

Zeitschrift für angewandte Chemie

und

Zentralblatt für technische Chemie.

XXI. Jahrgang.

Heft 45.

6. November 1908.

Das Eisenhüttenwesen im Jahre 1907.

Von Prof. Dr. B. NEUMANN, Darmstadt.

(Eingeg. d. 17./9. 1908.)

Bei Besprechung des Metallhüttenwesens¹⁾ wurde schon auf die wirtschaftliche Lage der gesamten Metallindustrie hingewiesen. Das Eisen mußte natürlich der allgemeinen Konjunktur folgen; doch war einerseits beim Eisen die Verschlechterung der Geschäftslage an und für sich weniger deutlich ausgeprägt wie bei den anderen Metallen, und andererseits war gerade bei uns in Deutschland sowohl in der Produktion wie in den Preisen immer noch eine gewisse Stetigkeit zu beobachten, was niemand von den Verhältnissen in Amerika und England behaupten konnte. Die einzelnen Monatsproduktionen an Roheisen haben bei uns von Januar bis Dezember fast genau die gleiche Höhe behalten; in Amerika ging die Gleichmäßigkeit in der Erzeugung nur bis Oktober, dann trat ein derartiger Abfall ein, daß die Dezemberleistung gerade nur die Hälfte der Oktoberleistung erreichte. Im letzten Quartal litt Amerika unter einer vollständigen Geschäftsstockung. Während in Amerika und England auch die Eisenpreise den Konjunkturkrieg vollständig widerspiegeln, sind bei uns die Eisenpreise das ganze Jahr ruhig geblieben, und erst im Dezember kam auch bei uns der Einfluß der amerikanischen Krise zum Ausdruck.

Diese Verhältnisse erklären auch genügend den Umstand, daß die Weltroheisenproduktion 1907 nicht in demselben Maße weiter gewachsen ist, wie in den vorhergehenden Jahren; die Zunahme gegen 1906 ist nur unbeträchtlich (ca. 2% gegen 9% im Vorjahr).

Die Weltproduktion an Roheisen stellte sich, soweit Zahlen vorliegen, im abgelaufenen Jahre wie folgt:

	1906	1907
Vereinigte Staaten	25 712 106 t	26 193 862 t
Deutschland	12 473 067 t	13 045 760 t
Großbritannien	10 311 778 t	10 082 638 t
Frankreich	3 314 162 t	3 588 949 t
Rußland	2 641 723 t	—
Belgien	1 431 000 t	1 427 640 t
Österreich-Ungarn	1 222 230 t	—
Schweden	596 400 t	—
Canada	550 628 t	590 444 t
Spanien	379 241 t	—
Italien	30 450 t	—
Alle anderen Länder	650 000 t	650 000 t
	59 312 785 t	rund 60 450 000 t

Die Steigerung der Produktion macht in Amerika nur 2%, in Deutschland 4,5%, in Frank-

reich aber 9% aus, die belgische Produktion ist ein wenig zurückgegangen, England hat um 2% verloren. Die drei Haupteisenländer: Verein. Staaten, Deutschland, England bringen zusammen 81,3% der Weltproduktion auf.

Die große Produktionssteigerung der Welt an Roheisen in den letzten Jahren hat nun Statistikern Anlaß gegeben, nachzusehen, wohin wir kommen, wenn die Steigerung so weiter geht. Schröder²⁾ berechnet für Deutschland, daß wir unter diesen Umständen schon 1914 etwa 20 Mill. t, 1920 aber schon 30 Mill. t erreichen müßten. In Amerika würde man nach der Berechnung Kemps³⁾ 1913 schon 40 Mill. t, 1919 schon 60 Mill. und 1950 sogar 530 Mill. t Roheisen erzeugen. Angesichts solcher ungeheueren Zahlen muß man sich aber doch die Frage vorlegen: Wird, selbst wenn die Erzeugung möglich sein sollte, auch der Bedarf in derselben Weise wachsen. Und wird auch die Beschaffung der dazu nötigen Riesenmengen von Erzen und Brennstoffen möglich sein. Hierauf kann vorläufig niemand eine Antwort geben.

Zur deutschen Roheisenerzeugung lieferten die einzelnen Bezirke:

Rheinland-Westfalen	5 446 124 t =	41,74%
Sieg, Lahn, Hessen-Nassau	889 906 t =	6,82%
Schlesien	938 658 t =	7,19%
Pommern	158 975 t =	1,21%
Hannover, Braunschweig .	468 829 t =	3,59%
Bayern, Württemberg, Thüringen	202 900 t =	1,55%
Saar	950 446 t =	7,28%
Lothringen, Luxemburg .	3 989 922 t =	30,58%
	13 045 760 t	

Diese Roheisennenge verteilt sich auf verschiedene Eisensorten; bei uns und in Frankreich macht den Hauptanteil der Produktion das Thomasroheisen aus (in Deutschland 65%, in Frankreich 55,4%), in Amerika umgekehrt Bessemerroheisen (51%), auf Gießereizwecke entfallen in allen Ländern etwa 15—19%, nur in England ist diese Zahl etwas höher.

Zu der oben angegebenen in Deutschland erzeugten Eisenmenge kommt noch eine Einfuhr von 1 066 789 t, der eine Ausfuhr von 5 092 353 t gegenübersteht. Hieraus berechnet sich der einheimische Verbrauch zu 9 020 196 t. Auf den Kopf der Bevölkerung berechnet, ergibt das 209,47 kg (203,43 kg 1906) Erzeugung, und 145,12 kg (134,96 kg 1906) Verbrauch.

Auf andere statistische Angaben sei nur kurz verwiesen: Deutschlands Eisenerzbergbau, Roh-

²⁾ Stahl u. Eisen (1907), 393.

³⁾ Iron Trades Rev. (1907), 72; Stahl u. Eisen (1907), 319.

¹⁾ Diese Z. 21, 1789 (1908).

eisenerzeugung, Eisen- und Stahlfabrikate 1904 bis 1906⁴⁾; Erzeugung, Verbrauch und Vorrat von Roheisen in Deutschland⁵⁾; graphische Aufzeichnungen der Handelspreise von Kohle, Erz, Thomas-eisen, Gießereieneisen, Knüppel, Blech usw. 1885 bis 1907⁶⁾; die Eisenindustrie Österreichs in den letzten 25 Jahren (Kestrel⁷⁾), Vergangenheit und Zukunft der amerikanischen Roheisenerzeugung 1864—1906 (Kenton⁸⁾); Zunahme der Weltproduktion an Eisen 1902—1904 und 1905—1907⁹⁾.

Eisenerze.

Folgende Tabelle gibt einen interessanten Überblick über die Förderung und den Verbrauch von Eisenerzen in den einzelnen Ländern; sie betrifft die Verhältnisse von 1906¹⁰⁾:

	Förderung	Verbrauch
Verein. Staaten	50,46 Mill. t	51,27 Mill. t
Deutschland	26,74 „	30,52 „
England	15,75 „	23,68 „
Spanien	10,14 „	0,80 „
Frankreich	7,39 „	8,19 „
Rußland	6,50 „	5,99 „
Österreich-Ungarn . . .	5,15 „	4,10 „
Belgien	0,20 „	3,31 „
Schweden	4,50 „	0,84 „

Hier nach erzeugt England, Deutschland, Belgien einen großen Teil des Roheisens aus fremden Erzen; anderseits verbrauchen namentlich Spanien und Schweden nur einen verschwindend kleinen Teil ihrer Erzproduktion selbst.

Deutschland förderte 1907 27 697 127 t Eisenerz, führte 8 476 076 t ein und 3 904 399 t aus, so daß sich ein Verbrauch von 32 Mill. t berechnet; zu der Einfuhr¹¹⁾ lieferte Spanien 3,60 Mill. t, Schweden 2,15 Mill. t. Für uns sind also die spanischen und namentlich die schwedischen Eisenerzlager von großer Bedeutung. In Schweden wird nun seit einiger Zeit eine Agitation betrieben, um die Regierung zu einem Ausfuhrverbot zu bewegen oder wenigstens die Ausfuhr zu erschweren. Der schwedische Reichstag hat zunächst die Erzvorräte schätzen lassen; das Gutachten¹²⁾ hat einen Vorrat von rund 1200 Mill. t ermittelt, wovon allein auf die Lager von Kiiruna-Luossavaara 793 Mill., auf Gellivara 128 Mill. t entfallen. Weiter hat die schwedische Regierung von Brinell¹³⁾ ein Gutachten eingefordert über die Verhüttungsmöglichkeit der Norrbotten-Eisenerze im Lande. Brinell ist dabei zur Ansicht gekommen, daß diese phosphorhaltigen Eisenerze in größerem Maßstabe in Schweden nicht verhüttet werden können, solange man auf die Einfuhr fremder Brennstoffe angewiesen ist; die Verhüttung mit Torf ist unmöglich; die Einführung elektrischer Verhüttungsmethoden kann an dieser Tatsache auch nicht viel ändern.

4) Stahl u. Eisen (1908), 58.

5) Stahl u. Eisen (1907), 1245.

6) Anhang in Stahl u. Eisen.

7) Stahl u. Eisen (1907), 1405.

8) Iron Trades Rev. 10, I., 72 (1907).

9) Iron Age 80, 1159 (1907).

10) Stahl u. Eisen (1907), 1704.

11) Erzbergbau (1908), 138.

12) Berg- u. Hüttenm. Rundsch. (1908), 251.

13) Tekn. Tidskr. (1907), 67.

Diese nordischen Eisenerze sind nun zu arm und auch zu phosphorhaltig, um direkt zum Verkauf zu gehen, sie müssen erst angereichert werden. Dies geschieht mit Hilfe magnetischer Scheideider, welche den Eisengehalt von 25—30 auf 63—68% bringen und den Phosphor ziemlich entfernen. Petersson¹⁴⁾ gibt eine ausführliche Schilderung dieser Aufbereitungsmethode, der Scheider usw. In Schweden sind 21 solcher Anlagen vorhanden, die meist mit Grönaltschen Scheidern arbeiten. Bei dieser Erzaufbereitung erhält man das Erzkonzentrat in fein zerkleinertem Zustand; in dieser Form ist es für den Hochofen nur schwer verwendbar; man briktiert deshalb das Erzklein durch Brennen in Grönaltschen Kanalöfen bis zur beginnenden Sinterung. Benning¹⁵⁾ gibt die Aufbereitungskosten für 1 t Konzentrat zu 1,40—1,80 M., die Briktierkosten zu 1,80—3,40 M. an. Nach Ackermann¹⁶⁾ sollen die schwedischen Anlagen eine Leistungsfähigkeit von 400 000 t Briketts haben; auch in Norwegen wird in Südvaranger nach Hansell¹⁷⁾ eine Anlage von 600 000 t, und bei Narvik eine halb so große gebaut.

Es sei noch mit einigen Worten der großartigen Eisenerzförderung Nordamerikas gedacht. Die Verein. Staaten förderten 1907 53 $\frac{3}{4}$ Mill. t Eisenerz, eingeführt wurden noch 1 $\frac{1}{4}$ Mill. ausgeführt nur $\frac{3}{4}$ Mill. t. Der größte Erzlieferant Amerikas ist der Obere See, die Eisenerzbezirke¹⁸⁾ um den See brachten 1907 fast 43 Mill. t Erz auf, davon der bekannte Mesabibezirk allein 27,9 Mill. t, also genau soviel wie ganz Deutschland. — An der Nordostküste von Cuba ist bei Mayari¹⁹⁾ ein gewaltiges Brauneisenlager gefunden worden, welches der nordamerikanischen Eisenindustrie sehr nützlich werden wird, man schätzt einen Vorrat von 605 Mill. t Erz.

Roheisenerzeugung.

Die Fortschritte und Verbesserungen, welche zur Vergrößerung der Leistung oder zur Verbilligung der Herstellung dienen, sind in den seltensten Fällen von umwälzendem Charakter, meist sind es fortlaufende kleine Änderungen mechanischer Art. Wenn man bedenkt, wieviel hundert Tonnen Erz, Brennstoff und Zuschlag ein moderner Hochofen täglich verschlingt, so wird z. B. sofort klar, daß irgendwelche Verbesserungen an den Transport- oder Begichtungsvorrichtungen von großer wirtschaftlicher Bedeutung für die Gestehungskosten sein können. Lürrmann²⁰⁾ erläutert einen derartigen Fall an dem Beispiel der Einführung der Schlackenform, er zeigt, welche Entwicklung der Hochofenbau und die Hochofenleistung durch die Einführung der Lürrmannschen Schlackenform nehmen konnte: Der Winddruck und die Windmenge konnte bedeutend vergrößert, das Gestell

14) Eng. Min. Journ. 83, 889 (1907).

15) Electroch. u. Metall. Ind. (1907), 134.

16) Revista minera (1907), 552.

17) Eng. Min. Journ. 83, 1206 (1907).

18) Iron Trades Rev. 6, II, 309 (1908).

19) Iron Age (1907), 80; Stahl u. Eisen (1907), 1359.

20) Stahl u. Eisen (1907), 198.

(von 0,95 auf 4 m) erweitert, der Ofen (von 16 auf 30 m) erhöht und damit die Menge der Beschickung und des erzeugten Roheisens (von 15 t auf 450 t und mehr) gesteigert werden. — Seit der Einführung maschineller Begichtungsvorrichtungen macht sich häufig der Übelstand bemerkbar, daß die Verteilung der Materialien weniger gleichmäßig erfolgt als mit Handbedienung, man hat deshalb allerlei mechanische Gichten-Verteilungsvorrichtungen ersonnen, welche das einseitige Stürzen der Gichten verhindern sollen. Münker²¹⁾ ordnet für diesen Zweck im Trichter Rutschen an, Johnson konstruierte einen drehbaren, rüsselförmigen Beschickungstrichter; auch zweiteilige Glocken sind in Anwendung.

Beim Hochofenbau ist man von dem dicken Rauhgemäuer ganz abgegangen und ist bereits bis zum andern Extrem, dem Burgerischen wasser gekühlten Eisenmantel, gekommen. Dabei hat man aber immer noch den Bodenstein seine alte Stärke von 2—2,5 m gelassen. Osann²²⁾ macht jetzt den Vorschlag, den Bodenstein auch nur 0,5—0,7 m stark herzustellen und ihn mit Wasser zu kühlen, man würde auf diese Weise Eisendurchbrüche verhindern und die Bodensaibildung stark einschränken können. Derselbe Autor²³⁾ befaßt sich näher mit der Erscheinung der Bildung und der Natur, der in den Bodenstein eindringenden Eisenmassen, die man „Sauen“ nennt. Die Eisensauen halten stets weniger Kohlenstoff wie das erzeugte Roheisen, häufig liegt geradezu schmiedbares Eisen vor. Osann kommt zur Ansicht, daß es sich um regelrechte Rennvorgänge bei der Saubildung handelt, also um eine unmittelbare Schmiedeeisen erzeugung aus Erz, wobei der feinzerriebene Koks eine begünstigende Rolle spielt. Gleichzeitig gibt Osann eine Erklärung für die Graphitansammlungen im Gestell. Osann²⁴⁾ hat weiter die Ursachen der Zerstörung der Schachtofensteine verfolgt. Man nahm an, daß die Steine durch Kohlenstoffausscheidungen zerstört werden; der Kohlenstoff stammt aus den Gichtgasen: $2\text{CO} = \text{C} + \text{CO}_2$. Osann konnte durch das Experiment zeigen, daß etwas eisenhaltige Tonerdesteine schon bei 400 bis 500° Risse bekommen und durch eingelagerten Kohlenstoff zersprengt werden.

Porter²⁵⁾ verfolgt den Gang des mit Eisen erzen in den Hochofen gelangenden Zinks und stellt dessen Wirkung fest. In der Schmelzzone wird das Zinkoxyd reduziert, Zink steigt als Metall dampf auf und oxydiert sich durch den Sauerstoff der Kohlensäure: $\text{Zn} + \text{CO}_2 = \text{ZnO} + \text{CO}$; ein Teil des Zinkoxyds geht mit der Beschickung wieder nieder, 8% setzen sich als Ofenbruch oder Gichtschwamm an, der größte Teil geht in die Staubleitung; 9% nimmt das Mauerwerk auf, 12% verschlacken. Zink wirkt namentlich unangenehm durch Verstopfung aller Öffnungen.

Beim Hochofenbetrieb treten öfter, namentlich bei Verhüttung von viel Feinerz, schwere Explosionen auf, die meist die Gicht zerstören und sich

durch starken Erzauswurf bemerkbar machen. Kenedy²⁶⁾ hat sich nun ein sehr originelles Bild von den Explosionen gemacht, indem er diese in Vergleich stellt mit dem plötzlichen Öffnen einer Selterswasserflasche; beim langsamen Öffnen ist der Auswurf minimal. Auf Grund dieser Überlegung hat er auf den Iroquois-Eisenwerken an einem Hochofen den Gichtverschluß so kräftig konstruiert und die Zahl der Explosionsklappen derart vermindert, daß der im Hochofen entstehende Druck von ihnen aufgenommen werden kann. Seine Vermutung hat sich als richtig erwiesen, der Hochofen hat bisher den schwersten Gichtstürzen widerstanden, der Auswurf war ganz unerheblich.

Die von Gayley eingeführte Trocknung des Gebläsewindes und die damit angeblich erzielten großen Vorteile (hauptsächlich Ersparnis an Koks) haben seinerzeit großes Aufsehen erregt. In Deutschland hat man aber bald berechnet, daß der Vorteil bei uns nicht sehr bedeutend sein würde; infolgedessen ist auch bei uns noch keine solche Anlage entstanden. Dagegen sind in Amerika jetzt wieder 2 Hochöfen in Südbaltimore (Illinois Steel Co.) mit einer Windtrocknungsanlage versehen worden; in Amerika sind demnach jetzt im ganzen 6, in England 2 Hochöfen mit Gayley'schen Anlagen ausgerüstet.

Bradley Stoughton²⁷⁾ gibt eine Beschreibung eines großen modernen Hochofens, den die Lackawanna Steel Co. errichtet hat, er misst von der Gicht bis zur Hüttensohle 31 m, die Höhen von Schacht, Rast, Gestell sind 21,94, 3,65, und 3,20 m, die Gestellweite beträgt 4,57 m, die Kohlensackweite 6,70 m, der Gichtdurchmesser 4,95 m. Der Ofen hat 2 Schlackenformen und 16 Winddüsen, er soll täglich 500 t Roheisen liefern. Derselbe Autor²⁸⁾ bespricht in einer Reihe weiterer Artikel die Chemie des Hochofens, die Berechnung der Charge und die Arbeiten am Hochofen.

Die Ausnutzung der Hochofengichtgase oder der in ihnen vorhandenen Heizwerte ist bei uns ein wirtschaftlich sehr wichtiger Faktor geworden, dasselbe gilt von der Ausnutzung der überschüssigen Koksofengase. Greiner²⁹⁾ berechnet, daß auf 1 t in den Koksofen eingebrachte Kohle 84 cbm Gas, oder auf 1 t fertigen Koks (bei 80% Ausbringen) 105 cbm Gas von 4000 Cal. zur Verfügung stehen; im Hochofen kommen auf 1 t Roheisen 1800 cbm Gas von 950 Cal. als Überschuß. Die in der Kokskohle steckende Energie reicht, richtig ausgenutzt, nicht nur aus, um den Eisenhüttenprozeß vom Erz ausgehend bis zum Stahlprodukte durchzuführen, sondern es bleibt auch noch ein Kraftüberschuß. Greiner³⁰⁾ hat nun für die Hochöfen und Koksofen verschiedener Länder die mögliche Leistung und die tatsächliche Ausnutzung des Gasüberschusses berechnet und übersichtlich zusammengestellt. Diese Übersicht ergibt folgendes Bild:

²¹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 511.

²²⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1814.

²³⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1491 u. 1529.

²⁴⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1626.

²⁵⁾ Trans. Amer. Inst. Min. Eng. (1907), 739.

²⁶⁾ Stahl u. Eisen (1907), 533.

²⁷⁾ Eng. Min. Journ. 84, 145 (1907).

²⁸⁾ Eng. Min. Journ. 84, 206, 307, 347 (1907).

²⁹⁾ Rev. univ. d. mines April (1907), 33.

³⁰⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1110.

I. Hochöfen

Errechnete Leistung aus dem Gasüberschuß in Pferdestärken
 Tatsächliche Leistung der Gasmaschinen in Pferdestärken
 Ausnutzung in %

	Deutschland u. Luxemburg	Großbritannien	Frankreich	Belgien
	1 280 000	1 136 000	359 000	153 000
	371 950	21 400	31 575	40 200
	29	1,88	8,8	26,3

II. Koksöfen

Errechnete Leistung aus dem Gasüberschuß in Pferdestärken
 Tatsächliche Leistung der Gasmaschinen in Pferdestärken
 Ausnutzung in %

	317 000	350 000	43 000	48 500
	44 070	5 950	3 600	3 500

14 1,7 8,4 7,4

Wie die Zahlen der Ausnutzung zeigen, ist die bisherige Ausnutzung noch eine verhältnismäßig geringe, es steht der Industrie noch eine Menge Kraftüberschuß billig zur Verfügung. Man kann natürlich nicht sagen „umsonst“ statt billig, denn die Gase erfordern immerhin für Reinigung, Maschinen, Bedienung usw. einen gewissen Aufwand, bis man ihre Energie beispielsweise an irgend einem Schaltbrett hat. Greiner zeigt aber, daß auch der jährliche Kostenaufwand (in Zentralen) für 1 Kilowatt seit 1901 von 530 M auf 320 M heruntergegangen ist. In Seraing betragen die Betriebskosten 0,52 Pf., der Selbstkostenpreis für 1 Kilowattstunde 1,46 Pf. (In früheren deutschen Berechnungen hatte man einen Kostenpreis von 2—2,5 Pf. festgestellt.)

Die Hochofengase schwanken nun häufig in ihrer Zusammensetzung und damit in ihrem Heizwerte. Solange man sie nur unter Kesseln verbrennt, spielt das keine große Rolle, wohl aber beim Betriebe von Gasmaschinen. Schmidthammer³¹⁾ macht deshalb den Vorschlag, den man früher zur Regeneration der Hochofengase auch schon gemacht hat, die Gichtgase durch eine Säule hocherhitzten Brennstoffs zu drücken. Die fehlende Wärme könnte durch Verbrennung eines Teiles des Gases mit Linde-Luft erreicht werden. Eine derartige Anreicherung des Gases von 945 auf 1797 Cal. würde nur 0,607 für 1 cbm Gas kosten.

Einige Untersuchungen betreffen die Schmelzbarkeit der Schlacken. Simonis³²⁾ fand folgende Schmelztemperaturen: Thomasroheisen-schlacke 1335—1405°, Giebereisenschlacke um 1400°, Hämatitschlacke 1360—1460°, Ferromanganschlacke bei 1245°, Silicospiegelschlacke bei 1345°. In besonders üblem Rufe standen früher titanhaltige Schlacken. Cox und Lennox³³⁾ haben nun titansäurehaltige Schlacken mit sehr hohen Titansäuremengen hergestellt und deren Schmelzpunkt zu 1260—1350° gefunden, die gefürchtete Schwerschmelzbarkeit besteht also gar nicht.

In welcher Weise die Benutzung der Hochofenschlacke zu Eisen-Portlandzement fortgeschritten ist, möge aus der Angabe zu ersehen sein, daß in Deutschland jetzt nahezu $\frac{1}{8}$ Mill. t Schlacken auf Schlacken- und Eisenportlandzement verarbeitet werden. Auch in Amerika nimmt diese Fabrikation immer größere Ausdeh-

nung an; bei Chicago und Buffington bestanden schon Anlagen, diese sind jetzt durch Neuanlagen auf eine Leistung von 6 Mill. Faß gesteigert worden. Einige auf diesen Gegenstand bezügliche Veröffentlichungen betreffen das Trocknen des Schlackensandes (C. v. Schawrz)³⁴⁾ und eine Zusammenstellung³⁵⁾ verschiedener Vorschläge zur Aufschließung der Schlacke für den genannten Zweck.

Gießerei.

Die Gießerei wurde bis vor kurzer Zeit und sie wird teilweise heute noch ganz empirisch betrieben. Große Werke haben allerdings längst erkannt, daß bestimmte Resultate mit vorgeschriebenen Eigenschaften nur erreicht werden können, wenn man die chemische Seite nicht ganz außer acht läßt. In den letzten Jahren wird aber auch von rein wissenschaftlicher Seite den Gießereiverhältnissen mehr Interesse entgegengebracht. Einige von solchen Veröffentlichungen sollen hier kurz erwähnt werden. Orthey³⁶⁾ setzt die Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und der Festigkeit des Gußeisens auseinander; der bekannte Giebereimann West³⁷⁾ behandelt umfassend die Metallurgie des Gußeisens, wobei der Einfluß chemischer Körper, die Schmelzpunkte, der Abbrand, Schwindung usw. genau betrachtet werden. Webb³⁸⁾ untersuchte den Einfluß des Nickels auf die Festigkeit des Gußeisens, der jedoch nur unwesentlich zu sein scheint. Ferrolegierungen finden ebenfalls Verwendung in der Gießerei, ihr Hauptwert ist jedenfalls in der Desoxydation und in einer teilweisen Entschwefelung zu suchen (Houghton³⁹⁾). H. Jäger⁴⁰⁾ stellt für den Kupolofen bestimmte Normalverhältnisse über Ofenhöhe und -weite, Schmelzmenge, Brennstoff, Winddruck und Windmenge auf; Geilenkirchen⁴¹⁾ erläutert die Vorzüge des Flammofens vor dem Kupolofen für Spezialgusse.

Flußbeisenerzeugung.

Die Stahlproduktion der Welt gestaltete sich in den letzten beiden Jahren annähernd wie folgt:

³⁴⁾ Stahl u. Eisen (1907), 413.

³⁵⁾ Berg- u. Hüttenm. Rundsch. (1907), 227.

³⁶⁾ Metallurgie (1907), 196.

³⁷⁾ Stahl u. Eisen (1907), 596, 623, 651.

³⁸⁾ Iron Coal Trades Rev. (1907), 132.

³⁹⁾ Iron manger (1907), 208.

⁴⁰⁾ Stahl u. Eisen (1907), 339.

⁴¹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 19.

³¹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 559.

³²⁾ Stahl u. Eisen (1907), 74.

³³⁾ Berg- u. Hüttenm. Rundsch. (1907), 237.

	1906	1907
Verein. Staaten . . .	23 628 342 t	23 588 103 t
Deutschland	11 307 807 t	12 063 632 t
England	6 565 670 t	6 627 112 t
Canada	515 200 t	516 300 t
Belgien	1 185 660 t	1 183 500 t
Frankreich	2 371 377 t	2 653 613 t
Anderes Europa . . .	3 670 500 t	3 986 600 t
Andere Länder . . .	420 000 t	405 000 t
	49 664 556 t	51 183 860 t

Die Stahlproduktion der Welt hat also etwa um 3% zugenommen. Die Erzeugung Amerikas ist infolge der anfangs geschilderten Verhältnisse sogar ein wenig zurückgegangen, Amerika liefert aber immer noch allein 46% der Weltproduktion. Die Verein. Staaten, Deutschland und England bringen zusammen rund 83% der Welterzeugung, mit Frankreich mehr als 90% auf. Deutschland wandelt 92,4% seiner Roheisenproduktion in Stahl um, Amerika 90,6%, England nur 65,7%.

Je nach der Art der vorhandenen Erze sind die in den einzelnen Ländern erzeugten Roheisenarten verschieden und dementsprechend ist auch die Überführung des Roheisens in das raffinierte Produkt eine verschiedene, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Deutschland:

	sauer	basisch	Summe
	t	t	t
Konverterstahl.	387 120	7 212 450	7 599 574
Martinstahl . .	212 620	4 039 940	4 252 560
Stahlformguß .	85 421	126 077	211 498
	685 161	11 378 471	12 063 632

Verein. Staaten:

	sauer	basisch	Summe
	t	t	t
Konverterstahl.	11 854 230	--	11 854 230
Martinstahl . .	1 290 090	10 443 783	11 733 873
	13 144 320	10 443 783	23 588 103

Großbritannien:

	sauer	basisch	Summe
	t	t	t
Konverterstahl.	1 300 800	588 207	1 889 005
Martinstahl . .	3 438 937	1 299 168	4 738 107
	4 739 737	1 887 375	6 627 112

Frankreich erzeugte 77 953 t Bessemerblöcke, 1 611 593 t Thomasblöcke, 955 555 t Martinblöcke und 14 318 t Tiegelguß.

In Deutschland und Frankreich überwiegt der basische Prozeß, es werden etwa 95% des Stahles in dieser Weise gewonnen; umgekehrt erzeugen England und Amerika in der Hauptsache sauren Stahl (70 und 55%). Stellt man in der eben gegebenen Gruppierung die Stahlerzeugung mehrerer Jahre zusammen, so erkennt man, daß das basische Verfahren weit schneller Fortschritte macht wie das saure. Andererseits, stellt man dieselbe Betrachtung hinsichtlich der Apparate für die Stahlerzeugung an, so kann man sich der Tatsache nicht länger verschließen, daß die Bessemerbirne den Höhepunkt ihrer Bedeutung jedenfalls bereits überschritten hat und mehr und mehr das Feld dem Martinofen überlassen muß. Die Gründe für diese Veränderung sind nicht schwer zu finden. Das Martinmetall ist dem

Birnenmetall an Qualität überlegen; der Martinofen ist infolge der verschiedenen neuen Verfahren ziemlich unabhängig vom Rohmaterial geworden, was naturgemäß die Thomas- und Bessemerbirne nie werden können. An guten für den Thomas- oder Bessemerprozeß geeigneten Erzen macht sich schon ein Mangel fühlbar, die Erze werden teurer. Die Verblasprozesse haben zwar niedrige Umwandlungskosten, der Abbrand ist aber sehr groß, das Ausbringen beträgt nur 90—92%. Im Martinofen werden 98% ausgebracht; man kann aber bei den kontinuierlichen Verfahren durch Zusatz von Frz oder Walzensinter das Ausbringen bis auf 107—108% steigern; auch beim Martinverfahren ist die Arbeitsweise verbilligt worden. Der Rückgang der Windfrischprozesse wird sich daher kaum aufzuhalten lassen.

Eine sehr eingehende Studie über die Chemie des Martinprozesses stammt aus der Feder N e s - k e s⁴²⁾, worin das Verhalten des Mangans, Kohlenstoff, Siliciums und Phosphors beim Erzfrischen genau beleuchtet wird.

M a s s e n e z⁴³⁾ ist es gelungen, ein hoch siliertes phosphorhaltiges Roheisen dadurch zu verarbeiten, daß er dieses mit Eisenerz und Kalk in einer Thomasbirne verbläst, bis alles Silicium oxydiert ist, dann wird die kieseläurehaltige Schlacke abgegossen und der Phosphor beim Nachblasen verschlackt. E y e r m a n n⁴⁴⁾ schlägt vor, das vom Hochofen kommende Eisen in einen Compoundofen (eine Art kippbarer Martinofen) abzustechen und mit dem Hochofenwinde direkt zu raffinieren. W a v e r & T h a c k e r a y⁴⁵⁾ wollen den Duplexprozeß umkehren, im basischen Martinofen ein vorgereinigtes Metall herstellen, welches dann im sauren Konverter weiter verarbeitet werden kann. In Amerika wird großer Lärm über den L a s c h - Prozeß gemacht⁴⁶⁾, der aber schließlich auch nichts weiter vorstellt, als eine Art „Erzprozeß“. L a s c h will nämlich aus Roheisen und Erz direkt Martinmetall herstellen, wozu er granulierte Roheisen und Erzkonzentrate mit etwas Kalk usw. in einen Martinofen oder elektrischen Ofen bringt; es sollen 96—98% ausgebracht werden.

Mit der Frage der Lunkerbildung und den Seigerungserscheinungen in Stahlblöcken beschäftigen sich wieder mehrere Arbeiten. H o w e und S t o u g h t o n⁴⁷⁾ haben in sehr instruktiver Weise die genannten Erscheinungen studiert, indem sie Wachsblöcke unter Benutzung der verschiedensten Formen gossen und die Blöcke zerschnitten. Auch hierbei konnte wieder bestätigt werden, daß im allgemeinen durch langsames Gießen oder Verlangsamung der Abkühlung der Lunker kleiner wird. Die Ausseigerungen, denen auch S t e a d⁴⁸⁾ eine Studie widmet, finden sich in dem am längsten flüssig bleibenden Teile. O b h o l z e r⁴⁹⁾ teilt seine Erfahrung über die Verwendung von Thermit

⁴²⁾ Stahl u. Eisen (1907), 157, 191, 229, 265.

⁴³⁾ Metallurgie (1907), 345.

⁴⁴⁾ Eng. Min. Journ. 84, 122 (1907).

⁴⁵⁾ Stahl u. Eisen (1907), 505.

⁴⁶⁾ Electroch. u. Metall. Ind. (1907), 344 u. 455.

⁴⁷⁾ Metallurgie (1907), 793.

⁴⁸⁾ Metallurgie (1907), 65.

⁴⁹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1117 u. 1155.

zur Vermeidung von Lunkern mit. E. v. Maltitz⁵⁰⁾ studiert die Entstehung der Gasblasen in den Stahlblöcken.

Kralupper⁵¹⁾ hat die Entwicklung der Panzerfabrikation dargestellt.

Elektrische Eisen- und Stahlerzeugung.

Die elektrische Stahlerzeugung hat weit größere Fortschritte gemacht, als die elektrische Roheisenherstellung; das hängt offenbar damit zusammen, daß, wie der Verf. seinerzeit in dieser Zeitschrift⁵²⁾ auseinandergesetzt hat, in den eigentlichen Eisenindustrieländern, die reichlich mit Kohle versehen sind, der Hochofen immer noch viel billiger arbeitet und ganz andere Massen Eisen herstellen kann, wie der elektrische Ofen. Andererseits ist durch die Versuche Héroults⁵³⁾ in Kanada bewiesen, daß der elektrische Ofen technisch bei der Roheisenherstellung alles das leisten kann, was man billigerweise beanspruchen muß. Es haben sich allerlei Erze, auch schwefelhaltige, auch mit Holzkohle als Reduktionsmittel, zufriedenstellend verschmelzen lassen. Der Kraftaufwand beträgt rund 2000 Kilowattstunden auf die Tonne Roheisen. Inzwischen ist eine solche elektrische Roheisenanlage in Héroult-on-the-Pitt in Kalifornien für eine tägliche Leistung von 20—25 t in Betrieb genommen; eine etwas größere ist in Welland, Ontario, im Bau.

Auf dem Gebiete der Stahlerzeugung hat der elektrische Ofen namentlich in Deutschland eine weitere, den hüttenmännischen Verhältnissen mehr angepaßte Durchbildung erfahren. In Remscheid-Hasten steht ein Héroult'scher Kippofen seit März 1906 in Betrieb, welcher bereits mehrere 1000 Chargen Spezialstahl geliefert hat. Eichhoff⁵⁴⁾ hat ausführlich über die Arbeitsweise dieses Ofens berichtet. Danach gießt man aus einem Wellmannschen Kippofen $1\frac{1}{2}$ —2 t ziemlich weit raffinierten Stahl in den elektrischen Ofen, bedeckt das Bad mit einer oxydierenden Schlacke, dann mit einer reinen, oxydfreien Kalkschlacke und macht zuletzt die gewünschten Zusätze an Kohlenstoff, Silicium usw. Der Prozeß erfordert rund 200 Kilowattstunden und $1\frac{1}{2}$ Stunden Zeit für 1 t Stahl. Das entstehende Produkt ist ausgezeichnet rein, fast frei von Phosphor und Schwefel und fast völlig desoxydiert, also ein Produkt, wie es bisher eigentlich nur im Tiegel erzeugt werden konnte. Thallner⁵⁵⁾ hat die Qualitätsleistungen des elektrischen Ofens noch weiter beleuchtet.

In ganz ähnlicher Weise hatte man in Völklingen a./Saar auf den Röchling'schen Eisen- und Stahlwerken einen großen Kjellinschen Induktionsofen in Benutzung genommen und in ihm ein von der ursprünglichen Betriebsweise abweichendes Raffinationsverfahren eingeführt, worüber Röchling⁵⁶⁾ berichtete. Auch hier ging man von vorgereinigtem flüssigen Stahl aus und brauchte zur vollständigen Entphosphorung und

⁵⁰⁾ Transact. Amer. Min. Eng. (1907), 69.

⁵¹⁾ Österr. Z. f. Berg- u. Hüttew. (1907), 614.

⁵²⁾ Diese Z. 17, 1537 (1904).

⁵³⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1257.

⁵⁴⁾ Stahl u. Eisen (1907), 41.

⁵⁵⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1677 u. 1721.

⁵⁶⁾ Stahl u. Eisen (1907), 81.

Entschwefelung 150—200 Kilowattstunden. Später hat dann Röchling-Rodenhauser einen neuen Induktionsofen konstruiert und in Betrieb gesetzt, den Wedding⁵⁷⁾ beschrieben hat. Dieser neue Ofen hat die Kjellinsche unbequeme Rinne vollständig verlassen, besitzt einen großen Arbeitsherd und außer der Induktionsheizung noch eine Widerstandsbeheizung durch Platten, die im Mauerwerke liegen. Die Raffinationsleistungen sind ausgezeichnet.

Gronwall, Lindblad und Stahane⁵⁸⁾ versuchten, auf anderem Wege den Induktionsofen zu verbessern. Ischewsky⁵⁹⁾ hat einen kleinen Versuchsofen konstruiert, bei welchem die Widerstandserhitzung durch das Material der Ofenwand hindurch erfolgt. Girod hat einen Ofen für Stahlraffination gebaut, über welchen Hutton⁶⁰⁾ und Saccone⁶¹⁾ einige Mitteilungen bringen. Stassano⁶²⁾ beschreibt nochmals seinen Drehofen; ein solcher Ofen ist jetzt bei Bonn für Stahlformguß in Betrieb gekommen.

Nach Engelhardt⁶³⁾, dem wir eine eingehende Studie über die verschiedenen Induktionsofensysteme verdanken, sind jetzt folgende elektrische Ofensysteme in Betrieb: 14 Kjellin, 2 Gin, 1 Schneider, 2 Frick, 1 Wallin, 1 Colby, 10 Héroult, 2 Keller, 1 Girod, 3 Stassano und mehrere Röchling-Rodenhauser.

Wissenschaftliche Arbeiten.

In den letzten Jahren findet sich in den Zeitschriften eine rasch wachsende Menge rein wissenschaftlicher Arbeiten, deren Ergebnisse der hüttenmännischen Praxis früher oder später zugute kommen. Eine besonders große Zahl betrifft das Gebiet des Eisens und dessen häufigst vorkommende Legierung mit Kohlenstoff. In der Hauptsache handelt es sich bei den Arbeiten um die Anwendung physikalisch-chemischer Methoden, mit deren Hilfe eine Aufklärung der verwinkelten Abkühlungs- und Erstarrungsscheinungen von Eisenkohlenstofflegierungen versucht wird.

P. Oberhofer⁶⁴⁾ hat in einer äußerst sorgfältig durchgeführten Arbeit eine Neubestimmung der spezifischen Wärme des Eisens bis zu einer Temperatur von 1500° vorgenommen. Die Versuche wurden mit fast ganz reinem Flußeisen in einem Eiskalorimeter ausgeführt; Erhitzung und Messung geschah im Vakuum. Aus der graphischen Aufzeichnung ergibt sich, daß die spezifische Wärme von Null bis 650° langsam ansteigt ($250^{\circ} 0,1221$, $650^{\circ} 0,1463$), zwischen 650 — 700° wird der Verlauf steiler und geht mit einer Krümmung bei 800° in einen horizontalen Teil über, der bis 1500° anhält. ($700^{\circ} 0,1594$, $750^{\circ} 0,1675$, $800^{\circ} 0,1698$, $1000^{\circ} 0,1678$, $1500^{\circ} 0,1667$). Die Erklärung für den verschiedenen Verlauf geben

⁵⁷⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1605.

⁵⁸⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1260.

⁵⁹⁾ Electroch. Metall. Ind. (1907), 141.

⁶⁰⁾ Electroch. Metall. Ind. (1907), 9.

⁶¹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 956.

⁶²⁾ Eng. Min. Journ. 83, 1135 (1907).

⁶³⁾ Elektrochem. Z. (1907), 1051, 1084, 1104, 1124.

⁶⁴⁾ Metallurgie (1907), 427, 447, 486.

die (α u. β) Modifikationen des Eisens und deren Übergänge ineinander. Diese Zahlen sind vorläufig jedenfalls als maßgebend zu betrachten. J o s. W. R i c h a r d s⁶⁵) hat die Kurve dann auch über den Schmelzpunkt hinaus bis zu 2000° weiter berechnet.

Vor der Versammlung des Iron & Steel Instituts hat H. v. J ü p t n e r⁶⁶) einen Vortrag über die Anwendung der Lehren der physikalischen Chemie im Eisenhüttenwesen gehalten. Er betrachtet die Dissoziationsspannungen der verschiedenen Eisen- und Manganoxyde bei verschiedenen hohen Temperaturen und die Dissoziationsspannungen von Kohlenoxyd, Kohlensäure und Wasserdampf und wendet diese Anschauungen dann auf die Vorgänge im Hochofen an.

Über den augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse der Erstarrungs- und Erkaltungsvorgänge bei Eisenkohlenstofflegierungen referiert auf Grund verschiedener früherer Veröffentlichungen und eigener Versuche P. G o e r e n s⁶⁷). Die Frage dreht sich zunächst um das Zustandsdiagramm der Eisenkohlenstofflegierungen. Für graphitfreie Legierungen hat sich das R o o z e b o o m - B e n e d i c k s sche Diagramm am besten bewährt; aber auch die graphit- und temperkohlehaltigen Systeme lassen sich auf ein ebenso einfaches Diagramm beziehen, wenn man die Annahme macht, daß der Graphit ein Bestandteil ist, welcher durch Zersetzung des Zementits sekundär gebildet wird. Weitere Versuche betreffen den Einfluß der thermischen Behandlung auf das Gefüge der Eisenkohlenstofflegierungen. Mit der Härite der Gefügebestandteile befaßt sich B o y n t o n⁶⁸), mit den Gefügebestandteilen gehärteter Stähle P. B r e u i l⁶⁹), den Zusammenhang zwischen Bruchaussehen und Kleingefüge von Stahlproben erläutert B a n n i s t e r⁷⁰). Über eine neue Eisenkohlenstoffphase, den Osmondit, berichtet H o w e⁷¹), die Struktur des Schweißeisens betrachtet A. S a u v e u r⁷²). Den Einfluß des Siliciums auf das System Eisenkohlenstoff untersuchten Wüst und P e t e r s e n⁷³), den des Chroms auf die Lösungsfähigkeit des Eisens für Kohlenstoff und die Graphitbildung G o e r e n s und S t a d e l e r⁷⁴). Weitere Beiträge zur Metallographie des Roheisens lieferten H e y n und B a u e r⁷⁵), den Hartguß untersuchten chemisch und metallographisch W e d d i n g und C r a m e r⁷⁶). Charpy prüft den Einfluß der Wärme auf die Sprödigkeit der Metalle⁷⁷), B r a u n e⁷⁸) den Einfluß des Stickstoffs auf Eisen und Stahl. H o r t⁷⁹) studiert

die Wärmevorgänge beim Längen von Metallen, F o u r n e l⁸⁰) die Änderung des elektrischen Widerstandes von Stahlsorten. Erwähnt sei auch noch ein Bericht W e d d i n g s über das Nickel-eisen⁸¹).

S c h e n k, S e m i l l e r und F a l c k e⁸²) haben die Reduktion und Carbidbildung beim Eisen studiert durch Gleichgewichtsbestimmungen verschiedener Systeme. Eine größere Arbeit über das Härteln des Stahles hat D e m o z a y geliefert.

Eine ganze Reihe Arbeiten betreffen das Studium der Legierungen des Eisens mit anderen Metallen, mit Zinn⁸³), mit Gold⁸⁴), mit Wolfram⁸⁵), mit Blei, Cadmium, Wismut⁸⁶), mit Platin⁸⁷), mit Bor⁸⁸), mit Arsen⁸⁹), Chrom⁹⁰), Molybdän⁹¹), Zink⁹²), Schwefel⁹³). Sehr nützlich sind auch die von R i c h a r d s verfaßten metallurgischen Berechnungen, welche u. a. den Bessemer- und Martinprozeß betreffen⁹⁴).

Über die neueren Wasserbestimmungs- verfahren mit Hilfe der Destillation.¹⁾

Von C A R L G. S C H W A L B E - D a r m s t a d t .

Eingeg. 13.10. 1908.)

J. F. H o f f m a n n beschäftigt sich in einem gleichbetitelten Aufsatz auch mit der von mir für Wasserbestimmung in Cellulosematerialien vorgeschlagenen Kupferretorte nebst gekühlter Meßröhre als Vorlage. H o f f m a n n gibt auf Seite 2097 an, daß für die Wasserkühlung der Meßröhre fließendes Wasser erforderlich sei, der Apparat dadurch aber seine Beweglichkeit verliere. Die Annahme, daß fließendes Kühlwasser nötig ist, trifft nicht zu. Der Irrtum ist offenbar durch die Abbildung des Apparates (Seite 401 dieser Z.) entstanden. Auf dieser Abbildung ist das Kühlgefäß mit Zu- und Abfluß ausgerüstet. Ich gab aber schon damals (S. 401) an, daß die Meßröhre in einen Standeylinder mit Kühlwasser eingesenkt wird, „den man ev. mit Zu- und Abfluß frischen Kühlwassers für heiße Sommermonate versehen kann.“ Häufige Erprobung des Apparates hat aber gelehrt, daß selbst im heißen Sommer eine Erneuerung des Kühlwassers während einer Destillation nicht erforderlich ist, wenn man nur den Standzyylinder genügend groß wählt. Bei

⁶⁵⁾ Electroch. Metall. Ind. (1907), 366.

⁶⁶⁾ Metallurgie (1907), 703.

⁶⁷⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1093; Metallurgie (1906), 175 u. (1907), 137, 173.

⁶⁸⁾ Iron and Steel Institut II, 287 (1906).

⁶⁹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1507; Metallurgie (1907), 59.

⁷⁰⁾ Stahl u. Eisen (1907), 88.

⁷¹⁾ Electroch. a. Metall. Industry (1907), 347.

⁷²⁾ Electroch. a. Metall. Industry (1907), 119.

⁷³⁾ Stahl u. Eisen (1907), 482.

⁷⁴⁾ Metallurgie (1907), 18.

⁷⁵⁾ Stahl u. Eisen (1907), 1564, 1620.

⁷⁶⁾ Stahl u. Eisen (1907), 833, 867.

⁷⁷⁾ Compt. rend. d. Soc. Ing. Civ. (1906), 562.

⁷⁸⁾ Stahl u. Eisen (1907), 75.

⁷⁹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 35.

⁸⁰⁾ Compt. r. d. Acad. v. sciences 143, 287 (1906).

⁸¹⁾ Stahl u. Eisen (1907), 195.

⁸²⁾ Berl. Berichte 40, 1704 (1907).

⁸³⁾ Metallurgie (1907), 469.

⁸⁴⁾ Metallurgie (1907), 469.

⁸⁵⁾ Metallurgie (1907), 617.

⁸⁶⁾ Metallurgie (1907), 817.

⁸⁷⁾ Metallurgie (1907), 818.

⁸⁸⁾ Metallurgie (1907), 850.

⁸⁹⁾ Metallurgie (1907), 129.

⁹⁰⁾ Z. anorg. Chem. 55, 409 (1907).

⁹¹⁾ Z. anorg. Chem. 55, 386 (1907).

⁹²⁾ Rev. de Métall. (1906), 701.

⁹³⁾ Z. anorg. Chem. 49, 320 (1907).

⁹⁴⁾ Electroch. a. Metall. Ind. (1907), 11, 44, 79, 129.

¹⁾ Vgl. diese Z. 21, 401 (1908).