	535,6	58,5	863,7	13,4	33,3
	1928	189,2	186,9	145,0	23,0	563,9	149	166,8	439,0	48,6	654,4	11,8	25,4
Mai . . . . .	1927	260,6	225,8	187,1	24,5	731,6	184	251,2	581,5	66,1	898,8	16,6	32,3
	1928	196,1	212,2	141,3	28,1	601,0	148	205,9	502,7	56,1	764,7	15,2	28,1
Juni . . . . .	1927	222,8	219,8	170,9	23,5	661,7	176	211,3	482,5	65,4	759,3	14,5	28,9
	1928	184,1	207,1	145,4	22,4	572,7	141	189,9	473,8	56,7	720,4	14,2	.

**Die tschechoslowakische Kohlen- und Eisenindustrie in den Jahren 1926 und 1927.**

An Hand der vom Statistischen Staatsamte und der vom Verein der tschechoslowakischen Bergwerksbesitzer herausgegebenen Angaben soll nachstehend die Entwicklung des Kohlenbergbaues und der Eisenindustrie der Tschechoslowakei im Jahre 1927 im Vergleich zu der des Jahres 1926<sup>1)</sup> beschrieben werden.

**1. Kohlenbergbau.**

Der durch die Einwirkung des englischen Kohlenbergarbeiterstreiks herbeigeführte Anstieg der Stein- und Braunkohlenförderung fand mit Beginn des Jahres 1927 sein Ende. Dank der Belebung der Inlands- und der mitteleuropäischen Wirtschaftslage konnte der Umfang der Förderung jedoch beibehalten werden, so daß insgesamt die Förderung an Stein- und Braunkohle im Jahre 1927 größer war als die des Jahres 1926. Zahlentafel 1 gibt die Entwicklung der Kohlenförderung der Tschechoslowakei seit dem Jahre 1919 im Vergleich zum Jahre 1913 wieder; sie zeigt, daß im Jahre 1927 die bisher höchste Förderung an Kohle erreicht wurde. Zahlentafel 2 gibt für die beiden Jahre 1926 und 1927 ein Bild über die Steinkohlenförderung, Ein- und Ausfuhr und den Eigenverbrauch sowie den Steinkohlen-Außenhandel mit den Nachbarstaaten wieder. Ihr ist zu entnehmen, daß die Ausfuhr an Steinkohle im Jahre 1927 um rd. 1 Mill. t oder 35 % zurückgegangen, die Einfuhr um nahezu 0,3 Mill. t oder 10 % gestiegen ist. Der Ausfuhrüberschuß, der im Jahre 1926 1,439 Mill. t betragen hatte, ist dadurch im Jahre 1927 auf 0,158 Mill. t gefallen. Die Förderung ist nahezu unverändert geblieben. Der Inlandsverbrauch hat sich gegenüber dem des Jahres 1926 um 1,33 Mill. t oder 10 % erhöht. Der Rückgang in der Ausfuhr ist vor allem auf den Abfall der Ausfuhr nach Deutschland und den anderen Staaten, insbesondere England

Zahlentafel 1. Entwicklung der Kohlenförderung im Vergleich zur Förderung des Jahres 1913.

Jahr	Steinkohle		Braunkohle	
	Mill. t	%	Mill. t	%
1913	13,6	100	22,5	100
1919	10,4	76,4	17,5	77,5
1920	11,1	81,6	19,7	87,5
1921	11,6	85,6	21,1	93,6
1922	13,5	99,3	18,9	84,1
1923	11,6	85,5	16,2	72,0
1924	14,4	105,9	20,5	91,1
1925	12,75	94,5	18,8	83,5
1926	14,57	107,1	19,06	84,7
1927	14,62	107,5	20,03	89,0

und Ungarn zurückzuführen, auf die im vorigen Jahre infolge des englischen Kohlenstreiks ein großer Teil der Ausfuhr entfallen war. Auch nach Ungarn wurden im letzten Jahre weniger Kohlen als im Vorjahre ausgeführt. Nach Oesterreich stieg die Ausfuhr an. In der Höhe der Steinkohleneinfuhr steht das Jahr 1927 an erster Stelle. Ihre Steigerung entfällt in erster Linie auf den Anstieg der Einfuhr aus Deutschland. Die deutsche Steinkohleneinfuhr war durch das deutsch-tschechoslowakische Kohlenübereinkommen geregelt, das bis zum 31. Dezember 1927 verlängert worden war. Auf Grund dieses Uebereinkommens ist die Tschechoslowakei verpflichtet, für je 2 t nach Deutschland ausgeführter Braunkohle 1 t Steinkohle zur Einfuhr zuzulassen. Die Einfuhr

Zahlentafel 2. Steinkohlenförderung, Ein- und Ausfuhr.

Gegenstand		1926	1927
		t	t
Ausfuhr . . . . .		2 884 451	1 885 230
Einfuhr . . . . .		1 445 000	1 726 426
Förderung und Verbrauch ab Lager		14 572 526	14 621 977
im Vergleich zu 1913 = 100		101,4	102,6
Anteil in % an der europ. Förderung		3,1	2,5
Eigenverbrauch . . . . .		13 133 175	14 463 173
Außenhandel mit	Deutschland	Einfuhr aus 871 305 Ausf. nach 735 983	1 187 567 305 292
	Oesterreich	Einfuhr aus Ausf. nach 1 144 699	— 1 300 288
	Polen	Einfuhr aus 573 482 Ausf. nach —	537 916 3 711
	Ungarn	Einfuhr aus Ausf. nach 214 600	— 172 200
	anderen Staaten	Einfuhr aus 223 Ausf. nach 789 369	943 103 739

<sup>1)</sup> Vgl. St. u. E. 47 (1927) S. 1305/7.

Zahlentafel 3. Braunkohlenförderung, Ein- und Ausfuhr.

Gegenstand		1926	1927
		t	t
Ausfuhr . . . . .		3 049 727	2 919 728
Einfuhr . . . . .		54 753	24 101
Förderung und Verbrauch ab Lager		19 064 983	20 027 796
Vergleich zu 1913 = 100		82,5	87,7
% der europ. Ford.		10,6	10,55
Eigenverbrauch . . . . .		16 070 009	17 132 069
Braunkohlenaußenhandel mit	Deutschland	Einfuhr aus 27 140 Ausf. nach 2 212 702	1 644 2 642 861
	Oesterreich	Einfuhr aus Ausf. nach 297 200	— 266 437
	Ungarn	Einfuhr aus 27 558 Ausf. nach —	22 454 —
	anderen Staaten	Einfuhr aus Ausf. nach 438 648	— 10 430

Zahlentafel 4. Kokserzeugung, Ein- und Ausfuhr.

Gegenstand		1926	1927
		t	t
Ausfuhr . . . . .		491 075	757 930
Einfuhr . . . . .		205 071	239 818
Erzeugung und Verbrauch ab Lager		1 981 139	2 356 070
im Vergleich zu 1913 = 100		79,2	96,9
% der Welterzeugung		?	?
Eigenverbrauch . . . . .		1 695 135	1 837 958
Außenhandel mit	Deutschland	Einfuhr aus 203 467 Ausf. nach 13 916	238 342 17 708
	Oesterreich	Einfuhr aus Ausf. nach 172 671	— 240 902
	Polen	Einfuhr aus 2 604 Ausf. nach 98 088	64 144 774
	Ungarn	Einfuhr aus Ausf. nach 206 400	1 413 300 439

Zahlentafel 5. Roheisen- und Stahlerzeugung.

Gegenstand		1926	1927
		t	t
Roheisen	Gießerei . . . . .	176 565	225 083
	Stahl . . . . .	903 817	1 028 842
	sonstiges . . . . .	7 602	6 438
	Summe . . . . .	1 087 984	1 260 750
	% der Vorkriegsleistung . .	89	102,5
Flußstahl	Erzeugung . . . . .	1 574 000	1 875 000 <sup>1)</sup>
	% der Vorkriegsleistung . .	127,3	150,7

<sup>1)</sup> Geschätzt nach der Erzeugung an Fertigware (1 500 000 t).

und Italien zurückzuführen, auf die im vorigen Jahre infolge des englischen Kohlenstreiks ein großer Teil der Ausfuhr entfallen war. Auch nach Ungarn wurden im letzten Jahre weniger Kohlen als im Vorjahre ausgeführt. Nach Oesterreich stieg die Ausfuhr an. In der Höhe der Steinkohleneinfuhr steht das Jahr 1927 an erster Stelle. Ihre Steigerung entfällt in erster Linie auf den Anstieg der Einfuhr aus Deutschland. Die deutsche Steinkohleneinfuhr war durch das deutsch-tschechoslowakische Kohlenübereinkommen geregelt, das bis zum 31. Dezember 1927 verlängert worden war. Auf Grund dieses Uebereinkommens ist die Tschechoslowakei verpflichtet, für je 2 t nach Deutschland ausgeführter Braunkohle 1 t Steinkohle zur Einfuhr zuzulassen. Die Einfuhr

Zahlentafel 8. Walz- und Schmiedewaren, Ein- und Ausfuhr 1926 bis 1927.

Gegenstand	Habzeug		Stabstahl, gew., geschw., gezogen		Formeisen		Bleche, fein und grob		Draht		Rohre, Walzen Blechwalzen		Schienen, Räder, Achsen		Sonst. Walz- und Schmiedeware		Zusammen	
	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927
Ausfuhr	32 170	91 141	63 991	87 579	16 217	24 919	103 153	180 293	53 020	57 071	121 198	159 156	12 588	13 579	17 049	25 110	422 316	618 848
Einfuhr	1 953	387	6 202	7 106	2 189	1 969	6 359	11 094	3 616	4 291	3 481	4 281	1 343	1 118	2 470	4 963	27 563	35 169
Verkehr mit	5 082	38 440	15 666	20 420	2 998	527	8 097	9 386	3 990	5 171	2 394	2 562	567	343	225	2 897	39 019	79 756
Deutschland	376	2 258	2 358	3 010	843	843	3 010	4 507	2 666	3 237	2 394	2 394	189	189	1 173	2 315	12 729	16 808
Oesterreich	2 252	3 702	7 504	1 765	4 167	1 084	20 985	20 092	356	765	19 795	29 649	479	365	659	6 062	56 097	63 454
sonstigen Staaten	63	75	2 166	2 413	554	564	1 472	1 472	888	806	332	461	1 067	771	989	1 718	7 509	8 280
Einfuhr von	24 835	48 994	40 821	65 393	9 053	23 358	76 171	130 805	48 674	51 115	98 939	126 945	11 542	12 871	16 165	16 150	337 189	475 638
Ausfuhr von	897	28	1 773	2 339	767	562	1 899	5 074	62	249	882	741	189	158	308	930	6 787	10 081

Zahlentafel 6. Rohstoffversorgung der tschechoslowakischen Eisenindustrie.

Gegenstand	Eisenerz		Kiesabbrände zur Eisengewinnung		Alteisen			
	1926	1927	1926	1927	1926	1927		
Einfuhr	765 689	745 105	119 671	118 593	69 259	139 252		
Ausfuhr	169 712	264 056	12 029	18 172	501	237		
Förderung bzw. Eigenanfall	1 420 522	1 590 517	136 410	182 319	432 000 <sup>1)</sup> davon 92 000 t Alteisen	531 195 <sup>1)</sup> davon 122 445 t Ateisen		
Eigenverbrauch	2 016 499	2 071 566	244 052	282 740	500 758 (160 758)	670 460 (261 460)		
Außenhandel mit	Deutschland	Einfuhr aus	1 299	1 777	39 977	19 128	37 429	58 120
		Ausf. nach	1 048	13 787	9 634	12 289	79	218
	Oesterreich	Einfuhr aus	38 438	58 359	30 081	33 490	21 332	14 459
		Ausf. nach	344	—	—	—	2	2
	Schweden	Einfuhr aus	513 743	488 726	2 436	8 755	—	—
		Ausf. nach	—	—	—	—	—	—
	Ungarn	Einfuhr aus	2 148	4 623	26 534	26 468	—	—
		Ausf. nach	168 319	246 432	525	11	—	—
	Südslawien	Einfuhr aus	159 361	130 829	7 277	16 639	—	—
		Ausf. nach	—	—	—	—	—	—
	Polen	Einfuhr aus	20 262	10 763	8 918	12 679	—	—
		Ausf. nach	—	3 817	1 870	5 271	—	—
sonstigen Staaten	Einfuhr aus	20 438	55 928	4 448	1 524	10 498	66 673	
	Ausf. nach	16	205	—	601	420	17	

<sup>1)</sup> Eigenanfall der Stahl- und Walzwerke mit 21,8 % der Stahlerzeugung berechnet.  
<sup>2)</sup> Davon 1926: 12 996 t, 1927: 36 749 t aus Rußland.

Zahlentafel 7. Ein- und Ausfuhr, Eigenerzeugung und Eigenverbrauch an Gießereirohisen, Stahlrohisen, Spiegeleisen und Eisenlegierungen und Alteisen.

Gegenstand	Gießereirohisen		Stahlrohisen		Spiegeleisen		Ferromangan-, Silizium-, Chromeisen usw.			
	1926	1927	1926	1927	1926	1927	1926	1927		
Einfuhr	24 995	26 357	25 478	30 354	330	110	14 184	16 873		
Ausfuhr	29 870	62 878	77	3	1 453	1807	356	45		
Eigenerzeugung	176 565	225 083	903 817	1 028 842	7 692	—	—	6 438		
Eigenverbrauch	171 690	188 562	929 218	1 059 193	20 207	—	—	21 469		
Außenhandel mit	Deutschland	Einfuhr aus	3 927	3 391	551	810	—	2 700	2 934	
		Ausf. nach	20	23	2	—	—	81	33	
	Oesterreich	Einfuhr aus	—	1 829	23 235	26 710	—	1 358	2 010	
		Ausf. nach	7 448	8 833	—	—	493	955	158	11
	sonst. Staaten	Einfuhr aus	21 069	21 137	1 692	2 833	118	10	10 126	11 929
		Ausf. nach	22 402	54 022	75	3	960	852	118	1

der Steinkohle aus Polen, die ebenfalls vertraglich festgelegt ist, war im Jahre 1927 etwas geringer als im Vorjahre, da eine Zeitlang die Kohleneinfuhr wegen Vertragsunstimmigkeiten gesperrt war. Von der Steinkohlenförderung des Jahres 1927 wurden 150 600 t briquetiert gegenüber 170 419 t im Jahre 1926.

Zahlentafel 3 gibt die Verhältnisse im Braunkohlenbergbau für die Jahre 1926 und 1927 wieder. Sie zeigt, daß die Braunkohlenausfuhr im Jahre 1927 zwar etwas zurückgegangen ist, doch ist ihr Abfall lange nicht so groß wie der der Steinkohlenausfuhr. Er beträgt nur 0,13 Mill. t oder 4 %. Die Braunkohleneinfuhr, die für die Tschechoslowakei niemals von Bedeutung war, war im Jahre 1927 etwas kleiner als die des Jahres 1926.

Kokserzeugung. Ein- und Ausfuhr weisen gegenüber dem Jahre 1926 im Jahre 1927 eine Zunahme auf (s. Zahlentafel 4). Die Steigerung der Koksausfuhr beträgt 0,266 Mill. t oder 54 %, die der Einfuhr 0,03 Mill. t oder 15 %. Im Jahre 1927 war also gegenüber dem Vorjahre eine Zunahme des Ausfuhrüberschusses um 0,236 Mill. t oder 18,8 % festzustellen. Die Kokserzeugung war im letzten Jahre um 0,375 Mill. t größer als die des Jahres 1926; der Eigenverbrauch an Koks weist eine Zunahme von 0,142 Mill. t oder 8,3 % auf. Er ist sowohl auf die bessere

Zahlentafel 9. Gewinnverteilung der bedeutendsten Unternehmungen der tschechoslowakischen Eisenindustrie.

Unternehmen	Gewinnanteil in %							
	1924		1925		1926		1927	
	%	Aktienkapital Mill. Kc.	%	Aktienkapital Mill. Kc.	%	Aktienkapital Mill. Kc.	%	Aktienkapital Mill. Kc.
Berg- und Hüttenwerks-Gesellschaft Brünn	23	80	23	80	25	80	30	Aufwertung auf 200
Prager Eisenind., A.-G. <sup>1)</sup>	5	70	7	72	8	72	15	72
A.-G. vorm. Skodawerke Pilsen	12,5	200	13,75	200	15 <sup>1)</sup> / <sub>8</sub>	200	17,5	200
Poldihütte, Prag	4	100	6	125	7	125	8	125
Rothau-Neudeker, A.-G.	8	36	8	36	8	36	10	36
Mannesmannröhren-Werke	10	30	10	30	10	30	10	30

<sup>1)</sup> Bezieht sich auf das Jahr 1923/24, 1924/25, 1925/26.

Beschäftigung der Hochofenwerke als auch der Graugießereien zurückzuführen. Die Kokseinfuhr entfällt nahezu allein auf Deutschland. Als Ausfuhrstaaten für den Koks kommen Ungarn, Oesterreich und Polen, in geringerem Ausmaße Deutschland, Südslawien und Rumänien in Frage.

In den Kohlen- und Kokspreisen sind gegenüber dem Jahre 1926 keine wesentlichen Aenderungen eingetreten.

## 2. Eisenindustrie.

Die Eisenindustrie hatte im Jahre 1927 gegenüber dem Vorjahre eine Steigerung des Bestelleinlaufes um 28 % zu verzeichnen. Dementsprechend war auch die Erzeugung an Roheisen im Jahre 1927 um 0,172 Mill. t oder nahezu 16 %, die Flußstahlerzeugung um 0,301 Mill. t oder 20 % größer als im Vorjahre (s. Zahlentafel 5).

Zahlentafel 6 gibt ein Bild über die Versorgung der Eisenhütten mit den für die Roheisenerzeugung notwendigen Rohstoffen Eisenerz, Kiesabbränden und Alteisen in den beiden letzten Jahren. Die Eisenerzeinfuhr entfällt in der Hauptsache auf Schweden. Die Eisenerzausfuhr war im Jahre 1927 um rd. 100 000 t größer gewesen als im Jahre 1926. In der Versorgung der tschechoslowakischen Eisenindustrie mit Kiesabbränden ist gegenüber dem Jahre 1926 eine geringe Zunahme in der Ein- und Ausfuhr sowie ein Anwachsen des Eigenanfalles festzustellen.

Entsprechend der großen Erzeugung an Stahl ist der Verbrauch an Alteisen im Jahre 1927 angestiegen. Sowohl in dem Eigenanfall als auch in der Einfuhr ist gegenüber dem Vorjahre eine Zunahme festzustellen. Als Einfuhrstaaten kommen in erster Linie Deutschland, dann Oesterreich und die weiteren Auslandsstaaten, Frankreich usw., in Frage. Die Alteisenausfuhr aus der Tschechoslowakei ist gesperrt, so daß auch im vergangenen Jahre nur eine ganz unbedeutende Alteisenausfuhr zu verzeichnen war.

Zahlentafel 7 gibt ein Bild über den Roheisenaußenhandel der Tschechoslowakei. Während die Ausfuhr an Gießereirohisen gegenüber dem Jahre 1926 einen bedeutenden Anstieg zeigt, ist die Ausfuhr an Spiegeleisen in diesen beiden Jahren nahezu gleichgeblieben. Die Einfuhr an Stahl- und Gießereirohisen ist im Jahre 1927 gegenüber dem Vorjahre um ein geringes angestiegen. Die Einfuhr an Stahlrohisen entfällt der Hauptsache nach auf Oesterreich, jener an Gießereirohisen auf England und Schweden.

Die Erzeugung der Tschechoslowakei an Walz- und Schmiedewaren ist für das Jahr 1927 auf 1 499 000 t gegen 1 239 000 t im Vorjahre zu schätzen. Der Eigenverbrauch bezifferte sich auf 915 321 (1926: 885 247) t. Die tschechoslowakische Eisenindustrie gehört seit dem Ende 1926 der mitteleuropäischen Gruppe der internationalen Rohstahlgemeinschaft an, deren Erzeugungsanteil für das Jahr 1927 mit 2,14 Mill. t festgelegt worden war, wovon 1,429 Mill. t auf die Tschechoslowakei entfallen. Da die Erzeugungsziffer des Jahres 1927 aber 1,499 Mill. t beträgt, so haben die tschechoslowakischen Werke ihren Anteil um 70 000 t überschritten, wofür sie eine Strafgeld von 9,5 Mill. Tschechenkronen abzuführen hatten. In der Zwischenzeit ist es der Eisenindustrie gelungen, für das erste Halbjahr 1928 eine Ermäßigung der Strafgeld auf die Hälfte zu erzielen.

Zahlentafel 8 gibt eine genaue Unterteilung der Ein- und Ausfuhr an Walz- und Schmiedewaren auf die verschiedenen Arten dieser Erzeugnisse wieder. Sie zeigt, daß ebenso wie im Jahre 1926 für die Ausfuhr in erster Linie Stabstahl, Bleche (Grob- und Fein-), Röhren und Draht in Frage kamen. Im Jahre 1927 wurden auch noch bedeutende Mengen an Halbzeug ausgeführt. Die Einfuhr nach der Tschechoslowakei war ebenso wie im Vorjahre verhältnismäßig gering.

In den Preisen für Rohstoffe und Fertigerzeugnisse sind gegenüber dem Vorjahre keine besonderen Aenderungen eingetreten. Auch die Arbeitslöhne sind im großen und ganzen unverändert geblieben; in der Höhe der sozialen Lasten hat sich gegenüber dem Jahre 1926 nichts geändert. Infolge der besseren Ausnutzung der Werksanlagen durch die günstigere Beschäftigung ist im allgemeinen eine Steigerung der Erträge (s. Zahlentafel 9) festzustellen.

## Die Roheisen- und Stahlerzeugung der Vereinigten Staaten im Juni 1928<sup>1)</sup>.

Die Roheisenerzeugung der Vereinigten Staaten hatte im Monat Juni 1928 gegenüber dem Vormonat eine Abnahme um 207 171 t und arbeitstäglich um 3309 t zu verzeichnen. Im ersten Halbjahr 1928 belief sich die Roheisenerzeugung auf 18 813 277 t; gegenüber dem ersten Halbjahr 1927 ist sie um 926 818 t oder 4,7 % geringer. Die Zahl der im Betrieb befindlichen Hochofen nahm im Berichtsmonat um 8 ab; insgesamt waren 191 von 354 vorhandenen Hochofen oder 54,0 % im Betrieb. Im einzelnen stellte sich die Roheisenerzeugung, verglichen mit der des Vormonats, wie folgt:

	Mai 1928 <sup>2)</sup>	Juni 1928
	(in t zu 1000 kg)	
1. Gesamterzeugung . . . . .	3 345 475	3 138 304
darunter Ferromangan u. Spiegeleisen . . . . .	40 543	40 817
Arbeitstägliche Erzeugung . . . . .	107 919	104 610
2. Anteil der Stahlwerksgesellschaften . . . . .	2 739 264	2 544 739
3. Zahl der Hochofen . . . . .	354	354
davon im Feuer . . . . .	199	191

Unter Zugrundelegung einer vom American Iron and Steel Institute zum 31. Dezember 1926 ermittelten Erzeugungsmöglichkeit an Roheisen von rd. 52 201 500 t für 1927 und zum 31. Dezember 1927 von rd. 50 399 400 für 1928 stellte sich die tatsächliche Roheisenerzeugung im Vergleich zur Leistungsfähigkeit wie folgt:

	1927	1928
	%	
Januar . . . . .	71,2	67,8
Februar . . . . .	74,7	73,6
März . . . . .	79,8	76,1
April . . . . .	81,2	78,0
Mai . . . . .	77,7	78,3
Juni . . . . .	73,2	76,0

Die Stahlherstellung nahm im Berichtsmonat gegenüber dem Vormonat um 467 590 t oder 10,9 % ab. Nach den Berichten der dem „American Iron and Steel Institute“ angeschlossenen Gesellschaften, die 94,68 % der gesamten amerikanischen Rohstahlerzeugung vertreten, wurden im Mai von diesen Gesellschaften 3 600 539 t Flußstahl hergestellt gegen 4 043 253 t im Vormonat. Die Gesamterzeugung der Vereinigten Staaten ist auf 3 802 851 (Mai 4 270 441) t oder bei 26 (27) Arbeitstagen auf täglich 146 263 (158 165) t zu schätzen und beträgt damit etwa 76,37 % der Leistungsfähigkeit der Stahlwerke.

Im Juni 1928, verglichen mit dem vorhergehenden Monat und den einzelnen Monaten des Jahres 1927, wurden folgende Mengen Stahl erzeugt:

	Dem „American Iron and Steel Institute“ angeschlossene Gesellschaften (94,68 % der Rohstahlerzeugung)	Geschätzte Leistung sämtlicher Stahlwerksgesellschaften
	1927	1928
	(in t zu 1000 kg)	
Januar . . . . .	3 645 133	3 850 512
Februar . . . . .	3 666 457	3 873 039
März . . . . .	4 362 063	4 607 836
April . . . . .	3 969 705	4 193 372
Mai . . . . .	3 892 680	4 112 007
Juni . . . . .	3 362 107	3 551 539
Juli . . . . .	3 081 764	3 255 401
August . . . . .	3 364 934	3 554 526
September . . . . .	3 144 037	3 321 183
Oktober . . . . .	3 189 638	3 369 353
November . . . . .	3 007 590	3 177 047
Dezember . . . . .	3 054 207	3 226 292

Obwohl die Stahlherstellung in den letzten drei Monaten erheblich zurückgegangen ist, erreichte die Gesamterzeugung im ersten Halbjahre mit 25 189 518 t und 161 472 t arbeitstäglich einen neuen Höhepunkt.

Die bisher höchste Leistung wurde im ersten Halbjahre 1926 mit 24 540 270 t (arbeitstäglich 158 324 t) erreicht. Im Durchschnitt des ersten Halbjahres 1928 waren die Werke zu 84,3 % (1. Halb. 1927: 75,8 %) ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt.

<sup>1)</sup> Nach Iron Trade Rev. 83 (1928) S. 48 u. 117.

<sup>2)</sup> Berichtigte Zahlen.

## Wirtschaftliche Rundschau.

**Verein für die Interessen der Rheinischen Braunkohlenindustrie, e. V., Köln.** — Nach dem Bericht über das Geschäftsjahr 1927 betrug die Braunkohlenförderung der Welt, die mit 97 % auf Europa entfällt, im Berichtsjahre nach den bisher vorliegenden, noch nicht endgültigen Ergebnissen 191,1 Mill. t, hat sich also im Vergleich mit dem Vorjahre (178,8 Mill. t) um rd. 12,3 Mill. t, d. s. 6,9 %, vermehrt. Gegenüber dem letzten Friedensjahre 1913 (125,0 Mill. t) betrug die Steigerung 66,1 Mill. t oder 52,9 %. An der Weltförderung hat wiederum Deutschland überragenden Anteil. Seine Gesamtförderung ist von 139,2 Mill. t im Vorjahre auf 150,8 Mill. t im Berichtsjahre, also um 10,9 Mill. t oder 8,3 %, gestiegen. Die verhältnismäßig stärkste Zunahme innerhalb Deutschlands hat der rheinische Braunkohlenbergbau (s. Zahlentafel 1) zu verzeichnen. Von den außerdeutschen Braunkohlengebieten ist hauptsächlich die Tschechoslowakei zu erwähnen, deren Förderung sich von 18,8 Mill. t im Vorjahre auf 20,0 Mill. t im Berichtsjahre, also um 6,4 %, erhöht hat. Die deutsche Einfuhr an Braunkohlen, die fast ausschließlich von der Tschechoslowakei bestritten wird, hat im Berichtsjahre, zum Teil veranlaßt durch den Streik im mitteldeutschen Braunkohlenggebiet, von 2,0 Mill. t im Vorjahre auf rd. 2,6 Mill. t im Berichtsjahre zugenommen, während die Ausfuhr von Braunkohlen und Braunkohlenbriketts einschließlich der Reparationslieferungen eine Abnahme von 2,7 Mill. t im Vorjahre gegenüber 2,0 Mill. t im Berichtsjahre erfuhr.

**Zahlentafel 1. Gesamtbraunkohlenförderung Deutschlands und Anteil der rheinischen Braunkohlenindustrie.**

Jahr	Gesamtbraunkohlenförderung im Deutschen Reiche	Förderung der rhein. Braunkohlenindustrie	Anteil der rhein. Braunkohlenindustrie an der Gesamtförderung
	in 1000 t	in 1000 t	%
1913	87 116	20 256	23,2
1921	123 011	34 110	27,7
1922	137 207	37 455	27,3
1923	118 249	24 019	20,3
1924	124 360	29 338	23,6
1925	139 790	39 533	28,3
1926	139 151	39 906	28,7
1927	150 806	44 256	29,3

Wie schon erwähnt, hat die deutsche Braunkohlenförderung mit 150,8 Mill. t eine namhafte Fördersteigerung erfahren, die sich auf 8,3 % gegenüber dem Vorjahre, im Vergleich mit 1913 auf 73,1 % beläuft. An dieser beachtenswerten Erhöhung der Förderung ist das rheinische Braunkohlenggebiet wieder in besonderem Maße beteiligt, dessen Förderung um rd. 11 % gegenüber dem Vorjahre und dessen Anteil an der Gesamtförderung des Jahres 1927 sich auf 29,3 % gegenüber 28,5 % im Vorjahre und 23,2 % im letzten Friedensjahre erhöht haben.

Die Verteilung der deutschen Braunkohlenförderung auf die Oberbergamtsbezirke Preußens sowie die übrigen in Betracht kommenden Länder des Deutschen Reiches ist aus Zahlentafel 2 zu ersehen.

**Zahlentafel 2. Braunkohlenförderung in den einzelnen Ländern Deutschlands.**

Oberbergamtsbezirk	1913	1926	1927
	Förderung in 1000 t		
Bonn <sup>1)</sup>	20 335	40 028	44 250
Halle	46 502	64 212	70 308
Breslau	2 305	9 435 <sup>2)</sup>	9 837 <sup>2)</sup>
Clausthal	1 115	1 675	2 221
<b>Preußen zusammen</b>	<b>70 257</b>	<b>115 350</b>	<b>126 616</b>
Sachsen-Altenburg	4 910	6 555	5 993
Sachsen	6 316	10 054	10 751
Braunschweig	1 824	3 372	3 538
Anhalt	1 474	1 185	978
Hessen	429	423	427
Bayern	1 895	2 212	2 503
Uebrigere deutsche Staaten	11	—	—
<b>Deutschland zusammen</b>	<b>87 116</b>	<b>139 151</b>	<b>150 806</b>

<sup>1)</sup> Einschl. der Westerwälder Gruben. <sup>2)</sup> Niederschlesien.

Die Entwicklung der Gesamtbrikettherstellung Deutschlands und des rheinischen Gebiets im besonderen wird durch Zahlentafel 3 veranschaulicht.

**Zahlentafel 3. Gesamtbrikettherstellung Deutschlands und Anteil der rheinischen Braunkohlenindustrie.**

Jahr	Gesamtbrikettherstellung im Deutschen Reiche	Brikettherstellung der rhein. Braunkohlenindustrie	Anteil der rhein. Braunkohlenindustrie an der Gesamtbrikettherstellung	Zahl der im rhein. Braunkohlenggebiet vorhandenen Brikettpressen
	in 1000 t	in 1000 t	%	
1913	21 392	5 825	27,2	403
1923	26 856	5 230	19,5	569
1924	29 665	6 604	22,3	568
1925	33 633	8 997	26,8	585
1926	34 358	9 460	27,5	619
1927	36 463	10 391	28,5	652

Danach hat sich die deutsche Braunkohlenbrikettherstellung im Jahre 1927 gegenüber dem Vorjahre um nicht weniger als 2 105 000 t erhöht. Prozentual macht diese Steigerung gegenüber dem Vorjahre 6,1 % und 70,5 % gegenüber dem Jahre 1913 aus; für das rheinische Gebiet betragen die entsprechenden Zahlen 9,8 % und 78,4 %.

Zahlentafel 4 gibt einen Ueberblick über die Verteilung der Brikettherzeugung auf die Oberbergamtsbezirke Preußens sowie die übrigen an der Brikettherzeugung beteiligten Länder des Deutschen Reiches.

**Zahlentafel 4. Brikettherstellung in den einzelnen Ländern Deutschlands.**

Oberbergamtsbezirk:	1913	1924	1925	1926	1927
	Brikettherstellung in 1000 t				
Bonn	5 825	6 604	8 998	9 460	10 360
Breslau	516	1 710	1 902	1 999	2 232
Halle	11 238	15 417	16 663	16 497	17 259
Clausthal	149	128	159	159	183
<b>Preußen zus.</b>	<b>17 728</b>	<b>23 859</b>	<b>27 722</b>	<b>28 115</b>	<b>30 034</b>
Sachsen	1 433	2 640	2 756	2 921	3 072
Bayern	75	156	145	158	2 663
Sachsen-Altenburg	1 443	2 251	2 395	2 500	—
Anhalt	210	140	109	117	70
Braunschweig	479	584	498	534	621
Hessen	24	35	8	13	3
<b>Deutschland zus.</b>	<b>21 392</b>	<b>29 665</b>	<b>33 633</b>	<b>34 358</b>	<b>36 463</b>

Auch im Jahre 1927 sind die Bemühungen um eine bessere technische Ausgestaltung der Braunkohlenbetriebe im rheinischen Gebiet mit Erfolg fortgesetzt worden. Diese Rationalisierungsarbeiten bestanden, soweit die Abraumbetriebe in Frage kommen, in der weiteren Aufstellung und Inbetriebnahme neuzeitlicher Arbeitsmaschinen, wie auf Raupen bewegter Bagger, Kruppscher Absetzapparate und mehrerer Gleisrückmaschinen verschiedener Bauarten. Von einem Werk sind mit einem im Berichtsjahr montierten Brückenbagger, der die Bewältigung der Abraummassen auf direktem Wege unter Ausschaltung der umfangreichen Transportbahnen und Kippanlagen ermöglichen soll, Versuche eingeleitet worden, die sich erfolgversprechend gestalten. Bezüglich der Grubenbetriebe ist erwähnenswert, daß die Umstellung der bisherigen Kettenbahnförderung auf die betriebssichere Großraumförderung in zunehmendem Maße durchgeführt wird. In den Brikettfabriken wurden ebenfalls wie in den Vorjahren zahlreiche Um- und Erneuerungsarbeiten ausgeführt. Dabei ist bemerkenswert, daß man immer mehr zur Aufstellung von Doppelpressen und Kniehebelpressen, zum Teil mit elektrischem Antrieb, übergeht. Die Gesamtzahl der Pressen, auf Einfachpressen umgerechnet, hat dadurch auch im Jahre 1927 wieder eine erhebliche Vermehrung, und zwar von 619 auf 652 Stempel, erfahren.

Im Jahre 1927 hat sich der Gesamtabsatz an Rohbraunkohle gegenüber dem Vorjahre um 10,9 % gehoben. Von dem Gesamtabsatz entfallen rd. 78,3 % auf den Selbstverbrauch der Werke und 21,7 % auf den Verkauf gegenüber 78,8 % bzw. 21,2 % im Vorjahre, so daß also in dem bisherigen Verhältniß zwischen Selbstverbrauch und Verkauf keine wesentliche Verschiebung eingetreten ist. Die Absatzsteigerung von 4 350 300 t ist neben dem durch erhöhten Brikettabsatz vermehrten Selbst-

verbrauch der Werke und den stärkeren Lieferungen an die Elektrizitätswerke besonders der lebhaften Nachfrage seitens der sonstigen industriellen Abnehmer zu verdanken.

Der Gesamtabsatz an Briketts erhöhte sich im Jahre 1927 gegenüber dem Vorjahre um 9,8%. Dieses günstige Gesamtergebnis ist auf die fast während des ganzen Jahres anhaltende lebhaftere Nachfrage nach Briketts zurückzuführen, die nur in den Monaten März und April einen durch die milde Witterung verursachten geringen Rückgang erfuhr, der dazu zwang, einen Teil der Erzeugung auf Lager zu nehmen.

Im einzelnen gestaltete sich der Absatz wie folgt.

Zahlentafel 5. Absatz der rheinischen Braunkohlenindustrie an Braunkohlen und Braunkohlenbriketts.

	1925	1926	1927
	t	t	t
Selbstverbrauch an Braunkohlen	30 078 600	31 429 300	34 646 400
Durch Verkauf abgesetzte Braunkohlen	9 453 700	8 475 700	9 608 900
<b>Gesamtabsatz an Braunkohlen</b>	<b>39 532 300</b>	<b>39 905 000</b>	<b>44 255 300</b>
Selbstverbrauch an Braunkohlenbriketts	395 700	369 300	386 000
An das Syndikat geliefert. Briketts	8 601 200	9 090 600	10 005 400
<b>Gesamtabsatz an Briketts</b>	<b>8 996 900</b>	<b>9 459 900</b>	<b>10 391 400</b>

Die Wagengestellung der Reichsbahn im Jahre 1927 kann, abgesehen von Schwierigkeiten, die im Bahntransport während des Monats Mai infolge verspäteter Wagengestellung auftraten, als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden. Der Transport auf dem Wasserwege vollzog sich reibungslos und wurde lediglich in der zweiten Dezebemrhälfte infolge starken Frostes behindert.

Ueber die Entwicklung der Steinkohlen- und Braunkohlenbrikett-Preise unterrichtet Zahlentafel 6.

Auf dem Arbeitsmarkt im rheinischen Braunkohlenggebiet ist im Vorjahre erfreulicherweise der Wechsel in der Belegschaft verhältnismäßig gering gewesen. Ueber die Belegschaftsziffern gibt die Zahlentafel 7 einen Ueberblick.

Auch im Jahre 1927 kam die Lohnbewegung nicht zum Stillstand. Folgende Zusammenstellung verschafft einen Ueberblick über die Entwicklung der Tarifstundenziffern der gelernten Handwerker und des ungelerten Arbeiters im Jahre 1927:

	gültig ab 1. 10. 26	gültig ab 1. 6. 27	gültig ab 1. 10. 27
Gelernte Handwerker über 20 Jahre	0,84	0,88	0,89
Ungelernte Arbeiter über 20 Jahre	0,70	0,74	0,74

Die Entwicklung der wirklich verdienten Durchschnittslöhne der einzelnen Arbeitergruppen in vierteljahrweiser Zusammenfassung geht aus Zahlentafel 8 hervor.

United States Steel Corporation. — Der Auftragsbestand des Stahltrustes hatte im Juni eine Steigerung gegenüber dem Vormonat um 223 710 t oder 6,45% zu verzeichnen. Wie hoch sich die jeweils zu Buch stehenden unerledigten Auftragsmengen am Monatschlusse während der letzten Jahre bezifferten, ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

	1926	1927	1928
	in t zu 1000 kg		
31. Januar	4 960 863	3 860 980	4 344 362
28. Februar	4 690 691	3 654 673	4 468 560
31. März	4 450 014	3 609 990	4 404 569
30. April	3 929 864	3 511 430	3 934 087
31. Mai	3 707 638	3 099 756	3 471 491
30. Juni	3 534 300	3 102 098	3 695 201
31. Juli	3 660 162	3 192 286	—
31. August	3 599 012	3 247 174	—
30. September	3 651 005	3 198 483	—
31. Oktober	3 742 600	3 394 497	—
30. November	3 868 366	3 509 715	—
31. Dezember	4 024 345	4 036 440	—

Zahlentafel 6. Entwicklung von Steinkohlen- und Braunkohlenbrikett-Preisen.

	Union-Klaus-brand-briketts	„Ils“ Braunkohlenbriketts	Fettstückkohle I Ruhrgebiet	Fettförderkohle II Ruhrgebiet	Hochofenkoks I Ruhrgebiet
	M je t	M je t	M je t	M je t	M je t
1. April 1913	8,70	12,—	14,—	12,—	18,50
1. Januar 1926	13,93	13,95	19,90	14,92	22,—
1. März 1926	13,93	13,95	19,90	14,92	21,50
1. April 1926	11,90	12,80	19,84	14,87	21,45
1. Mai 1926	10,90	12,80	19,84	14,87	21,45
1. Juli 1926	11,90	13,40	19,84	14,87	21,45
1. August 1926	12,90	13,40	19,84	14,87	21,45
1. Sept. 1926	13,90	14,—	19,84	14,87	21,45
1. April 1927	11,90	12,—	19,84	14,87	21,45
1. Mai 1927	10,95	12,—	19,84	14,87	21,45
1. Juli 1927	11,90	13,—	19,84	14,87	21,45
1. August 1927	12,90	13,—	19,84	14,87	21,45
1. Sept. 1927	13,90	14,—	19,84	14,87	21,45
1. Oktober 1927	13,90	15,—	19,84	14,87	21,45

Zahlentafel 7. Gesamtbelegschaftszahl in der rheinischen Braunkohlenindustrie.

Jahr	Gesamtbelegschaft	Erwachsene männliche Arbeiter	Jugendliche männliche Arbeiter	Weibliche Arbeiter
1913	10 325	—	—	—
1921	23 980	23 379	536	65
1924	13 925	13 674	224	27
1925	15 111	14 867	215	29
1926	14 578	14 394	158	26
1927	13 888	13 705	159	24

Zahlentafel 8. Durchschnittslöhne der einzelnen Arbeiterklassen der rheinischen Braunkohlenindustrie.

Jahr	Gesamtbruttolohn	Abraumarbeiter	Kohlengewinnungsarbeiter und Arbeiter in Aus- und Vorrichtung	Sonstige Grubenarbeiter	Fabrikarbeiter	Werkstättenarbeiter		Jugendliche männliche Arbeiter	Weibliche Arbeiter	Durchschnittslohn aller Arbeiterklassen
						Handwerker	Hilfsarbeiter			
1914 — I.	3 708 900	4,38	5,76	4,59	4,24	4,54		2,09	—	4,39
„ — II.	3 964 500	4,44	5,76	4,60	4,28	4,56		2,04	—	4,38
„ — III.	3 099 000	4,59	5,72	4,50	4,23	4,59		2,02	2,13	4,33
„ — IV.	3 246 800	4,56	5,66	4,63	4,32	4,52		2,11	2,31	4,34
1926 — I.	8 708 700	7,15	8,55	7,43	7,38	8,10	6,90	2,10	4,60	7,28
„ — II.	8 613 600	7,35	8,65	7,54	7,52	8,14	6,99	2,17	4,54	7,41
„ — III.	8 979 400	7,44	8,58	7,66	7,53	8,24	6,99	2,10	4,58	7,47
„ — IV.	8 781 700	7,53	8,77	7,97	7,82	8,40	7,23	2,16	4,81	7,73
1927 — I.	8 447 300	7,38	8,59	7,86	7,30	8,32	7,13	2,16	4,76	7,61
„ — II.	8 652 000	7,64	8,89	8,07	7,94	8,60	7,54	2,20	4,89	7,84
„ — III.	9 310 900	7,98	9,30	8,34	8,17	8,93	7,89	2,19	4,93	8,12
„ — IV.	9 000 300	7,95	9,24	8,37	8,26	8,99	7,95	2,20	5,00	8,19

## Vereins-Nachrichten.

### Verein deutscher Eisenhüttenleute.

#### Ehrenpromotionen.

Dem Mitgliede unseres Vereins, Hüttdirektor Dr. jur. h. c. C. Humperdinck, Wetzlar, wurde in Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste um die wissenschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung des Gießereiwesens und seiner zielbewußten Arbeit in der Ausbildung und Einführung neuer technischer Verfahren auf diesem Fachgebiete von der Bergakademie Clausthal die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber verliehen.

Unsere Mitglieder, Generaldirektor Fr. Pieler, Gleiwitz, und Generaldirektor Heinr. Werner, Gleiwitz, wurde von der Technischen Hochschule Breslau die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber verliehen.

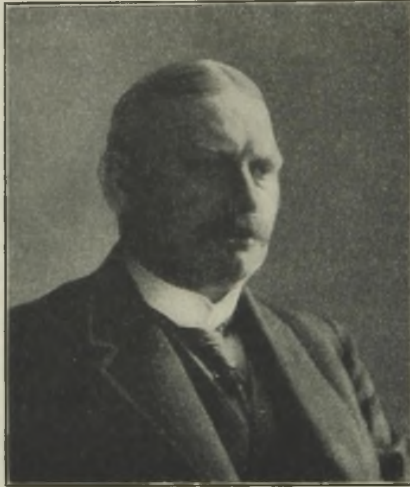
Unser Mitglied, Direktor A. Schaber, Durlach, ist in Anerkennung seiner ausgezeichneten Verdienste um die Entwicklung deutscher Industriezweige von der Technischen Hochschule Stuttgart zum Ehrensensator dieser Hochschule ernannt worden.

## Hermann Rinne †.

Hermann Rinne wurde am 4. Mai 1857 in Bad Eilsen geboren, besuchte die Gymnasien in Bückeburg und Minden, diente als Einjährig-Freiwilliger bei den Bückeburger Jägern und studierte in Hannover.

Nach Anfangsstellungen bei dem Bochumer Verein, der Essener Union und der Styruer Eisen-Industrie trat er im März 1886 als Oberingenieur in die Dienste der Fa. Blechwalzwerk Schulz Knaut, A.-G., der damaligen Fa. Puddel- und Blechwalzwerk Schulz Knaut & Co. in Essen, die seit jeher als Sonderheit Dampfkesselbaustoffe aus Schweißisen, wie Bleche, Böden und Flammrohre, herstellte. Im Jahre 1889 wurde Rinne bei der Umwandlung der Firma in eine Aktiengesellschaft stellvertretendes und im Jahre 1894 ordentliches Vorstandsmitglied und technischer Leiter der Gesellschaft. In das erste Jahrzehnt seiner Tätigkeit fiel die Umstellung der Fabrikation von Schweißisen auf Flußeisen. Mit Otto Knaut zusammen nahm er in Wort und Schrift tätigen Anteil an der Beseitigung des Vorrteils, das in besonders starkem Maße bei den mit dem Dampfkesselbau und -betrieb in Beziehung stehenden Kreisen gegen die Verwendung von Flußeisen bestand. Die Einführung des Flußeisens als Kesselbaustoff stellte erhöhte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Werkes und an die Abmessungen der Kesselbauteile, denen zu genügen Rinne durch Ausbau der Betriebsanlagen und Einführung neuer Arbeitsverfahren glänzend gelang. Sein vornehmstes Bestreben war, die Handarbeit bei allen Arbeitsvorgängen nach Möglichkeit auszuschalten und durch mechanische Hilfsmittel zu ersetzen. So führte er die dampfhydraulische Kumpelpresse ein, verbesserte die Bauart der Blechbiegemaschinen durch Anwendung des Klappständers und erfand neue Maschinen zum Richten von Bodenkrepfen und zur Warmbearbeitung von geschweißten Rohren.

Auch auf dem Gebiete der Wassergasschweißerei war er erfolgreich tätig. Im Jahre 1905 führte Rinne als einer der ersten die autogene Schweißung im Großbetriebe unter Verwendung von selbstergezeugtem Sauerstoff ein. Mancherlei Reisen, darunter eine im Jahre 1903 unternommene Belehrungsreise nach Amerika, gaben seinen Gedanken neue Nahrung.



Im Laufe der Jahre wurden die Platzverhältnisse in Essen so beschränkt, daß dort eine erforderlich gewordene, der Neuzeit entsprechende Umgestaltung der Betriebsanlagen nicht mehr möglich war. Dazu kam das Bedürfnis des Werkes, sich durch Errichtung eines eigenen Stahlwerkes von dem Bezuge von Rohblöcken frei zu machen. Der Entschlußkraft und dem Weitblick Rinnes ist es zu verdanken, daß die Gesellschaft für die Verlegung des Essener Betriebes ein am Rhein bei Huckingen außerordentlich günstig gelegenes Gelände erwerben konnte, das eine Entwicklung auf weite Sicht gewährleistete. Nach seinen Plänen wurde dortselbst 1909 ein Siemens-Martin-Stahlwerk errichtet, dem er bald darauf das Blechwalzwerk, die Wassergasschweißerei und das Preßwerk in zeitgemäßer Ausführung angliederte.

Nach der im Jahre 1914 erfolgten Verschmelzung der Fa. Blechwalzwerk Schulz Knaut, A.-G., mit den Mannesmannröhren-Werken trat Rinne als Vorstandsmitglied in diese Gesellschaft ein, aus der er, nach erfolgreicher Tätigkeit während des Krieges, im Jahre 1920 aus gesundheitlichen Rücksichten ausschied. Ueber den eigenen Arbeitsbereich hinaus hat Rinne seine Kräfte auch der Gemeinschaftsarbeit gewidmet im Verein deutscher Eisenhüttenleute und besonders in der Technischen Kommission des Grobblechverbandes, in der er lange Jahre ein eifriges und hochgeschätztes Mitglied war.

Rinne war ein Mann von außerordentlichem Weitblick, von unbeugsamer Tatkraft und unentwegter Arbeitsfreude. Erholung von seiner aufreibenden Tätigkeit suchte und fand er im trauten Familienkreise, daneben war er begeisterter Naturfreund und leidenschaftlicher Jäger. Er hatte gehofft, den Rest seines Lebens nahe seiner Heimat, am Fuße des Teutoburger Waldes, in Frieden verbringen zu können. Zum Leidwesen aller, die ihm nahestanden, hat der Schatten, den seine Krankheit über seinen Geist legte, diese Hoffnung nicht erfüllt. Er starb am 19. Juni 1928 zu Bonn. Sein Vorbild wird in den von ihm geleiteten Werken und in den Kreisen, die sich darüber hinaus seiner Mitarbeit zu erfreuen hatten, weiterleben.

## Aenderungen in der Mitgliederliste.

- Beaujean, Jac., Ing., Gießerei Beaujean, Kasern bei Salzburg, Oesterr.  
 Burgers, Franz, Dr.-Ing. E. h., Malagny bei Versoix, Kant. Genf, Schweiz.  
 Fricke, Ernst, Dipl.-Ing., Betriebsdirektor des Stahlwerk Kabel C. Pouprier jr., Kabel, Kr. Hagen, Karlsruh.  
 Gille, Nils, Direktor der See Fabriks A.-B., Sandviken, Schweden.  
 Glaß, Felix, Oberger., Leiter der Niederl. Dortmund der Garvenswerke, A.-G., Hannover, Dortmund, Körnerplatz 8.  
 Gries, Heinz, Dr.-Ing., Solingen, Hochstr. 14.  
 Huy, Ludwig, Direktor, Düsseldorf, Rathausufer 22.  
 Krakowski, Georg, Oberingenieur der Rheinisch-Westf. Stahl- u. Walzw., A.-G., Abt. Hagener Gußstahlwerke, Hagen (Westf.), Hochstr. 99.  
 Leussing, Carl, Hüttendirektor, Mitgl. des Vorst. der Stahlwerk Becker A.-G., Willich, Kr. Krefeld.  
 Narbeshuber, Franz, Dipl.-Ing., Walzwerksleiter der Fa. Isolation, A.-G., Mannheim-Neckarau, Dorfgärtenstr. 22.  
 Peterson, Wilhelm, Direktor der Ruhrgas A.-G., Essen, Herwarthstr. 60.  
 Rothe, Heinrich, Oberingenieur, Hannover-Kirchrode, Ostfeldstraße 77.  
 Ruhrmann, Josef, Ingenieur der Hahnschen Werke, A.-G., Großenbaum, Kr. Düsseldorf.  
 Schnitz, Fritz, Dr.-Ing., Oberger. der Sächs. Gußstahlw. Döhlen, A.-G., Freital 2 i. Sa., Am Pfaffengrund 2.  
 Schubert, Willy, Dipl.-Ing., Wirtschaftsstelle der Klöckner-Werke, A.-G., Abt. Hasper Eisen- u. Stahlwerk, Haspe, Jägerstr. 26.

- Vanderstein, Ewald, Wattenscheid-Günnigfeld, Günnigfelder Str. 95.  
 Vejs, Alois, Ing., Betriebsing. der Gußstahlf. der Witkowitz Bergbau- u. Eisenhütten-Gewerkschaft, Mähr.-Ostrau 10, C. S. R.  
 Zetzsche, Johannes, Ingenieur, Chemnitz, Bretgasse 11.

## Neue Mitglieder.

- Bennek, Hubert, Dipl.-Ing., Ratibor, O.-S., Lange Str. 51.  
 Deschalit, Georg, Oberingenieur der Kokereiabt. des Staatl. Kohlen-Trusts Donugol, Charkow (Ukraine), U. d. S. S. R., Tschebotarskaja 2, Wohn. 4.  
 Fredrich, Karl, Betriebsleiter der Stahlgießereien der Mitteld. Stahlw., A.-G., Lauchhammerwerk, Gröditz (Amtsh. Großhain), Alte Bahnhofstr. 2 g.  
 Gecker, Alexander, Dipl.-Ing., Betriebschef des Stahlw. W. Karl Marx, Dnepropetrowsk (Ekaterinoslaw), U. d. S. S. R., Torgowaja 2.  
 Harr, Albrecht, Dipl.-Ing., Fried. Krupp, A.-G., Friedrich-Alfred-Hütte, Rheinhausen (Niederrh.), Kruppstr. 204.  
 Hold, Hermann, Dipl.-Ing., Neunkircher Eisenwerk, A.-G., vorm. Gebr. Stumm, Neunkirchen-Saar, Bachstr. 4.  
 Masing, Georg, Dr. phil., Berlin W 30, Nollendorfstr. 29-30.  
 Meyer-Waldeck, Hans, Dipl.-Ing., Berlin W 50, Bamberger Str. 2.  
 Spitzer, Helmut, Dipl.-Ing., Heideberg, Bergstr. 128.  
 Trincherio, Serafino, Dipl.-Ing., Mailand (Italien), S. Marta 12.  
 Wefelmeier, Hans-Joachim, Dipl.-Ing., Stahlwerke Rüchling-Buderus, A.-G., Wetzlar, Hausertorstr. 43.  
 Yamagata, Hidesuke, Direktor der Kaiserl. Stahlwerke, Yawata (Japan).