



## Steiermarks Eisenindustrie.

Von **Joseph von Ehrenwerth**, Professor an der k. k. Bergakademie zu Leoben.

**D**er vorliegende Bericht über die Eisenindustrie der Steiermark soll eine Landesausstellung begleiten, die weniger bezweckt, Fachleute selbst über den Stand ihrer eigenen Gewerbe und Industrien aufzuklären, der ihnen ohnehin bekannt ist, als vielmehr den breiten Schichten der Bevölkerung und insbesondere den Consumenten die Erzeugnisse des Landes vorzuführen, und ein Bild der verschiedenen Gewerbe- und Industriezweige der Gegenwart zu bieten, um die Unternehmungslust zu heben. Er muss daher Jedem verständlich sein, der Veranlassung und Lust oder Bedürfniss hat, sich, für seine Ziele ausreichend, näher einzuweihen; anders verfehlt er seinen Zweck.

Diese Auffassung veranlasste mich, dem eigentlichen Berichte über Steiermarks Eisenindustrie eine gedrängte Behandlung des modernen Eisenhüttenwesens — die Grundzüge einer modernen Eisenhüttenkunde in populärer Form — wenn man so sagen will, vorzuschicken, welche Jedem verständlich ist, der nur einige Classen der Mittel- oder Bürgerschule durchgemacht hat.

Bei ihrer Abfassung hatte ich in erster Linie an Consumenten gedacht, welche über die Eignung der von ihnen zu verwendenden Materialien durch Einblick in ihre Entstehung auch einen gewissen Grad eigener Ueberzeugung haben sollen, der allein Vorurtheile zu beseitigen im Stande ist.

Obgleich für Laien berechnet, dürfte diese Arbeit auch für Fachleute nicht ganz ohne Interesse sein, denn Anordnung des Stoffes wie

Behandlung sind neu, und manches Gebiet, so beispielsweise das dunkle der Herdfrischerei, gewinnt in dieser Behandlung und Auffassung an Licht und Durchsichtigkeit.

Aus diesem Grunde soll auch durch Erweiterung dieses kurzen Abrisses seinerzeit ein Fachwerk gebildet werden.

Möge er einstweilen den Zweck erfüllen, den sich der Verfasser gegenwärtig vorgesetzt hat: den Bericht über die Eisenindustrie, die wichtigste Industrie der Steiermark, Laien verständlicher zu machen, um ihm ein höheres Interesse zu verleihen.

## I. Theil.

### Grundzüge des modernen Eisenhüttenwesens in populärer Form.

#### I. Handelseisen und dessen Bestandtheile.

Jedermann weiss heute, dass es von dem, was man mit dem Namen Eisen bezeichnet, drei in ihren Eigenschaften wesentlich abweichende Arten: Roheisen, Stahl und Eisen, gibt.

Aber dass die Hauptursache dieser Verschiedenheiten die Kohle ist, und inwieferne andere Elemente mit Einfluss nehmen, und mitunter selbst in höchst unbedeutenden Mengen grosse Wirkungen hervorbringen, und wie die verschiedenen Arten Eisen dargestellt werden, ist doch zumeist nur Fachleuten oder allenfalls noch Solchen, die Eisen verarbeiten, näher bekannt.

Eisen mit mehr als 2% (bis 5%) Kohle ist weder im kalten noch im warmen Zustande hämmer- oder streckbar, fest gegen Druck, aber wenig fest gegen Zug, erhitzt, besonders schwach, und geht bei höherer Temperatur (1100 bis 1200° C.) fast plötzlich vom festen Zustande in den flüssigen über. Man nennt es „Roheisen“.

Mit Abnahme des Kohlengehaltes wird es von jener Grenze an immer besser hämmer- und streckbar, geht, einen teigigen Zustand durchlaufend, in dem sich getrennte Stücke mechanisch vereinigen lassen, immer allmählicher vom festen in den flüssigen Zustand über, den reines Eisen bei 1600° C. annimmt, und wird so zum schmiedbaren (und schweissbaren) Eisen. Die Festigkeit gegen Druck und Zug, welche bei ungefähr 1% Kohle am grössten sind, nimmt wieder ab, das Metall wird immer weicher und zäher. Es verliert aber auch immer mehr, und bei 0.5% Kohle endlich ganz, die wunderbare Eigenschaft, durch rasche Abkühlung merklich härter zu werden, die Härbarkeit, und theilt sich damit in seinen schmiedbaren Sorten wieder in zwei Gruppen, in „Stahl“ und „Eisen“.

Diese hervorragende und wichtige Wirkung des Kohlenstoffes wird jedoch durch andere Verunreinigungen, wie z. B. Silicium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Wolfram und Chrom, mehr oder weniger modificirt, ja, nach Umständen sogar so überdeckt, dass diese Elemente die Verwendbarkeit des Eisens bestimmen.

Silicium ersetzt in gewissem Grade die Kohle und veranlasst, mit der Menge zunehmend, die theilweise Ausscheidung derselben im Momente des Erstarrens in grauschwarzen Blättchen — als Graphit —, und damit im Roheisen das Entstehen gemischtfarbiger, halbrirter und grauer Sorten, der Materialien für den so wichtigen Eisenguss — des Giessereiroheisens. Aber im schmiedbaren Eisen ist es im Allgemeinen ein unerwünschter Gast, und besonders im weichen Eisen, denn es mindert die Zähigkeit, verursacht grobkristallinische Textur und fördert damit die Brüchigkeit (Kaltbruch), während es andererseits das Eisen härter macht, aber die Härbarkeit mindert.

Fast entgegengesetzt wirkt Mangan, ein dem Eisen sehr nahe verwandtes Metall. Es begünstigt die Bindung des Kohlenstoffes, wirkt also dessen Ausscheidung als Graphit und damit der Bildung grauer Roheisensorten entgegen, indem es gleichzeitig Härbarkeit wie Härte, sowohl des Roheisens wie des Stahles, erhöht.

Während es im Roheisen die Absonderung in blanken, spiegelnden, flachen Krystallen fördert, und so bei grösserer Menge (von 8% an) die Bildung von sogenanntem Spiegeleisen herbeiführt, gibt es unter Erhöhung der Festigkeit ganz entgegengesetzt wieder dem Stahle ein sammtartig mattes, gleichmässig feines Korn und wird so zu einem erwünschten Bestandtheile mancher Roheisen- und Stahlsorten. Da es aber gleich Silicium Härte und Sprödigkeit vermehrt, ist es in weichen Sorten nicht willkommen.

Phosphor macht Roheisen dünnflüssig, dicht im Gusse und leicht bearbeitbar. Er wird so zu einem werthvollen Bestandtheile mancher Gussroheisensorten, die wenig Festigkeit erfordern (Kunstguss, leichter Maschinenguss), und da er den Schmelzpunkt des Eisens herabsetzt und dadurch dessen Schweissbarkeit erhöht, ist er in geringer Menge (ca. 0.1 bis 0.2%) sogar in Schmiedeisensorten für solche Zwecke erwünscht, wo diese Eigenschaft eine Hauptrolle spielt. Aber er gibt dem Eisen unter Erhöhung der Härte eine grobkristallinische Textur und macht es im kalten Zustande spröde — kaltbrüchig — und darum ist er im Allgemeinen im schmiedbaren Eisen und besonders im Stahle verpönt.

Im Gusseisen ist selbst der Schwefel mitunter willkommen, indem er, in geringer Menge vorhanden, dessen Festigkeit erhöht. Aber gleichzeitig erhöht er die Neigung zu Rost, und im schmiedbaren Eisen ist er

das schädlichste aller genannten Elemente. Schon wenige 100<sup>stel</sup> Procente machen es in Wärme unbearbeitbar — rothbrüchig — und selbst Eisen für toleranteste Zwecke verträgt davon kaum 0·1%, und dies nur dann, wenn gleichzeitig eine gewisse Menge Mangan vorhanden ist, welches sowohl dem ungünstigen Einflusse dieses Elementes, wie des Phosphors und insbesondere des Siliciums, entgegenwirkt, und dadurch zu einem höchst werthvollen Bestandtheile selbst mancher Sorten harten Eisens geworden ist.

Wolfram verleiht dem Stahl sehr feines Korn und ausserordentliche Härte. Aehnlich wirkt auch Chrom.

### Beispiele verschiedener Sorten Eisen:

	Roheisen				Stahl			Eisen	
	genau für Besse-meri	halbirt für Guss	weiss für Frisch-Process	für den Thomas-Process	Kohlen- stahl	Mangan- stahl	Wolf- ram	Fein- korn	Weich- eisen
Kohlenstoff gbd.	0·50	1·50	3·50	3·00	0·90	0·70	1·20	0·40	0·05
Graphit . . . .	3·50	2·00	—	—	—	—	—	—	—
Silicium . . . .	2·00	1·00	0·30	0·50	0·10	0·43	0·20	0·04	0·03
Mangan . . . .	3 00	1·20	1·00	1·50	0·12	2·33	0·34	0·03	0·02
Phosphor . . . .	0·05	0·20	0·05	2·00	0·02	0·04	0·04	0·05	0·08
Schwefel . . . .	0·03	0·05	0·03	0·03	0·02	0·02	0·02	0·02	0·02
Wolfram . . . .	—	—	—	—	—	—	6·45	—	—
Summe . . . .	9·08	5·95	4·88	7·03	1·16	3·52	8·25	0·54	0·20
Eisen . . . .	90·92	94·05	95·12	92·97	98·84	96·48	91·75	99·46	99·80
Summe . . . .	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## II. Erze und Eisenerzeugung im Allgemeinen.

Alle Eisenerze enthalten das Eisen gebunden an Sauerstoff, als Oxyd. Allein nur selten kommt dieses rein vor. Es ist fast ausnahmslos von irdigen Beimengungen, welche zumeist aus Kieselsäure, Thonerde, Kalk, Magnesia etc. bestehen und nebstdem verschiedene Mengen Phosphorsäure, auch wohl Schwefelsäure enthalten, begleitet, und führt überdies häufig Manganoxyde und Schwefelverbindungen mit sich.

Um daraus Eisen zu erzeugen, müssen daher zwei Bedingungen erfüllt werden. Man muss

1. das Metall vom Sauerstoffe trennen, reduciren; und
2. die Begleiter für sich absondern, was durch Schmelzung erfolgt, wobei sich jene zur Schlacke vereinigen, die, leichter als Eisen, über diesem schwimmt und für sich entfernt werden kann.

Bei Durchführung dieser Prozesse, die nebeneinander vor sich gehen, werden indes nebst Eisen auch mehr oder weniger Mangan, Silicium, Phosphor und Schwefel reducirt und, nebst Kohle, vom Eisen aufgenommen, welches daher stets mehr oder weniger verunreinigt ist, u. zw. umso mehr, je mehr die reducirende Wirkung zur Geltung kommt.

### III. Roheisenerzeugung, Hochofenprocess.

Die Erzeugung des Roheisens erfolgt in den sogenannten Hochöfen, hohen Schachtöfen mit Gebläsebetrieb, in welchen Erze mit Zuschlag (Beschickung) in abwechselnden Lagen mit Brennstoff gestürzt (gegichtet) werden. Während des Niedergehens von der Gicht bis zu den Formen, durch welche der Wind einströmt, sind die Erze der Einwirkung der aufströmenden Gase ausgesetzt, deren wirksamsten Bestandtheil das Kohlenoxyd bildet, welches zufolge seiner Neigung, zu Kohlensäure ( $CO_2$ ) zu verbrennen, die Erze reducirt, und so die Bildung von Eisen bewirkt.

Da aber Gase wie Erze in beständiger Berührung mit fester glühender Kohle sind, wird ebensowohl die durch die Reduction gebildete Kohlensäure wieder zu neuerlich wirksamem Kohlenoxyd rückverbrannt, als auch in den untersten, heissesten Zonen ein Theil der Reduction durch feste Kohle selbst — „direct“ — bewirkt.

Kräftig reducirende Wirkung ist die Charakteristik dieses Processes. Und darum werden, wenn in den Erzen vorhanden, nebst Eisen nach Umständen immer auch mehr oder weniger Mangan, Silicium, Schwefel, und jederzeit aller Phosphor reducirt und ins Eisen übergeführt, das überdies stets mit Kohle sich sättigt, und nebst Schlacke als Roheisen im unteren Theile des Ofens sich ansammelt, aus dem es von Zeit zu Zeit durch den Abstich entfernt wird.

Je reicher die Beschickung an reducirbaren Elementen, desto unreiner wird auch das Roheisen.

Aber auf seine Zusammensetzung nimmt insbesondere auch die Temperatur einen wesentlichen Einfluss, mit deren Zunahme sowohl die Mengen Kohle, als Silicium und Mangan sich erhöhen, von denen letztere Beide nur in den heissesten Zonen des Ofens und zumeist durch feste Kohle reducirt werden.

So erklärt es sich, dass man durch Aenderung der Beschickung, der Brennstoffmenge und der Windverhältnisse, verschiedene Sorten Roheisen erzeugen kann, aber auch, dass man durch Anwendung von Coaks oder Mineralkohlen an Stelle von Holzkohlen, wie durch Erwärmung des Windes, welche übrigens eine bedeutende Brennstoffersparung bewirkt,

insbesondere die Bildung grauer, manganreicher Sorten fördert, und dass solche stets höher zu stehen kommen als weisses Roheisen, welches mit dem geringsten Brennstoffaufwande erblasen werden kann.

#### IV. Die Erzeugung des schmiedbaren Eisens (Eisen und Stahl).

##### A. Allgemeine Grundsätze.

Dass Silicium und Mangan schwieriger reducirbar sind als Eisen, begründet, dass dieselben auch in höherem Maasse das Bestreben haben, sich mit Sauerstoff wieder zu vereinigen und daher auch eher wieder-verbrennen als dieses, ja dass sie sogar den Oxyden des Eisens den Sauerstoff entziehen, d. h. sie zu Eisen reduciren, um nur selbst zu verbrennen. Dasselbe ist beim Kohlenstoffe der Fall, welcher ja Eisen reducirt.

Somit muss es möglich sein, durch Oxydation alle drei Bestandtheile aus dem Roheisen wieder abzuscheiden, ehe das Eisen selbst verbrennt.

Während jedoch bei Oxydation nur Kohlenstoff in Gasform übergeht, und somit nur dieser aus festem Eisen abgeschieden werden kann, verlangen die anderen Elemente den flüssigen Zustand, um sich als Oxyd in der Schlacke vereinigen zu können.

Auch der Phosphor ist leichter oxydirbar als das Eisen, allein seine Verbindungen mit Metalloiden werden, wenn nicht hinreichend an Basen gebunden, durch Kieselsäure wieder rasch zerlegt, und *P* wieder leicht, reducirt und ins Eisen zurückgeführt. Für seine wirkliche Abscheidung muss daher entweder die gebildete, ihn enthaltende Schlacke vom Metalle entfernt, oder mit Basen, am besten Erdenbasen (Kalk, Magnesia), übersättigt werden.

Schwefel wird mehr bei reducirender Wirkung, als Schwefelmetall, Schwefelmangan, Schwefelcalcium, und Kupfer durch keinen der beiden Prozesse abgeschieden.

Darin liegen die Grundzüge aller Processe, welche die Darstellung schmiedbaren Metalles (Eisen oder Stahl) aus Roheisen zum Zwecke haben, und die man als „Frischprocesse“ benannt hat. Es sind durchaus Oxydationsprocesse, aber in Durchführung wie Erfolge verschieden, und unschwer ist zu erkennen, dass jene am raschesten und vollkommensten verlaufen müssen, bei denen die kleinsten Theilchen aufeinander einwirken können, d. h. die Massen, bis zum Ende im flüssigen Zustande verbleiben.

Zu diesen gehört in erster Reihe der Bessentierprocess, dem man in neuester Zeit auch den Namen Windfrischprocess gegeben hat.

## B. Primäre Prozesse.

### 1. Bessemern.

Der Bessemerprocess verwandelt Roheisen, das entweder unmittelbar dem Hochofen entnommen oder eigens umgeschmolzen wird, durch blosses Durchblasen von Luft in schmiedbares Metall (Eisen oder Stahl), das bis ans Ende in seiner ganzen Masse flüssig bleibt und daher in Formen gegossen werden kann. Zu seiner Durchführung sind, in mehrfachen Modificationen, zwei wesentlich verschiedene Apparate in Anwendung.

Der eine, Converter, Birne, auch Retorte oder englischer Bessemerofen genannt, ist ein mehr oder weniger birnförmiges, in zwei Axstummeln hängendes und um diese drehbares Gefäss, welches den Wind durch den Boden, den dicken Theil der Birne, erhält, während der dünne Theil derselben, Hals oder Schnauze benannt, zum Ausströmen der Gase dient.

Seine Form ist so construirt, dass bei ungefähr horizontaler Lage der Birnaxe das Metall noch hinreichend Raum im Converter hat, ohne an die Windlöcher (Düsen) des Bodens zu reichen. Hiedurch wird es möglich, den Process durch Abdrehen des Converters in jedem Momente zu unterbrechen, um Proben zu nehmen, Zusätze zu machen, das Metall abstehen zu lassen, bezw. den Process vollständig zu beenden.

Die mechanische Durchführung des Processes ist ausserordentlich einfach: Der entsprechend angewärmte Converter wird abgedreht, d. h. in horizontale Lage gebracht, mit flüssigem Roheisen chargirt, nachdem Wind gegeben ist, in die stehende Stellung gebracht, bei welcher der Wind das Bad durchströmt, und nun so lange in dieser belassen, bis der Process beendet oder die Zeit, Proben zu nehmen oder Zusätze zu machen, gekommen ist.

Nach vollständiger Vollendung wird endlich das fertige Metall in die Stahlpfanne ausgegossen und von dieser weiter in gusseiserne Formen (Coquillen) zu Blöcken vergossen.

Durch alleinige Wirkung des Sauerstoffes der Luft, deren Stickstoff unbenützt wieder entweicht, vollzieht sich im Metalle ein durch die brillante Flammenerscheinung der aus dem Halse der Retorte austretenden Gase ausgezeichneter Process, dessen Resultat die allmähliche Verbrennung und Abscheidung der Verunreinigungen ist, welche den Unterschied von Roheisen, Stahl und Eisen begründen.

Die ganze Führung des Processes besorgt ein Mann, der die Hebel für Bewegung der Retorte und Regulirung des Windstromes dirigirt, während er gleichzeitig den Verlauf und Stand des Processes beurtheilt.

Nur der Kohlenstoff gibt Flamme; und da die übrigen verunreinigenden Elemente, von etwa verdampfendem Mangan abgesehen, als Schlacke im

Converter verbleiben, charakterisirt der aus dem Retortenhalse austretende Gasstrom ebensowohl den Verlauf des Processes, wie, unter Hinblick auf die Zusammensetzung des verwendeten Roheisens, auch das gebildete Metall.<sup>1</sup>

Und da man im Stande ist, den Process in jedem beliebigen Momente zu unterbrechen, bezw. zu beenden, kann man so direct verschieden harte Sorten Stahl erzeugen. Man bezeichnet diesen Vorgang als directe Arbeit (schwedischen Process).

Derselbe Zweck kann aber auch erzielt werden, indem man das Metallbad gänzlich entkohlt und ihm dann wieder die gewünschte Menge Kohle und bezw. Silicium und Mangan beifügt, welchen Vorgang man als Arbeit mit Rückkohlen (englische Arbeit) bezeichnet.

Unschwer ist zu erkennen, dass die letzte Arbeit im Allgemeinen die verlässlichere, jedoch auch kostspieligere ist.<sup>2</sup>

Bei phosphorarmem Roheisen ist mit der entsprechenden Entkohlung auch der Process zu Ende.

<sup>1</sup> Während die schlackenbildenden Bestandtheile (Silicium, Mangan) verbrennen, kann nur der Stickstoff der eingeblasenen Luft entweichen und dem Halse der Retorte kann somit nur ein glühender, flammloser Gasstrom entströmen.

Dies ist, entsprechend dem oben Erwähnten, zumeist in der ersten Periode der Fall, welche man daher auch als Schlackenbildungsperiode bezeichnet.

Zufolge Abnahme jener Elemente im Metalle wird die Luft immer mehr zur Verbrennung des Kohlenstoffes verwendet, der als Kohlenoxyd das Metall verlässt und erst vom Halse der Retorte weg zu Kohlensäure verbrennt. Der Gasstrom wird zur Flamme, die immer länger, voller, heller und unruhiger wird, und endlich unter tumultuarischem Getöse im Converter, mitunter Schlacken und Metalltheile mitreißend, entweicht. Wir haben es mit der sogenannten Auswurfs- oder Eruptionsperiode zu thun.

Endlich wird mit der Abnahme des Kohlenstoffes die Flamme wieder ruhiger, kürzer, durchsichtiger und schwächer. Wir sind in der Frischperiode, die mit dem Ersterben der Flamme, der vollständigen Entfernung des Kohlenstoffes, zu Ende ist.

Nicht immer verläuft der Process in gleicher Art. Zusammensetzung des Roheisens, Temperatur und Windverhältnisse können ihn wesentlich modificiren. Insbesondere ist erwiesen, dass die Verbrennungsintensität des Siliciums mit Zunahme der Temperatur abnimmt, während jene des Kohlenstoffes damit steigt, sowie dass die Gegenwart von Mangan die Abscheidung des Siliciums in gewissem Maasse begünstigt. Auf solche Weise ist man auch in der Lage, die Verbrennung des Siliciums, unter Förderung der Kohlenstoffverbrennung in den früheren Perioden, zum Theile in die letzte Periode zu verlegen, d. h. kohlearmes Metall mit relativ hohem Siliciumgehalte zu erzeugen, was für Verarbeitung etwas phosphorhaltiger Roheisensorten auf noch brauchbare Sorten härteren Eisens von Werth ist, indem Phosphor wohl mit Silicium, nicht aber mit Kohlenstoff in gewissem Maasse sich verträgt.

<sup>2</sup> Uebrigens enthält entkohltes Metall immer Eisenoxyd gelöst, welches dasselbe brüchig, „kurz“, macht. Aus diesem Grunde erfordert solches Metall stets den Zusatz einer geringen Menge Mangan (Ferromangan), welches vermöge seiner stärkeren Neigung zur Oxydation das Eisenoxyd reducirt und solcherart das Metall davon befreit.



Enthält jedoch das Roheisen so viel Phosphor, dass dessen Abscheidung erwünscht oder nothwendig wird, dann muss der Process noch über die Entkohlung hinaus fortgesetzt, die sogenannte Periode des Nachblasens angeschlossen werden.<sup>1</sup>

Da die Abscheidung des Phosphors immer erst nach jener der Kohle erfolgt, ergibt sich auch, dass man durch diese Arbeit stets zunächst weichstes Eisen erhält, und somit Stahl nur auf dem Umwege durch dieses erzeugen kann, dass somit diesem Prozesse die Erzeugung weichen Eisens näher liegt als die des Stahles.

Damit die Periode der Entphosphorung überhaupt eintreten kann, muss jedoch die, Eingangs angeführte Bedingung, Bildung basischer, u. zw. für vollkommene Durchführung, erdenbasischer Schlacke, erfüllt werden. Da nun eine solche nur bestehen kann, wenn die feuerfeste Ausfütterung der Retorte entweder gar nicht angegriffen wird, oder ebenfalls Basen im Uebermaasse enthält, erfordert der Entphosphorungsprocess: neutrale oder basische Ausfütterung der Retorte (mit magnesia- oder kalkreichen Materialien), während der gewöhnliche Bessemerprocess in Retorten durchgeführt wird, deren Ausfütterung aus sauren, d. h. kieselsäurereichen, feuerfesten Materialien besteht.

Solcherart scheidet sich der Windfrischprocess in zwei Richtungen, in den sauren oder gewöhnlichen Bessemerprocess (erfunden 1856), und in den basischen oder, wie er nach seinen Erfindern auch heisst, Thomas-Gilchrist-Process, welcher, im Jahre 1879 erfunden, eine vollständige Umwälzung im Eisenhüttenwesen hervorgebracht hat.<sup>2</sup>

Der zweite Apparat ist bei sonst ähnlicher Form feststehend und erhält den Wind durch am Umfange angebrachte Düsen. Eine Unterbrechung

<sup>1</sup> Da sämmtlicher Phosphor in der Schlacke verbleibt, ist auch diese Periode flammlos, daher deren Ende nur auf Grund von Erfahrung und Metallproben bestimmbar.

<sup>2</sup> Anscheinend arbeitet der Windfrischprocess ohne Brennstoff. Dies ist indes durchaus nicht der Fall, denn sein Brennstoff ist nur anderer Art als unsere gewöhnlichen Brennstoffe. Er liegt im Metalle selbst und besteht in den aus demselben sich ausscheidenden Verunreinigungen, Silicium (1·5 bis 2·5 %) und Phosphor (1·5 bis 2·5 %) und eventuell auch Mangan, nebst mehr oder weniger ebenfalls verbrennendem und in die Schlacke übergehendem Eisen.

Der erste dieser Brennstoffe ist auch keineswegs billig, denn um ihn ins Roheisen zu bringen, muss im Hochofenprocess ungefähr ein Fünftel bis ein Viertel mehr Brennstoff aufgewendet werden, als bei Erzeugung Si-armen weissen Eisens, und wird die Production wesentlich vermindert, weshalb auch Bessemerisen (graues Roheisen) stets um ungefähr 6 bis 10 fl. per Tonne theurer ist als weisses Roheisen.

Dagegen wird deshalb, weil P schon durch Gase reducirt und dabei weniger Wärme consumirt wird, als bei der directen Reduction des Siliciums durch festen Brennstoff, phosphorhaltiges Roheisen fast mit demselben Brennstoffaufwande und folglich auch fast gleich theuer erzeugt, wie weisses Roheisen.

des Processes ist demnach unmöglich und die Beendigung desselben muss durch sofortiges Ablassen des Metalles erfolgen. Man benennt diesen Apparat als fixen, oder schwedischen Converter. Er ist neuerer Zeit als Clapp-Griffiths-Converter wieder mehr in Anwendung gekommen.

## 2. Die Herdfrischerei.

Den Oxydationsprocess des Frischens kann man auch dadurch durchführen, dass man das Roheisen in einer mit Brennstoff gefüllten Grube (Herd) unter Wirkung des Windes einschmilzt. Und da dieser Vorgang der ältesten Methode der Eisenerzeugung sehr nahe liegt, ist auch die Herdfrischerei der älteste aller der vielen Prozesse zur Erzeugung schmiedbaren Eisens.

Die Frischherde oder Frischfeuer sind derzeit stets aus Gusseisenplatten gebaut, oben, je nachdem, mit einer bis zu vier (Schweden), Formen für die Windzuführung versehen, und bis auf die Arbeitsöffnung und Gasabführung geschlossen.

Da der Wind umso intensiver wirken muss, je mehr man das Roheisen demselben aussetzt, je flacher also das Feuer gebaut ist, und je mehr der Wind zur Wirkung auf das einschmelzende Eisen kommt, ist auch klar, dass man sowohl durch geeigneten Bau des Feuers wie entsprechenden Betrieb, den Process reguliren, und bei Wahl des passenden Roheisens durch den Herdfrischprocess ebensowohl Stahl als Eisen darstellen kann.

Reines, ohnedies kohlenarmes Roheisen kann durch ein einziges Niederschmelzen fertiggefrischt werden. Dies ist beispielsweise bei der sogenannten steirischen Stahlarbeit der Fall.

Unreine, kohlereiche Roheisensorten verlangen jedoch ein mehrmaliges Niederschmelzen (Mehrmalschmelzereien, Aufbrecharbeiten) oder eine Vorbereitung, die durch blosses Glühen, durch getrenntes Einschmelzen, unter oxydirender Wirkung der Flamme oder von Zuschlägen, erfolgen kann; und so complicirt sich dieser scheinbar so einfache Process dermaassen, dass bis in die Vierziger Jahre dieses Jahrhunderts an 30 Frischmethoden existirten.

Wie beim Bessemern wird auch hier der Process lediglich durch die Wirkung des Windes vollführt, welcher jedoch ebensowohl auf das einzuschmelzende Roheisen und den niederfallenden Tropfen (als Verbrennungsgas), wie auf das eingeschmolzene Eisen wirkt, das in der Nähe des Bodens in geringer Menge im flüssigen Zustande vorhanden ist und durch den Windstrom unmittelbar getroffen wird.

Die Arbeit des Frischers besteht nur darin, Einschmelzen und Wirkung des Windes auf das flüssige Metall so zu reguliren, dass alle

Theile der ganzen Charge denselben Grad der Gaare erhalten, und so ein durch die ganze Masse möglichst gleichmässiges Product von gewünschter Härte gewonnen wird.

Sie ist eine rein mechanische, selbst ohne directen Einfluss auf den Process. Und da für sie keine anderen Anhaltspunkte als das Anfühlen des erstarrenden Eisens mit der Stange, sowie das Aussehen und Verhalten der an diese sich ansetzenden Metall- und Schlackentheilchen, nebst Beobachtung des vor der Form befindlichen flüssigen Eisens, gegeben ist, und der Process so geführt werden muss, dass das Metall gerade bei Eintritt der entsprechenden Härte erstarrt, setzt ihre richtige Durchführung grosse Erfahrung und Uebung voraus, während sie gleichzeitig grosse körperliche Kraft beansprucht.

So kommt es, dass dieser scheinbar so einfache Process zu den schwierigsten des ganzen Eisenhüttenwesens gehört, fast nur in der Hand des Arbeiters liegt, und der Ingenieur kaum anders auf denselben Einfluss nehmen kann, als durch Beschaffung guter Arbeiter und Aenderung des Feuerbaues.

Wäre er nicht so sehr in der Hand des Arbeiters gelegen, die Erfindung des Bessemerns hätte früher gemacht werden müssen; die Beobachtung der Form hätte dazu führen müssen! Denn in der That vollzieht sich im Frischfeuer nichts Anderes als der Bessemerprocess, nur dass derselbe an der kleinen Menge Metall durchgeführt wird, welche jeweilig in noch flüssigem Zustande vor der Form sich befindet, und dass im Frischfeuer mitunter erst in wiederholter Durchführung erzielt wird, was jener grosse Process an 100- bis 300 mal grösseren Mengen Metalles in einem Viertel der Zeit und selbst noch rascher in einem Zuge vollführt.

### 3. Der Puddlingsprocess.

Der Frischprocess erfordert verkohltes Brennmaterial und wird derzeit fast allgemein mit Holzkohle — ausnahmsweise auch mit Coaks — durchgeführt.

Mit dem steigenden Preise der Holzkohlen und der gleichzeitigen Erkenntniss des Werthes der mineralischen Brennstoffe musste sich selbstverständlich das Verlangen nach einer Frischmethode einstellen, welche mit diesem Brennstoffe durchgeführt werden konnte, und nicht mehr als natürlich ist es, dass diese Erfindung — das Puddeln — von jenem Lande ausging, welches bei Mangel an Holzkohle durch den Reichthum an Steinkohlen hiezu die intensivste Anregung erhielt, von England.

Auf dem mehr flachen Herde eines Ofens, welcher von Flamme durchzogen wird (Flammofen), und mit ein bis zwei Arbeitsthüren versehen ist, wird Roheisen eingeschmolzen und in flüssigem Zustande

unter mechanischem Durchrühren mit Krücken, welches das Einmengen im Process selbst gebildeter, auch wohl zum Theile eingetragener, eisenoxydreicher Schlacke bewirkt, in schmiedbares Metall umgewandelt.

Auch hier gelangt man vom flüssigen Roheisen zu festem Metalle. Während jedoch beim Frischprocess das Metall aus dem flüssigen Zustande allmählich sich ansetzt, erstarrt es hier, ehe noch die vollständige Gaare eingetreten ist, in seiner ganzen Masse zugleich, zu einer bröseligteiligen, bereits schweisbaren Masse, welche in diesem Zustande Stahlnatur besitzt.

In dem Momente beendet man den Process, wenn man zu Stahl gelangen will, indem man die Esse schliesst und so eine rauchige Flamme herbeiführt.

Ist jedoch der Zweck, Eisen zu machen, so wird die Masse zertheilt und gewendet, um alle ihre Theile nochmals möglichst gleichmässig der Flamme auszusetzen, und so durch deren Oxydationswirkung die weitere Verbrennung des Kohlenstoffes bis zum Entstehen von Feinkorn- oder weichem Eisen zu bewirken.

Die stahl- bzw. eisenartige Masse, welche mit dünnflüssiger Schlacke erfüllt ist, wird endlich zu mehreren Ballen (Luppen) geformt, welche zum Zwecke des Auspressens der Schlacke und Schweissens unter einem schweren Hammer gedrückt und endlich zu prismatischen Stücken (Masseln) geformt werden, die dann dem Schweissprocess und der weiteren mechanischen Verarbeitung auf Fertigeisen übergeben werden.

Boden und unterer Theil der Wände des Herdes sind aus Gusseisen gebaut und gekühlt, der Boden überdies mit schwerschmelziger Schlacke überdeckt, die sich auch an die Wände hinaufzieht, während der Ofen im Uebrigen aus gewöhnlichen feuerfesten Materialien hergestellt ist.

#### 4. Gasfeuerung, Siemensöfen.

Im gewöhnlichen Leben und bei vielen industriellen Heizungen wird fester Brennstoff sofort möglichst vollkommen verbrannt. Bei der Gasfeuerung dagegen verwandelt man denselben zunächst in brennbare Gase ( $CO$ ), und benützt erst diese als eigentlichen Brennstoff. Das erstere erfolgt durch unvollkommene Verbrennung in sogenannten Generatoren; die Verbrennung dieser Gase aber ist je nach dem Zwecke verschieden.

Zur Erzielung hoher Temperaturen, wie sie besonders im Eisenhüttenwesen zur Anwendung kommen, ist die effectvollste Einrichtung die sogenannte Siemens-Regenerativ-Gasfeuerung, welche 1861 in die Praxis Eingang fand und seitdem eine enorme Verbreitung gefunden hat.

Ihre Wirkung beruht auf möglichst hoher Vorwärmung von Heizgas und Verbrennungsluft mittelst der aus dem Ofen abziehenden heissen

Verbrennungsgase. Um diese zu erzielen, steht der Ofen an beiden Enden mit je zwei Kammern (Regeneratoren) in Verbindung, welche mit Gitterwerken aus feuerfesten Steinen ausgefüllt sind, und von denen eine für Erwärmung von Heizgas, die andere für Erwärmung von Verbrennungsluft dient. Indem man abwechselnd ein Kammerpaar mit der Esse, das zweite mit der Gasleitung, bezw. mit der Luftzuleitung in Verbindung bringt, und den Strom periodisch wechselt (Wechselstrom), wird so stets ein Kammerpaar mit den abziehenden Ofengasen gehitzt, während das zweite die zuvor aufgenommene Wärme an Heizgas und Verbrennungsluft abgibt und diese nahe auf die Temperatur der Abgase vorwärmt.

Hiedurch wurde es möglich, selbst unter Anwendung minderer Brennstoffe Temperaturen zu erzeugen, bei denen weichstes Eisen vollständig dünnflüssig einschmilzt, und damit war — abgesehen von bedeutender Brennstoffersparung (an 50 %) auch bei anderen Processen — auch die Möglichkeit für die Darstellung von flüssigem schmiedbarem Eisen im Flammofen gegeben, welche in ihrer bisherigen Durchführung eine Erfindung der Gebrüder Martin ist, zuerst 1866 in die Praxis Eingang fand und seitdem eine grosse Verbreitung und Wichtigkeit erlangt hat.

#### 5. Martinprocess.

Im Wesentlichen besteht dieser Process in einem Zusammenschmelzen stahlgebender Materialien, wie Roheisen mit schmiedbarem Eisen, Abfällen (Alteisen), eventuell auch Erzen in einem Siemens-Flammofen mit vertieftem Herde und seitlichem Abstiche.

Seine mechanische Durchführung ist ausserordentlich einfach. Roh-eisen und schmiedbares Eisen, Alteisen, Eisenabfälle, beim basischen Process auch etwas Kalkzuschlag, werden je nachdem in verschiedenen Procentsätzen entweder auf einmal oder in mehreren Partien eingetragen, und, nachdem sie eingeschmolzen sind, noch so lange im Ofen gelassen, bis das Metall den gewünschten Grad der Gaare erhalten hat und entsprechend heiss und ruhig geworden ist. Hierüber geben Beobachtungen und Proben ein sicheres Anhalten. Das Metall wird dann entweder im Ofen oder in der Pfanne auf die gewünschte Härte rückgeköhlt, mit den nöthigen Zusätzen versehen, und wie Bessemermetall vergossen.

Gleich den vorhergehenden Processen, ist auch dieser ein Oxydations-process. Auch kann durch ihn ebensowohl Stahl als weiches Eisen erzeugt werden. Da aber die Oxydation der Flamme nach dem Einschmelzen nur auf der Oberfläche des Bades thätig sein kann, ist die Wirkung derselben eine mildere, weshalb der Uebergang vom harten Stahle zu Eisen langsamer erfolgt als beim Bessemerprocess.

Je nachdem der Herd aus kieselsäurereichen (Dinassteinen) oder basischen Materialien (Magnesit, Dolomit, Chromeisenstein) hergestellt ist, unterscheidet man auch hier eine saure (gewöhnlicher Martinprocess) und eine basische Modification (basischer Martinprocess), von welchen für den Zweck der Entphosphorung letztere allein anwendbar ist.

Wie bei jenem basischen Prozesse, wird auch bei diesem hartes Metall nur auf dem Umwege durch weichstes Eisen erzeugt, welcher Weg auch beim sauren Prozesse der gewöhnliche ist.

Bei Mangel an Abfällen, Alteisen, kann man solche theilweise, oder auch wohl ganz, durch Erze ersetzen (Erz-Martinprocess), für welche Arbeiten, der besseren Widerstandsfähigkeit gegen die Schlacke halber, der basische Ofen vor dem anderen stets den Vorzug hat.

#### 6. Trockenfrischen, Glühstahlerzeugung.

Während bei allen bisherigen Processen das Metall den flüssigen Zustand durchläuft oder selbst bis ans Ende behält, ist dies beim Trockenfrischen nicht der Fall. Deshalb kann aber durch diesen Process im Wesentlichen auch nur Kohle abgeschieden werden.

Um den Process durchzuführen, bettet man Lamellen von Roheisen (weissen oder halbirtem), — bei Erzeugung von Temperguss die betreffenden Gusswaren, — mit sauerstoffabgebenden Materialien — geröstete Eisenerze, Hammerschlag — in gemauerte Kisten (Cementstahlofen) oder Tiegel ein, und setzt diese eine entsprechende Zeit — bei Glühstahlerzeugung an vier bis fünf Wochen — einer guten Glühhitze aus.

Die Kohle wird nur aussen verbrannt. Da sie aber andererseits das Bestreben hat, sich im festen Metalle gleichmässig zu vertheilen, gibt das kohlenreiche Innere immer wieder Kohle nach aussen ab, bis endlich das ganze Stück entsprechend kohlearm geworden ist.

Dem ganz entsprechend, behält, bis man zu ganz weichem Eisen gelangt, das Stück stets einen nach innen zunehmenden Kohlengehalt, also bei weicherer Oberfläche einen härteren Kern.

### C. Secundäre Prozesse.

#### 1. Cementstahlerzeugung.

Kohlearmes Eisen nimmt, in Berührung mit fester Kohle erhitzt, solche wieder auf, u. zw. umso mehr, je länger die Dauer des Processes und je höher die dafür angewendete Temperatur ist. Darauf beruht der Process der Cementstahlerzeugung.

Schmiedeseisen in Stangenform wird in abwechselnden Lagen mit Holzkohlenklein in feuerfeste Kisten eingebettet, die, oben gut gedeckt, in eigenen Oefen von allen Seiten gleichmässig erwärmt werden.

Nach 8 bis 12 Tagen erhält man Stahl von 0·8 bis 1·2% Kohlengehalt, und im Uebrigen von der Zusammensetzung des eingesetzten Eisens, der, bis die Maximalkohlung bei einer gegebenen Temperatur erreicht ist, aussen kohlenreicher, also härter ist, als innen.

Die Aufnahme der Kohle erfolgt besonders gierig, wenn sich das Metall im heissflüssigen Zustande befindet. Auch vertheilt sich in dem Falle die Kohle gleichmässiger und kann eine höhere Kohlunng, ungefähr bis zu  $4\frac{1}{2}\%$ , erreicht werden.

Dieser Process der Kohlunng flüssigen Metalles, auf den Verfasser vor sechs Jahren aufmerksam machte, fand erst in der letzten Zeit in der Praxis Eingang, hat aber bereits ziemliche Bedeutung gewonnen.

## 2. Gussstahl.

Das Studium der Gussstahlfabrikation führt uns zurück in das vorige Jahrhundert. Benjamin Huntsman, ein Uhrmacher in der Gegend von Sheffield, wurde durch die Nachtheile, welche mechanische Verunreinigungen und Ungleichmässigkeiten in den bisherigen Stahlsorten, bei der Erzeugung feiner Uhrfedern veranlassten, auf den Gedanken geführt, das Material durch Umschmelzen schlackenfrei zu machen, und erzeugte zuerst flüssigen Stahl.

Noch gegenwärtig wird Gussstahl in ganz ähnlicher Weise wie damals erzeugt.

Stahlgebende Materialien, als: Frisch-, Puddel-, Cement-, Glühstahl, in neuerer Zeit auch Bessemerstahl, für sich oder gatirt mit weichem Eisen, auch wohl mit Roheisen und weichem Eisen, oder diese beiden allein, Roheisen und Eisenerze (Uchatiusstahl), endlich weiches Eisen, oder reine reiche Erze, denen eine entsprechende Menge Kohle beigemengt wird, werden in Tiegeln aus feuerfester Masse (Thon, Graphit und Thon etc.) in Quantitäten von ca. 30 bis 50 kg umgeschmolzen.

Hiezu sind, wie in alter Zeit, auch noch heute zum Theile wenig über die Tiegel hinaufreichende kleine Schachtöfen, die mit verkohlten Brennmaterialien, Coaks, Holzkohlen, geheizt werden, in Anwendung, doch ist man neuerer Zeit vielfach zu Siemens-Flammöfen übergegangen.

Das so erhaltene flüssige Product kann in beliebige Formen gegossen werden (Gussstahl-Guss), oder wird, für den Fall weiterer mechanischer Verarbeitung, durch Erstarrenlassen im Tiegel selbst, oder Ausgiessen in gusseiserne Coquillen, in Blockform gebracht.

## D. Arbeit auf Stahl und Arbeit auf Eisen.

Sobald das Rohmaterial entsprechend rein von schädlichen Verunreinigungen ist, kann durch die Flusseisenprocesse ohne Aenderung

an der Einrichtung sowohl Eisen als Stahl von sehr guter Qualität erzeugt werden.

Anders ist dies bei den primären Processen zur Erzeugung von Schweissmetall.

Während Eisen zum Zwecke billiger Darstellung rasche Arbeit, also auch rasche Frischung erfordert, und solche, da überhaupt ein kohlearmes Product entsteht, auch zulässig ist, schliesst Stahl, der vor Allem einen durchaus gleichen Kohlengehalt haben soll, die energische Frischung aus.

Derselben kann aber auf dreierlei Art entgegengewirkt werden: 1. durch den Bau der Oefen, 2. durch die Zusammensetzung der Schlacke, bezw. Wahl richtiger Rohmaterialien, und 3. durch die Führung des Processes.

Man legt demgemäss bei Frischfeuern und Puddelöfen für die Stahlarbeit den Boden tiefer und schwächt ausserdem bei ersteren die Wirkung des Windes.

Die frischende Wirkung der Schlacke wird durch ihren Gehalt an Eisenoxyden bedingt, welche in ihrer Reaction auf kohlehaltiges Metall die Kohle verbrennen, während sich das Eisen reducirt und ins Metall zurückkehrt.

Die Frischung ist daher umso milder, je eisenärmer die Schlacke ist und je mehr sich dieselbe vom Metall absondern kann. Diese Bedingungen können aber dadurch erfüllt werden, dass man das Eisenoxydul der Schlacke durch Manganoxydul ersetzt, welches als stärkere Base ersteres verdrängt, und zugleich dünnflüssigere Schlacken bildet.

Und da Stahl gegen Verunreinigungen viel empfindlicher ist als Eisen, erfordert daher die Erzeugung von Stahl durch die Schweissmetallprocesse: reines kohlereiches Roheisen von möglichst constanter Zusammensetzung, unter allen Umständen einen gewissen Halt an Mangan und allmählichere Arbeit.

#### E. Directe Eisenerzeugung.

Mit den besprochenen Processen sind die modernen Eisenerzeugungsmethoden erschöpft.

Jedem Denkenden muss es auffallen, dass man, um schiedbares Eisen zu gewinnen, in unserer technisch so vorgeschrittenen Zeit noch immer zuerst Roheisen, ein an Kohle und anderen Verunreinigungen reiches Product, erzeugt, um dieses dann durch weitere, mitunter sehr kostspielige Processe, wieder in kohlearmes, schiedbares Product überzuführen, während es doch so naheliegt, Solches direct aus den Erzen zu erzeugen.



In der That ist die directe Arbeit auf schiedbares Product der älteste Process der Eisenerzeugung, und bei uncultivirten Völkern — in Afrika — heute noch der einzige, ja er ist sogar im cultivirten Amerika und in Spanien heute noch in Ausführung und liefert Producte, die bei grosser Reinheit dem Frischmetalle am nächsten stehen. Auch hat es keineswegs an ernstestrenungen gefehlt, dem directen Process mit den neuen Mitteln, welche der technische Fortschritt uns bietet, in vervollkommneter Art Geltung zu verschaffen. Aber bisher führten alle Bestrebungen nicht zu dem gewünschten Erfolge, weil nebst Anderem Verschlackung von Eisen und Aufwand an Brennstoff diese Methode der Eisenerzeugung zu kostspielig gestalteten.

Wenn nicht Alles trägt, stehen wir indessen unmittelbar vor der Lösung dieses vielfach als unlösbar hingestellten, zweifellos aber lösbaren Problems, des grössten und bedeutungsvollsten, welches die Eisenhüttenleute der Neuzeit beschäftigt hat.

### V. Nomenclatur des schmiedbaren Eisens.

Beim Frisch- wie beim Puddlingsprocess werden die kleinsten Theilchen der Producte in teigähnlichem Zustande durch Schweissung zu grösseren Massen vereinigt. Dagegen erfolgt beim Bessemer- und Martinprocess die Bildung compacter Stücke in flüssigem Zustande.

Man unterscheidet daher Schweiss- und Flussmetall, und nennt durchaus die härtbaren Sorten „Stahl“, die nicht härtbaren „Eisen“.

Dementsprechend hat man sich für folgende Benennungen des schmiedbaren Eisens geeinigt:

#### a) Schweissmetall.

- |  |   |                  |
|--|---|------------------|
| 1. Herdfrischstahl, bezw. -Eisen       | } | primäre Sorten.  |
| 2. Puddlingseisen, bezw. -Stahl        |   |                  |
| 3. Glühstahl, bezw. -Eisen             |   |                  |
| 4. Direct erzeugter Stahl, bezw. Eisen |   |                  |
| 5. Cementstahl                         |   | secundäre Sorte. |

#### b) Flussmetall.

- |   |                  |                 |
|---|------------------|-----------------|
| 1. Bessemerstahl, bezw. -Eisen  | }                | primäre Sorten. |
| 2. Thomas-Gilchrist- oder basisches Bessemer-Eisen, bezw. -Stahl            |                  |                 |
| 3. Saures und basisches Martin-Eisen, bezw. -Stahl (gemischter Abstammung). |                  |                 |
| 4. Tiegelgussstahl  | secundäre Sorte. |                 |

## VI. Qualification der primären Prozesse.

Während im Frischfeuer das Metall sowohl der directen Oxydationswirkung des Windes als der indirecten der eisenreichen Schlacke unterworfen ist und so im Allgemeinen die Oxydationswirkung vorherrscht, sind doch Beide, Metall wie Schlacke, besonders aber Letztere, gleichzeitig auch der reducirenden Einwirkung der Kohle ausgesetzt, mit welcher der Herd gefüllt ist.

Es müssen demnach auch bereits in die Schlacke übergegangene Elemente u. zw.: je leichter reducirbar sie sind, umso mehr, wieder ins Metall zurückgeführt werden. Und da zu diesen zunächst der Phosphor gehört, ist klar, dass bei der Herdfrischerei eine bedeutendere Abscheidung dieses Elementes nur dann stattfinden könnte, wenn die Schlacke rasch abgeführt würde, und dass, weil dies wieder aus Grund der Durchführung des Frischens selbst nicht zulässig ist, der Herdfrischprocess nur da sich eignet, wo entsprechend phosphorreine Roheisensorten und reine Brennstoffe — Holzkohle, reiner Coaks — zur Verfügung stehen. Aus demselben Grunde ist er aber der Abscheidung von Schwefel günstiger. Uebrigens eignet er sich, sowohl der Cementationswirkung der Kohle, wie der Temperaturverhältnisse halber, im Allgemeinen mehr für Erzeugung härterer Sorten Eisens und Stahles, als zur Erzeugung weichsten Eisens.

Zufolge Verwendung des theuersten Brennstoffes, wie hoher Arbeitslöhne, ist er der kostspieligste aller derzeitigen Prozesse zur indirecten Erzeugung von schmiedbarem Eisen.

Anders stellen sich die Verhältnisse beim Puddlingsprocess, bei welchem die Berührung von Schlacke und Metall mit fester Kohle gänzlich fehlt, und somit einmal abgeschiedener Phosphor auch wirklich zum grössten Theile in der Schlacke verbleibt.

Da indes das Metall selbst gleichfalls Kohle enthält, ist es zur Vermeidung empfindlicher Rückführung von Phosphor auch da angezeigt, die phosphorreiche Schlacke, welche vermöge niederer Temperatur hier noch vor gänzlicher Entkohlung sich bildet, abzulassen.

Immerhin aber eignet sich der Puddlingsprocess zur Erzeugung brauchbaren Eisens selbst aus phosphorreichem Roheisen. Für die Erzeugung vorzüglicher Sorten Eisens und insbesondere Stahles erfordert jedoch auch dieser Process reines Roheisen.

Vor dem Herdfrischprocess ist er aber auch noch durch die Verwendbarkeit beliebigen, also auch mineralischen Brennstoffes und niedrigere Arbeitslöhne, also in ökonomischer Richtung in hervorragender Weise ausgezeichnet, und für Waaren, die mit einer Schweisshitze fertiggemacht

werden, liefert er heute noch, insbesondere bei Anwendung der Gasfeuerung, das billigste Eisen.

Da beim Bessemern ebenso wie beim Martiniren zufolge des flüssigen Zustandes der Process ein vollkommen intermolecularer ist, kann auch in beiden Fällen die Abscheidung der Verunreinigungen am vollkommensten erfolgen. Und da überdies der flüssige Zustand die Erzeugung eines gleichmässig zusammengesetzten Metalles in grossen Massen begünstigt, bilden beide Processe derzeit die vollkommensten in der Darstellung schiedbaren Eisens.

Während jedoch ersterer fast ausschliesslich Roheisen verarbeitet, und zum Zwecke der Erzeugung entsprechender Temperatur eine bestimmte Zusammensetzung desselben erfordert (für die saure Modification phosphorreines mit ungefähr 1·5 bis 2% Si, für die basische Si-armes mit ungefähr 1·5 bis 2·5% Phosphor), kann der Martinprocess ebensowohl mit Roheisen und Erzen, als mit Roheisen und Alteisen, und selbst mit letzterem allein durchgeführt werden, und ist, weil die Heizung in gewöhnlicher Art erfolgt, von der Zusammensetzung des Materiales fast unabhängig. Und da er ausserdem die Beobachtung des Metallbades und damit grössere Sicherheit in der Erzeugung bestimmter, wie die Erzeugung höherer Qualitäten ermöglicht, steht er im Allgemeinen, aber insbesondere in seiner basischen Modification, weit vor dem Bessemerprocess, und liefert zudem in vielen Fällen das billigste Metall.

Da der Glühstahlprocess nur Kohlenstoff abscheidet, eignet er sich auch bloss für Verarbeitung reiner Roheisensorten und hat darum auch nur sehr geringe Verbreitung gefunden.

## VII. Eignung der Producte.

Weisses Roheisen ist wenig fest, mehr oder weniger spröde und hart, und daher schlecht oder gar nicht bearbeitbar. Demzufolge ist dessen directe Anwendung zu Gebrauchsgegenständen (von ausnahmsweiser Verwendung der weichsten Sorte abgesehen), vollständig ausgeschlossen. Es dient nur als Material für Erzeugung schiedbaren Eisens durch andere Processe, ausgenommen den Bessemer- und zum Theil auch den sauren Martinprocess, besitzt da aber den Vorzug, dass es den höchsten Eisengehalt hat und somit mit geringstem Verluste in schiedbares Metall umgewandelt werden kann.

Auch graues Roheisen wird nach Umständen für diese Zwecke verwendet, so insbesondere für den Bessemerprocess. Da aber dasselbe mechanisch fest, dabei auch gut bearbeitbar ist, und überdies bei gleichzeitiger Billigkeit die Eigenschaft besitzt, in Formen gegossen, diese gut

auszufüllen, eignet es sich in hervorragender Weise als Material für Gusswaaren der verschiedensten Art. Seine Eigenschaft, durch rasche Abkühlung im flüssigen Zustande, die man durch Guss in Schalen (Coquillen) erzielt, den Kohlenstoff zu binden und dadurch ausserordentlich hart (glashart) zu werden, verschafft ihm die ganz besondere Verwendung für Gusswaaren mit sehr harter, der Abnützung vorzüglich widerstehender Oberfläche, wie Hartwalzen für Walzwerke und Walzmühlen etc. (Hartguss).

Die Verwendbarkeit von Stahl und Eisen ist aus dem Leben bekannt; weniger aber die Eignung dieser Producte von verschiedener Abstammung.

Alle Sorten schmiedbaren Metalles, welche aus einem innigen Gemenge mit Schlacke, ohne länger in Ruhe zu verharren, vom flüssigen in den festen Zustand übergehen, müssen naturgemäss Schlacke in sich einschliessen. Deshalb sind sowohl die Producte des Herdfrisch-, wie die des Puddelprocesses schlackenhaltig.

Wenn aber das fertige Metall aus dem heissflüssigen Zustande beider — Metall und Schlacke — an die bereits vorhandene Masse sich ansetzt, muss die eingeschlossene Schlackenmenge eine geringere sein, als wenn dasselbe sich zu einer schwammartigen, von Schlacke durchtränkten Masse vereinigt; und ebenso muss ihre Menge mit zunehmender Dünflüssigkeit Beider, bezw. der Schlacke allein, abnehmen.

Darum sind die Producte des Frischprocesses schlackenärmer, als die des Puddelprocesses, und Stahl muss von beiden Processen schlackenreiner sein als Eisen. Wo es auf ganzes, dichtes, compactes oder der mechanischen Abnützung besonders widerstehendes Eisen ankommt, so bei Erzeugung von Draht, besonders Feindraht, Nägeln, Blechen, Radreifen etc., zieht man daher meist Frischeisen dem Puddeleisen, und härtere Sorten den weicheren vor, während für andere Zwecke der Billigkeit halber Puddeleisen den Vorzug erhält.

Bleibt das Metall nach seiner Fertigbildung noch einige Zeit flüssig in Ruhe, so kann die specifisch leichtere Schlacke sich vollständig absondern.

Die Producte aller Flussmetallprocesse sind deshalb vollkommen schlackenfrei, und da sie ohne Schweissung in beliebig grossen Stücken erzeugt werden können, böten sie wohl überhaupt das Höchste, was derzeit erwartet werden kann, stellte sich nicht in den Gasen ein neuer Feind ein.

Zwar löst jedes Eisen Gase (besonders Wasserstoff, Kohlenoxyd, Stickstoff) in sich auf. Aber da deren lösbare Menge umso grösser wird, je heisser und reiner das Metall ist, und unter je höherem Drucke die Gase, welche mit demselben in Berührung sind, stehen, ist flüssiges Metall reicher an ihnen als festes, und Bessemermetall, bezw. Frischmetall

müssen, heissflüssig, gashaltiger sein als Martin- und Gussstahl bezw. Puddeleisen, wie auch bei sonst gleichen Umständen weichstes Metall gasreicher sein muss als hartes.

Der Einfluss der Gase auf die Qualität des festen Eisens ist noch wenig erfahren und erforscht, fast gänzlich unbekannt, und kann somit derzeit kaum als maassgebend angesehen werden. Aber da sie vom Metalle nach Minderung der Pressung, unter der Beide stehen, u. zw. insbesondere an der Grenze des Erstarrens, wie während desselben, mehr oder weniger wieder abgegeben werden, müssen sie in jenen Fällen die Bildung von Blasenräumen veranlassen, wo das Metall nicht in kleinen Körnchen sich bildet, wie beim Puddelprocess, oder aus dem flüssigen Zustande in dünnsten Schichten sich an die bereits vorhandene Masse anlegt, wie beim Frischprocess, sondern zu Blöcken vergossen wird, die an der Oberfläche erstarren, und so das Entweichen der Gase nicht mehr gestatten, ehe noch ihre Ausscheidung aus der inneren noch flüssigen Masse beendet ist.

In dieser Richtung nimmt Frischeisen die erste Stelle ein und steht im Allgemeinen Flussmetall dem Schweissmetall nach.

Glücklicherweise ist indes das Uebel begrenzt. Härterer Stahl kann ganz blasenfrei erzeugt werden; und wenn dies auch bei weichem nicht der Fall ist, so hat man doch Fortschritte gemacht und vermag die Blasen durch richtige Arbeit gegen oder in die Mitte des Blockes zu bringen, wo ihre Gegenwart unschädlich ist, während ein Theil derselben — jene, die ohne Verbindung mit der Aussenfläche und daher blank sind — bei nachfolgender Arbeit in Schweisshitze, entsprechend der Querschnittverminderung wieder verschweissen, und somit jede Bedeutung verlieren, die übrigens bei grossen Stücken ohnedies kaum nennenswerth ist.

So hat sich das Flussmetall, welches für Erzeugung massiger Stücke (Schmiedstücke und grober Walzwaare) vermöge der Schweisslosigkeit schon seit der technischen Vollendung der Prozesse das Terrain beherrscht, selbst in solchen Richtungen Bahn gebrochen, wo der Einfluss von Blasen am empfindlichsten gedacht werden könnte, für Feibleche und Draht, und so, u. zw. in weichen Sorten insbesondere als basisches Martinmetall, das nebst Anderem auch durch vorzügliche Schweissbarkeit ausgezeichnet ist, das Schweissmetall sehr zurückgedrängt.

Je mehr der Stahl der reinen Kohleneisenverbindung näherkommt, desto mehr vereinigt er mit der charakteristischen Eigenschaft der Härtebarkeit auch Zähigkeit, Dehnbarkeit und Elasticität, und somit gebührt reinem Kohlenstahle bei gleicher Härte noch immer der erste Rang. Diesem Producte stehen der Herdfrischstahl und nach ihm der Puddelstahl am nächsten, da alle Sorten Flussstahl zum Zwecke der Erzeugung

dichter Güsse einen gewissen Gehalt an Mangan und Silicium nicht entbehren können.

Damit erklärt sich, dass jene Prozesse nicht nur nicht verschwunden sind, sondern sogar bereits aufgelassene Stahlfrischfeuer wieder in Betrieb kamen, ja selbst neue, so für die theuerste Methode die „Paalararbeit“ erbaut wurden, theils um Metall für feine Uhrfedern und Schneidwerkzeuge, anderentheils um Material für beste Sorten Gussstahl zu liefern. Indes dürfte die Einführung der Cementation im flüssigen Zustande sie nun neuerlich zurückdrängen und bald unter die absterbenden Prozesse einreihen. Dazu trägt vor Allem der hohe Preis bei, welcher durch den Process selbst, wie durch die Verarbeitung des Productes durch wiederholte Schweißung (Gärbung, Gärbstahl) herbeigeführt wird und für besten Paalerstahl bis 70 fl. pro 100 kg beträgt.

Erfahrungsgemäss finden sich die fremden Elemente im gegossenen Materiale nie ganz gleichmässig vertheilt. Und da die Verhältnisse der Absonderung umso günstiger sind, mit je grösseren Massen man arbeitet, und je länger der flüssige Zustand vom Ausgiessen bis zum Erstarren währt, verlangt harter Stahl, der jene Elemente in grösster Menge enthält und am längsten im flüssigen Zustande verbleibt, an den aber gerade die höchsten Anforderungen hinsichtlich Gleichmässigkeit gestellt werden, mehr als weicher die Arbeit mit kleineren Chargen, wie den Guss kleiner Blöcke. Es ist daher vollkommen erklärlich, dass unter den harten Producten jenem der Vorrang eingeräumt wird, welches vermöge der Kleinheit der Einsätze und der Möglichkeit, jeden für sich zu beobachten und zu vergiessen, die grösste Gewähr für die Gleichmässigkeit bietet: dem Gussstahle; wie dass Martinstahl durch Arbeit mit kleinen Chargen und Guss kleiner Blöcke jenem noch nähergebracht werden könnte, als er jetzt schon ist.

In der That steht dieses Metall jetzt schon dem Gussstahle am nächsten, und die Durchführung der Kohlunng mit fester Kohle im flüssigen Zustande verspricht, besonders in Anwendung auf basisches Metall, einen weiteren grossen Schritt nach vorwärts.

So rückt das Bessemermetall hinsichtlich der Qualität in die letzte Reihe, obgleich auch dieses Vorzügliches bieten kann, und durch Rückkohlunng mit fester Kohle ebenfalls gewinnen wird.

Zweifellos aber gebührt unter allen weichen Sorten dem basischen Martinmetall hinsichtlich Qualität schon jetzt der erste Rang.

Durch Cementation nimmt Eisen nur Kohlenstoff auf; somit ist Cementstahl, aus reinerem Eisen wie immer erzeugt, das beste Material für erste Sorten Gussstahl. Da er aber, fest cementirt, mit nach aussen zunehmender Härte, einen weicheren Kern, somit die Stahlnatur mit

jener des weichen Eisens, Zähigkeit und Dehnbarkeit, verbindet, bildet er auch ein vorzügliches Material für solche Gebrauchsgegenstände, die beider Producte Eigenschaften verlangen, wie z. B. für Federn.

Da andererseits die Praxis kein Bedürfniss nach Material mit weicher Oberfläche und hartem Kerne hat, ergibt sich von selbst, dass Glühstahl keine directe Verwendung gefunden hat, sondern einzig als Material für billige Sorten Gussstahl benützt wird.

### VIII. Verarbeitung des schmiedbaren Eisens.

Während weiches Eisen die mechanische Bearbeitung in den höchsten Hitzegraden verträgt, bedingt Stahl bei seiner Weiterverarbeitung umso niedrigere Temperaturen und umso vorsichtiger Behandlung, je härter er ist. Anders behandelt wird er ungenz, er stört sich und zerfällt nach Umständen, besonders bei zu rascher Erhitzung, vollständig zu Stücken.

Je nach Zusammensetzung verträgt er nur die verschiedenen Grade der Rothhitze, und damit ist auch ausgesprochen, dass er in solchen Temperaturen schon schweisst. Aber je härter er ist, desto mehr Vorsicht erfordert die Schweissung, bis sie endlich bei ungefähr  $1\frac{1}{2}\%$  Kohlenstoff ganz unmöglich wird.

Je weniger ein Metall mechanische Verunreinigungen enthält, desto sicherer gelangt man zu vollkommener Schweissung, desto weniger schädigen aber auch etwaige Mängel in dieser Richtung. Darum kann schlackenfreies Flussmetall in den meisten Fällen, und wenn es blasenfrei ist, immer, mit Glühhitzen (Gelbhitze bis Weisshitze) verarbeitet werden, während Schweisseisen stets voller Schweisshitze bedarf. Und da hiemit Brennstoffaufwand und Abbrand in Zusammenhang stehen, steht in dieser Richtung Flusseisen weit vor Schweisseisen.

Ganz besonders tritt dieser Vorzug bei Erzeugung grosser Stücke hervor, die aus Schweisseisen nur durch Paquetirung (Verschweissung kleinerer Stücke), aus Flusseisen aber aus einem einzigen homogenen Blocke und folglich billiger, und meist auch besser, fertiggestellt werden können.

Dieser Umstand räumt dem Flussmetalle eine Stellung ein, die das Schweisseisen niemals hätte erringen können.

In kleineren Blöcken aber ist Flusseisen stets blasig und erfordert daher auch volle Schweisshitzen.

Abgesehen von einem geringen Phosphorgehalte, der die Schweissbarkeit begünstigt, ist Eisen im Allgemeinen umso vollkommener schweisbar, je reiner es ist. Darum ist auch basisches Flusseisen unter allen Eisensorten durch vorzügliche Schweissbarkeit ausgezeichnet.