



**Industriemuseum Brandenburg a.d. Havel**



# **„Vom Eisen zum Stahl“**

**Industriemuseum Brandenburg an der Havel**

**Mai 2002**

Industriemuseum Brandenburg  
August-Sonntag-Straße 5  
14770 Brandenburg a.d. Havel

Tel.: 03381 / 30 46 46  
Fax: 03381 / 30 46 48  
e-mail: [stahlmuseum@aol.com](mailto:stahlmuseum@aol.com)  
[www.industriemuseum-brandenburg.de](http://www.industriemuseum-brandenburg.de)

---

## „Vom Eisen zum Stahl“

### **Rennfeuer** – von der Steinzeit bis ins 19. Jahrhundert

- Eine kleine Menge Erz wurde in einer Grube mit Holz oder in einem Holzkohlefeuer erhitzt.
- Bei Erreichen der entsprechenden Temperatur, 700 – 900 °C, sammelte sich das Eisen als teigiger Klumpen, so genannter Eisenschwamm, am Boden der Grube.
- Die notwendige Luftzufuhr erfolgte, indem man die Schmelzgrube an Berghängen anlegte und den natürlichen Hangwind, durch Luftkanäle in die Grube geleitet, ausnutzte.
- Pro Tag konnten mehrere Kilogramm Roheisen gewonnen werden.
- Der enthaltene Klumpen, die „Luppe“, war mit Schlacke und Verunreinigungen durchsetzt, die durch Hämmern der noch glühenden Masse ausgetrieben wurden.

Das Weiterverarbeiten oblag den Schmieden, „Spezialisten“, die es im Laufe der Zeit zu hoher Kunstfertigkeit und meist hohem Ansehen brachten. Schmiede waren es auch, die im 2. Jahrtausend vor Christi Verfahren entdeckten, die Eigenschaften des Eisens entscheidend zu verbessern, es zu härten und in Stahl umzuwandeln. Das geschah z.B., indem man das von Schlacke befreite Eisen tagelang in Holzkohle glühte.

**Erst dadurch konnte Eisen zu haltbaren Waffen und Werkzeugen weiterverarbeitet werden.**

### **Stückofen** – vom 14. bis ins 19. Jahrhundert

#### **Grundlagen**

Mit dem ständig wachsenden Bedarf an Roheisen wurden die Öfen immer größer und höher und nahmen die Form niedriger Schachtöfen / *Stücköfen* an.

Um 500 u. Z. sind in Spanien Schachtöfen nachweisbar, die als Vorläufer der späteren Hochöfen angesehen werden können. Dieser so genannte „Katalanische Schachtöfen“ war gemauert.

#### **Technologie**

Eine Holzkohleschicht wurde von oben mit Erz bedeckt und von unten belüftet.

Die Temperatur stieg so stetig an und es ließen sich große Mengen Roheisen gewinnen. Das gewonnene Roheisen war teigig und wurde als **Gusseisen** verwendet, und zu Ofen- und Herdplatten, Rohren und Kanonenkugeln verarbeitet.

- Das gewonnene Roheisen wurde unter Zusatz von Erz nochmals eingeschmolzen und war danach schmiedbar: → **Stahl**

#### **Konstruktion**

Die Schachtöfen wurden allmählich vergrößert; Höhe 3 bis 5 m und 2 m Durchmesser. Diese ersten Hochöfen lieferten schon 1 t Roheisen pro Tag.

#### **Weiterverarbeitung**

Die Erzeugung von Stahl konnte enorm gesteigert werden, als das **Frischfeuer** – zum Frischen des Roheisens – eingeführt wurde.

- Das Roheisen aus dem Hochofen wurde in ein Holzkohlefeuer mit starker Frischluftzufuhr eingebracht, dadurch verbrannten der überschüssige Kohlenstoff und verunreinigende Eisenbegleiter.
- Der Frischherd wurde mit 150 - 200 kg Roheisen beschickt; die Tagesleistung lag schon bei 1.000 kg Stahl.

#### **Nachteile**

- Der massenhafte Verbrauch von Holzkohle verursachte das Abholzen ganzer Wälder und konnte nicht beibehalten werden. Sollte die Eisengewinnung nicht stagnieren musste die Holzkohle durch einen anderen Brennstoff ersetzt werden.
- Der erfolgreiche Einsatz von Steinkohle bzw. Koks bei der Eisenverhüttung brachte in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts in Großbritannien die Erhöhung der Eisenproduktion um das Dreifache.

### Vom Rennfeuer zum Stückofen

Der Weg des Eisens ist auf eine 4.000 Jahre alte Geschichte zurückzuführen.

Der Beginn der *Eisenzeit*, als eine Epoche der Menschheitsgeschichte, wird mit den ersten Funden von eisernen Werkzeugen, Waffen und Geräten in größerem Umfang festgesetzt.

Eiserne Messer, Sicheln und Pflugscharen sind aus dem 2. Jahrtausend vor Christi im Mittelmeerraum vorhanden.

Fundstücke aus Mesopotamien gehen auf das 3. Jahrtausend vor Christi zurück.

In Ägypten lassen sich eiserne Funde auf 2600 vor Christi datieren und in China wird Eisen um 2300 vor Christi erwähnt.

Das erste schon im 6. und 5. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung verarbeitete Eisen war meteoritischen Ursprungs, darauf weist der hohe Nickelgehalt hin. Es wurden nur Einzelstücke gefunden.

Wo erstmals Eisen durch Erhitzen von Erz erzeugt wurde, lässt sich heute nicht mehr mit Sicherheit bestimmen. Man geht davon aus, dass kaukasische Völker bereits im 3. oder 4. Jahrtausend vor.

Als Ursprungsland der Eisenverhüttung und Eisenverarbeitung gilt heute Inneranatolien.

### Puddelverfahren – 1770 bis Ende 19. Jahrhundert

#### Verfahren

Verfahren und Ofen erhielten ihren Namen nach dem Vorgang „to puddle“ (umrühren), hier Anwendung des so genannten Flammofenfrischens, bei dem nur die Flamme, nicht aber der Brennstoff selbst mit dem Roheisen in Berührung kam, da sonst der enthaltene Schwefel aufgenommen und dadurch das Roheisen brüchig, bröcklig wurde.

Unverhältnismäßig hoher Brennstoffverbrauch.

#### Konstruktion

Der Puddel-Ofen bestand aus der Rostfeuerung, dem Arbeitsherd und dem Fuchs. Der Herd ist ein pfannenähnlicher Raum ca. 2 m x 1,7 m, mit einer dicken eisernen Sohlplatte, (1818 von S.B. Rogers eingeführt – *davor hatte der Ofen einen Sandherd*) und einem wassergekühlten Rahmen.

Die Auskleidung erfolgte mit schwer schmelzbarer Schlacke. Zwischen Feuerung und Herd befand sich die Feuerbrücke und zwischen Herd und Fuchs die Fuchsbrücke, die mit feuerfesten Steinen ausgemauert wurden.

#### Technologie

Mit langen Stangen „zieht der Puddler Furchen in Schlacke und Eisen“, um die dickflüssige, schwere Masse immer wieder den frischen Feuergasen auszusetzen. Die entstandenen Klumpen wurden mehrmals gewendet und aufeinander gehäuft. Es entstehen so genannte Luppen, 20 - 40 kg schwer, die mit einer großen Zange aus dem Ofen geholt wurden. In 24 Stunden konnten 3 t Puddelstahl, auch Schweißstahl oder Schweißeisen genannt, gewonnen werden.

#### Verarbeitung

Die entstandenen Luppen mussten mit Dampfhämmern oder Pressen von der anhaftenden Schlacke befreit werden.

Ein Dampfhammer konnte die Luppen aus mehreren Puddelöfen bearbeiten, der Dampfhammer schweißte die noch lose Masse zusammen und presste die noch enthaltene Schlacke aus. Danach kamen die Luppen ins Walzwerk.

#### Verwendung

Verwendung als Blech, Stab- und Walzeisen, Hufeisen, Ketten, Draht, Lasthaken, Eisenbahnbauteile

#### Produktivität

300 kg Roheisen werden in den Ofen eingebracht. Als Brennstoff dient Steinkohle. Die stark sauerstoffhaltigen Verbrennungsgase der Steinkohle werden über die Feuerbrücke geleitet und erweichen das Roheisen.

## Hammerwerke

### Grundlage

Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts war der Hammer das einzige Werkzeug für die Bearbeitung von Eisen und Stahl.

Das Rohmaterial wurde im Schmiedeofen oder Glühofen erhitzt und konnte erst dann bearbeitet werden. In einem Hammerwerk waren mehrere Hämmer in Betrieb, die anfänglich durch Pferdegöpel und Wasserräder, später mit Dampfmaschinen angetrieben wurden.

Im 15. / 16. Jahrhundert sind allein im Erzgebirge 77 Hammerwerke nachweisbar.

Im 16. Jahrhundert wurden durch *Hans Lobsinger* in Deutschland Walzwerke im Eisenhüttenwesen eingeführt.

1728 führte *John Hanbury* das Walzen von Blechen in England ein.

1783 erbaute *John Wilkinson* das erste Walzwerk mit Dampftrieb in seiner Eisenhütte in Brydley.

1891 baute *John Fritz* für die Bethlehem-Stahlwerke einen 125t-Hammer.

Die gesamte Höhe des Hammers betrug über 27,5 m.

## Walzverfahren

### Grundlage

**Walzen** – Kontinuierliches Umformverfahren, das eine fortlaufende, örtlich begrenzte Querschnittsverminderung und Längenzunahme des Walzgutes durch Druck bewirkt.

Das Walzgut wird in den Zwischenraum zweier entgegengesetzt umlaufender Walzen eines stabilen Gerüsts eingeführt. Das Walzgut wird durch die Reibkräfte der Walzen hindurch gezogen.

An Stelle des Reckens durch einzelne Schläge im Hammerwerk, tritt die kontinuierliche Umformung, die zu wesentlich höherer Produktivität und Qualität führt.

Zum Erreichen der geforderten Endabmessung muss der Stahl mehrere Stiche durchlaufen.

Die Walzen sind entweder glatt (Blechwalzen), oder weisen Einschnitte, entsprechend der geforderten Endform, so genannte Kaliber auf. Die Walztemperatur beim Warmwalzen beträgt ca. 1250°C.

1767 führte *H.W. Remy* auf dem Rasselstein bei Neuwied das Blechwalzen ein.

1820 begann man in Deutschland Draht zu walzen.

1830 begann man Winkleisen zu walzen.

1835 wurden die ersten Eisenbahnschienen in Deutschland gewalzt.

1857 begann das erste Profilwalzwerk in Eschweiler/Aue mit der Produktion.

Für Walzwerke war die Anwendung der Dampfmaschine revolutionierend.

**Bessemer-Verfahren** – 1855 bis Ende des 19. Jahrhunderts

### Revolutioniert die Stahlerzeugung

Die gleiche Menge Roheisen, die ein Puddel-Ofen in 24 Stunden verarbeitete (3 t), konnte mit dem Bessemer – Verfahren in 20 Minuten erschmolzen werden.

### Verfahren

Prinzip ist das so genannte Windfrischen, es besteht in dem Hindurchpressen von Luftströmungen durch das flüssige Roheisen von unten her, wodurch die Eisenbegleiter Kohlenstoff, Silizium, Mangan verbrannt werden. Die Bessemer-Birne wird auch Konverter genannt, weil das Roheisen in Stahl „umgewandelt“ wird.

### Konstruktion

Die Bessemer-Birne, bestand aus einem genieteten oder geschweißten Stahlmantel, der im Inneren mit feuerfesten Materialien ausgekleidet war; hier kieselsäurehaltigem Quarzsand, **saure Auskleidung**.

## Technologie

### 1. Füllstellung

Flüssiges Roheisen wird in den Konverter gefüllt. Er ist zum Füllen und Gießen kipp- und drehbar gelagert.

### 2. Blasstellung

Der Konverter wird aufgerichtet und das Gebläse angestellt. Die Zuführung des Frischwindes erfolgt durch einen Windkasten, ein aus feuerfester Masse gestampfter Boden mit 50 bis 290 Löchern von 12 bis 20 mm Durchmesser, den Winddüsen.

Der Frischwind wird durch die flüssige Masse geblasen, das Eisen entkohlt und verwandelt sich somit in schiedbares Eisen. Dieser Stahl ist jedoch zu weich, daher wird wieder Kohlenstoff in Form von Spiegeleisen hinzugefügt, so genannte Rückkohlung.

### 3. Kippstellung

Der flüssige Stahl wird in die Gießpfanne gefüllt. Die dabei anfallende Schlacke kann nicht weiter verarbeitet werden.

## Verarbeitung

Die Verarbeitung erfolgte in Walzwerken zu Schienen, Schwellen, Trägern, Draht und Blechen.

## Nachteil

Ein gefährlicher Begleiter des Stahls, der Phosphor, kann mit dem Bessemer-Verfahren nicht beseitigt werden, daher kam nur phosphorarmes Roheisen zum Einsatz.

In Deutschland gab es keine geeigneten Eisenvorkommen, daher war die Einfuhr von Eisenerz mit geringem Phosphorgehalt oder Roheisenimport notwendig.

Die deutsche Stahlindustrie konnte die sich daraus ergebende Diskrepanz erst mit der Einführung des Thomas-Verfahrens 1878 aufheben.

## Thomas-Verfahren – 1879 bis Anfang 20. Jahrhundert

### Weiterentwicklung der Bessemer-Technologie

#### Unterschiede

Der wesentliche Unterschied der beiden Verfahren besteht darin, dass *Thomas* zur Auskleidung des Konverters **basisches Futter** – Dolomitgemisch – einsetzte, um den hohen Phosphorgehalt des Roheisens auszugleichen.

- Die basische Auskleidung hält im Durchschnitt 200 bis 500 Chargen, der Boden 30 bis 80 Schmelzen.
- Grundsätzlich verschieden sind die chemischen Abläufe, die Oxydation der Stahlbegleiter:
- Beim Thomas-Verfahren verbrennen Silizium, Kohlenstoff, Mangan und Phosphor.
- Durch Verbrennung von Phosphor entstehen sehr hohe Temperaturen.
- Die Arbeitsschritte zur Stahlherstellung sind gleich: Füllen, Frischen, Gießen.
- Die Zugabe von Spiegeleisen erfolgt auch beim Thomas-Verfahren.

#### Thomas-Stahl

Thomas-Stahl wurde zu Schienen, Stab- und Profileisen, Schwellen, Brückenteilen, Eisenbahnen und Blechen verarbeitet.

#### Thomas-Schlacke

Die Thomas-Schlacke ist ein wertvolles Nebenprodukt. Sie besteht aus Kalk, Eisenoxiden und Phosphorsäure und wird in der Landwirtschaft als Düngemittel genutzt.

#### Verbreitung

Das Thomas-Verfahren verbreitete sich in Deutschland sehr schnell. Es verdrängte das überholte Bessemer-Verfahren, mit Ausnahme von kleineren Bessemer-Anlagen für den Stahlformguss.

## Siemens-Martin-Verfahren – 1864 bis Anfang 21. Jahrhundert

### Grundlage

1856 hatte *Friedrich Siemens* das Patent für den Regenerativofen angemeldet.

Die erfolgreiche Anwendung bei der Stahlherstellung erfolgte erst durch *Pierre* und *Emile Martin*.

### Weiterentwicklung

Das Siemens-Martin-Verfahren ist eine technische Weiterentwicklung der bis dahin bekannten Möglichkeiten der Stahlerzeugung im Tiegelofen.

Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass die Temperatur im Ofen bis auf 1800 °C gebracht wird und flüssiger Stahl erzeugt wird.

### Konstruktion

Zum Schmelzen dient ein Herdofen besonderer Bauart, der mit der von *Friedrich Siemens* erfundenen Regenerativfeuerung ausgerüstet ist. Er besteht aus Ober- und Unterofen:

#### Der Oberofen

besteht aus Gewölbe, Vorder- und Rückwand und Herd – eine Konstruktion aus tragenden Stahlbauteilen und feuerfester Ausmauerung.

#### Im Unterofen

sind die Schlacke- und Regenerativkammern:

Die Schlackekammern dienen der Aufnahme von Staub- und Schlacketeilchen. In den Regenerativkammern erfolgt durch die Ausnutzung der Abgaswärme die schnelle Vorwärmung von Verbrennungsluft und Brenngasen.

Die Regenerativfeuerung bedarf einer ständigen periodischen Umschaltung, damit die Gitterkammern im Wechsel mit heißen Abgasen und kalter Frischluft durchströmt werden.

Die Umschaltung erfolgt vom Steuerstand aus. Vom Unterofen werden die Abgase in ausgemauerten Schächten zum Kamin geleitet. • Energieträger ist Gas oder Öl.

### Konstruktive Vielfalt

Es gab feststehende Öfen und Öfen mit kippbarem Herd (Kippöfen), wobei hier der flüssige Stahl durch Kippen des ganzen Herdes in die Gießpfanne floss. Es gab Öfen mit saurer und mit basischer Auskleidung. Ofengröße und Ofenbau änderten sich im Laufe der Entwicklung.

Die Größe der Öfen war entscheidend für die Produktivität; bis 600 t.

### Technologie - Prinzip:

In einem Herdofen wird durch Erzeugung höchster Temperatur Stahl erschmolzen:

1. nach dem Schrottverfahren
  - Roheisen mit Schrott
  - Schrott mit Kohle
2. nach dem Erzverfahren
  - Roheisen und Erz oder
  - Schrott mit Erzen

### Arbeitsschritte:

1. Vorbereitung Ofen
2. Einsetzen der Rohstoffe und Zuschläge: der feste Einsatz, aus Schrott, Roheisen und Kalk, wird mit Mulden mittels Chargierkran in den Ofen eingebracht. Flüssiges Roheisen wird über eine Rinne in den Herd eingeleitet.
3. Schmelzen
4. Probenahme
5. Abstich des Stahls in die Gießpfanne
6. Legieren in der Gießpfanne
7. Vergießen des Stahls in Kokillen

### Verwendung:

Siemens-Martin-Stahl in verschiedenen Qualitäten hatte eine breite Anwendung als Massen- und Baustahl. Verarbeitung zu allen Walzprofilen: Draht, Blechen, Trägern, Schienen.

## Walzwerke

### Konstruktion

Walzgerüste werden nach Anordnung und Anzahl ihrer Walzen unterschieden.

Es gibt Duo-, Doppel-, Trio-, Lauthesche-Trio-, Quarto- und Mehrwalzen-Walzgerüste.

Das Walzgut wird über Rollgänge dem Gerüst zugeführt. Die Stichfolge wird durch Lineale und Kanter, meist hydraulisch, realisiert.

Die Urform, das Duo-Walzgerüst, ist mit 2 Walzen ausgestattet. Große Gerüste werden als Umkehr- oder Reversierwalzgerüst betrieben.

Nach der Form der Erzeugnisse bezeichnet man die Walzenstraße als Block-, Brammen-, Platinen-, Knüppel-, Profil-, Blech- oder Drahtstraße.

Moderne kontinuierliche Walzenstraßen arbeiten mit hintereinander liegenden Walzgerüsten. Das Walzgut wird gleichzeitig in mindestens 2 Walzgerüsten bearbeitet. Kontistraßen rentieren sich nur bei immer wiederkehrenden Abmessungen und großen Mengen.

## Strangguß

### Grundlage

Das Stranggussverfahren ist die modernste Art der Umformung. Der flüssige Stahl wird in die Kokillen (oszillierende Kupferkokillen) der Stränge eingefüllt, wo er erstarrt und die Anlage im warmen Zustand (Walztemperatur) verlässt.

Der kontinuierliche Strang, Brammen, Riegel oder Knüppel, neuerdings auch Formprofile, muss nur noch auf die gewünschte Länge abgeschert werden.

Der Stranggussknüppel wird z.B. zur Weiterverarbeitung in der Conti-Draht-Straße im Stoßofen auf gleichmäßige Temperatur erwärmt und zu Draht gewalzt.

Stranggussanlagen gewährleisten einen optimalen Materialfluss.

### Vorteile

Die Stranggießtechnik hat die bisherige Produktionskette vom Rohstahl bis zum Walzprodukt entscheidend verändert.

Sie ist Schlüsseltechnologie für einen kontinuierlichen, automatisierten Hüttenwerksbetrieb. Die technologische Verbindung von Gießbetrieb und Walzwerk ist erfolgt. Vorteile auf einen Blick:

- Konstante Qualität
- Hoher Durchsatz
- Hohe Verfügbarkeit
- Geringerer Energieverbrauch
- Rechnergesteuerte Regelung.

### Hightech:

*Nicht nur Strangguss-Vormaterial, sondern **Endabmessungsnahe gegossene Profile** verwischen weiter die traditionellen Grenzen von Gießbetrieb und Walzprozess.*

## Elektrostahlverfahren – 1835 bis heute

### Voraussetzungen

Die ersten Versuche, elektrische Energie zum Schmelzen von Metallen zu verwenden, reichen bis in die Anfänge des 19. Jahrhunderts zurück.

Erst mit der Entwicklung der Stromerzeugung und der Verfügbarkeit ausreichender elektrischer Energie wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts erste praktikable Lösungen entwickelt.

### Anwendung

Metallurgischer Industrieofen, bei dem die erforderliche Temperatur zum Schmelzen von Metallen durch elektrische Energie erzeugt wird.

Nach der Art der Umwandlung elektrischer Energie in Wärme zur Beheizung von Anlagen werden die gebräuchlichsten Ofentypen wie folgt unterteilt: Lichtbogenöfen, Induktionsöfen, Widerstandsöfen, Elektrostrahlöfen und Plasmaöfen.

**Es gibt weit über 100 Ofenbauarten, jedoch 90% aller Elektroöfen arbeiten als Lichtbogenöfen nach dem System Héroult.**

**Lichtbogenöfen** – die Wärme wird durch den elektrischen Lichtbogen erzeugt, der seine Hitze unmittelbar an das Schmelzgut, meistens Schrott, abgibt. Der Lichtbogen entsteht zwischen den zwei Graphitelektroden, die lotrecht in den Herdraum des Ofens ragen und dem metallischen Einsatz bzw. dem Stahlbad.

**Induktionsöfen** – werden durch Induktion elektrischer Ströme betrieben, die den metallischen Einsatz durch Widerstandserhitzung schmelzen. Anwendung finden Rinnenöfen und Tiegelöfen als Netzfrequenz-Tiegelöfen und Mittelfrequenz-Tiegelöfen.

**Widerstandsöfen** – das Prinzip der Widerstandsheizung besteht bei den sog. indirekten Widerstandsöfen darin, dass ein durch elektrischen Strom erhitztes Widerstands-material, in der Regel Graphit, seine Wärme an das Schmelzgut abgibt. Die direkte Widerstandsheizung hat für Umschmelzverfahren Bedeutung erlangt.

**Elektronenstrahlöfen** – finden überwiegend Verwendung in Verbindung mit Vakuuminduktionsöfen bei der Herstellung hochreiner, meist hochchromlegierter Stähle. Für die primäre Elektrostahlerzeugung ohne Bedeutung.

**Plasmaöfen** – in dem Bestreben, den Reinheitsgrad des Stahls auch ohne Anwendung der Vakuumschmelzverfahren entscheidend zu verbessern und das Legierungsausbringen zu erhöhen, wurden Plasmaöfen entwickelt. Als Plasmagas dient in allen Fällen Argon, das eine praktisch neutrale Ofenatmosphäre bildet. Der zu hohe Aufwand im Wartungsbereich der Brenner bedingte keine Weiterentwicklung.

### Konstruktion

Der Lichtbogenofen besteht aus dem Herd mit dem Kippwerk und dem Ofendeckel.

Der Ofen ist kipp- und drehbar, der Ofendeckel ist schwenkbar.

Der Herd und der Ofendeckel, auch Ofengewölbe genannt, sind mit feuerfestem Material ausgemauert.

### Technologie

Der technologische Ablauf unterteilt sich in der Regel in:

1. Beschicken des Ofens
2. Einschmelzen, metallurgische Behandlung des Schmelzgutes
3. Abstich in Gießpfannen, in denen oft noch eine Endbehandlung erfolgt und danach in Korkillen, Stranggussanlagen oder Stahlgussformen

### Verwendung

Der Elektrostahl gewann zu Beginn des 20. Jahrhunderts an Bedeutung. Verwendung fand er für besonders beanspruchte Bauteile – große Wellen, Schiffsschrauben, Steinbrecher, Militärausrüstungen, aber auch für Werkzeugstähle. Diese wurden aus Chrom-, Nickel-, Mangan- und Wolframstählen hergestellt.

Elektrostahl wird auch für den Stahlformguss verwendet.

Heute wird Elektrostahl als Massenstahl hergestellt und vorwiegend im Strangguss vergossen.

## Hochofen

### Grundlagen

Im 14. - 16. Jahrhundert entwickelte sich aus dem Stückofen der Hochofen; erstmals sind Hochöfen im Siegerland urkundlich belegt.

Bis ins 18. Jahrhundert wurden die Verhüttungsarbeiten mit Holzkohle durchgeführt, 1735 ist es *Abraham Darby* in England gelungen, die Holzkohle durch Steinkohle bzw. deren Koks zu ersetzen, so dass in dieser Zeit die Roheisenproduktion bedeutend größer war als der Bedarf der Stahlwerke für die Umwandlung des Roheisens in Stahl. Infolgedessen kam es in dieser Zeit zu einem hohen Anwachsen der Gießereierzeugnisse. 1796 gelang es auf dem Königlichen Hüttenwerk in Gleiwitz, den ersten Kokshochofen Deutschlands dauernd in Betrieb zu nehmen.

### Technologie

Die Beschickung des Hochofens mit zerkleinertem Erz, Koks und Zuschlägen erfolgt von oben durch die Gichtöffnung schichtweise, die Füllung (*Möller*) sinkt allmählich ab und durchläuft nacheinander Schacht, Kohlsack und Rast; dabei erfolgt die Reduktion des Erzes. Im Gestell sammeln sich getrennt Roheisen und Schlacke.

Die erforderliche Verbrennungsluft (*Wind*) tritt durch Düsen (*Windformen*) am Umfang der Rast ständig in den Hochofen ein und streicht nach oben, so dass Temperaturen bis 2000 °C erreicht werden.

### Konstruktion

Der Hochofen ist ein typischer Schachtofen, das heißt, er hat grundsätzlich eine zylinderähnliche Gestalt. Er muss in seinem mittleren Teil erweitert sein, um ein Stauen oder Hängen der stetig absinkenden Beschickung zu verhindern.

Der Ofen besteht aus dem Gestell, der Rast und dem Schacht der etwa drei Fünftel der gesamten Ofenhöhe ausmacht und an dessen oberen Ende die Gichtöffnung ist.

### Weiterverarbeitung

Der Einsatz des Roheisens erfolgt heute überwiegend in flüssiger Form in Sauerstoff-Blasstahl-Konverter.

**Stahl** ist eine Eisen-Kohlenstoffverbindung, die ohne Nachbehandlung formbar ist.

**Stahl** hat weniger als 2,06 % Kohlenstoff.

**Stahl** kann kalt oder warm verformt werden.

**Stahl** kann man schmieden, walzen, pressen oder ziehen.

**Stahl** ist der wichtigste metallische Baustoff.

**Stahl** ist durch die Höhe des Kohlestoffgehaltes und andere Legierungsbestandteile wie Chrom, Nickel, Mangan, Molybdän, Vanadium und Wolfram in seinen Eigenschaften stark veränderbar.

### Metalle Welterzeugung 2000

Roheisen 569 Mio. t

Stahl 845 Mio. t

Anteile in % nach Verfahren:

Siemens-Martin-Stahl	4,5 %
Elektrostahl	33,5 %
Konverter-Stahl	59,0 %

**Eisen Fe** ist ein chemisches Element

**Eisen** kann bis zu 6,67 % Kohlenstoff aufnehmen.

**Roheisen** hat mehr als 2,06 % Kohlenstoff.

**Roheisen** aus dem Hochofen hat einen Kohlenstoffgehalt von 2,5 % bis 5,5 %.

**Roheisen** unterscheidet man in weißes Roheisen mit geringem Siliziumgehalt für die Stahlherstellung und graues Roheisen mit hohem Siliziumgehalt für Gießereizwecke.

**Roheisen** lässt sich weder kalt noch warm verformen.

**Roheisen** lässt sich nur durch Gießen verformen.

**Grauguss** wird aus **Roheisen** erschmolzen. Grauguss ist sehr hart und spröde.