

B. Primäre Processe.

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 construiert, 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.¹

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.²

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

¹ 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.

² 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.¹

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.²

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

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

² 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 Bessemereisen (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 diesen 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.

Schmiedeeisen 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.