

stahl-online.de

Themenpapier



Geschichte der Eisenhüttentechnik

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Ulrike Stellmacher

Stahl-Zentrum

Sohnstraße 65

40237 Düsseldorf

Tel.: +49 211 6707-415

E-Mail: ulrike.stellmacher@stahl-zentrum.de

Die Eisen- und Stahlindustrie ist weltweit einer der bedeutendsten und der Tradition nach ältesten Produktionszweige. Seit vor etwa 3000 Jahren das Metall Eisen zu einer materiellen Grundlage der menschlichen Kultur und Zivilisation geworden ist, wurden die technischen Hilfsmittel zur Gewinnung des Eisens aus den Erzen weiterentwickelt. Gleichgeblieben ist die Problemstellung: mit Hilfe von Energie durch eine Kombination von Techniken den Rohstoff Eisenerz für die wirtschaftliche Anwendung nutzbar zu machen.



Abbildung 1: Eisenerzeugung im Rennofen vor 2500 Jahren im Siegerland.

Der Beginn der Erzeugung von Eisen und Stahl liegt im geschichtlichen Dunkel. Die Eisengewinnung wurde wahrscheinlich an mehreren Punkten der Erde (Westafrika, Südost-Europa, Südindien, China), mehr als 1000 Jahre vor der Zeitwende, unabhängig voneinander ‚erfunden‘. Es steht fest, dass Völker, sobald sie geschichtliche Bedeutung erlangten, meist auch Kenntnisse über die Eisengewinnung besaßen und diesen Werkstoff dann zu Waffen, Werkzeugen und Geräten verarbeiten konnten. Die Anwendung von Eisen scheint in allen Fällen weit vor dem Beginn jener

Periode zu liegen, die wir als „Eisenzeit“ (ab 800 v. Chr.) bezeichnen. Die Anfänge der Eisenerzeugung liegen nach dem heutigen Stand der Erkenntnis in Kleinasien, möglicherweise nördlich des Kaukasus. Auf deutschem Boden verlieren sich die Anfänge



Abbildung 2: Schmelzfeuer in Ägypten vor ca. 3500 Jahren. Mit fußbetätigten Blasebälgen wird über Blas-rohre die nötige Hitze erzeugt.

der Eisengewinnung bis in die sagenhafte Vorzeit; die Edda, die Wielandsage und das Nibelungenlied deuten dies an. Geschichtlich nachweisbar ist das Eisen auf deutschem Boden

bis in den Beginn des ersten vorchristlichen Jahrtausends. Beweismittel dafür sind die Funde von Lanzen spitzen und Beilen.

Das zuerst verwendete Eisen war offenbar auf die Erde gefallenes Meteor-Eisen. Zufall, Beobachtung und Erfindungsgabe haben die Kunst der Eisengewinnung überall dort entwickelt, wo reichlich reduzierbare Erze gefunden wurden und genügend Holz vorhanden war, um diese Erze mit Holzkohle verhütten zu können. Die Entwicklung der Eisenerzeugung lief in vielen Regionen gleichzeitig und nebeneinander in verschiedenen Entwicklungsstufen ab. Wegen der technischen und wirtschaftlichen Bedeutung wurden Erkenntnisse und Erfahrungen vielfach geheim gehalten, so dass bestimmte Verfahrenstechniken räumlich begrenzt blieben oder sich in anderen Ländern erst mit Verspätung ausbreiten konnten. Die Entwicklungslinien der Eisenerzeugung können anhand der Verhüttungsöfen für die Eisenerze verfolgt werden. Die nachstehende Reihenfolge beschreibt annähernd die geschichtliche Entwicklung bis zur Gegenwart:

- Rennöfen
- Stücköfen
- Floßöfen und Holzkohlehochöfen
- Kokshochöfen
- Direktreduktionsanlagen
- Schmelzreduktionsanlagen

Rennfeuer oder Rennöfen bestanden aus niedrigen Gruben- oder Schachtöfen aus Lehm, Bruchsteinen oder Findlingen. In ihnen wurden gereinigte, mit Holzkohle vermischte Eisenerze zu schmiedbarem Eisen reduziert. Dabei schmolz das dem Erz anhaftenden Fremdgestein und bildete die Schlacke, während das Eisen in fester Form reduziert wurde. Anfangs arbeiteten die Öfen mit natürlichen Luftzug (Abbildung 1). Später sorgten hand- oder fußbetriebene Blasebälge für den notwendigen Luftüberschuss (Abbildung 2). Als Ergebnis entstand eine sog. Luppe, ein Klumpen aus schmiedbarem Eisen und Restschlacken mit vereinzelt eingeschlossenen Erz- und Kohlestücken. Diese wurden gebrochen und die freigelegten Eisenstücke von Hand zusammen- und zu Gebrauchsgütern fertig geschmiedet. An dieser Verfahrensweise änderte sich bis ins Mittelalter nichts grundsätzlich.

Im 10. Jahrhundert unserer Zeitrechnung revolutionierte das Wasserrad auch die Technik der Eisenerzeugung. Wasserkraft wurde wichtiger als die Nähe zu den Erzlagerstätten. Die Eisenverhüttung wanderte in die Täler. Auf Grund des höheren Luftdrucks der wasserradgetriebenen Blasebläse konnten wesentlich größere Öfen gebaut werden. Sie lieferten bis zu 100 kg schwere, ebenfalls aus schmiedbarem Eisen und Restschlacken bestehende, Luppen, sog. Wölfe oder Stücke, auf die die Bezeichnung „Stückofen“ zurückzuführen ist (Abbildung 3).

Diese Luppen konnten nur noch mit den ebenfalls von Wasserrädern angetriebenen Schmiedehämmern weiterverarbeitet werden.

Die immer bessere Ausnutzung der Wärme führte etwa im 12. Jahrhundert dazu, dass in den Öfen die Schmelztemperaturen der Eisenerze erreicht wurden. Mit diesem flüssigen Produkt beginnt die Entwicklung des Hochofens. Zunächst jedoch war dieses flüssige Produkt sehr unerwünscht; dies wird durch die Namensgebung belegt. Man spricht von „rohem“ Eisen, Dreckseisen und im Englischen pig iron = Schweineeisen. Trotz alledem wurde dieses damals so unerwünschte Produkt „Roheisen“ das wichtigste Ausgangsmaterial der heutigen Stahlerzeugung.

Die Öfen, in denen das Roheisen erschmolzen wurde, bezeichnete man zunächst als Floßöfen. Mit zunehmender Größe entwickelte sich der Begriff Hochofen. Die Hochofen wurden bis zum Beginn des

18. Jahrhunderts mit Holzkohle betrieben. Gegenüber dem früher im festen Zustand erzeugten Eisen war das erstarrte Roheisen wegen seines hohen Kohlenstoffgehaltes nicht schmiedbar.

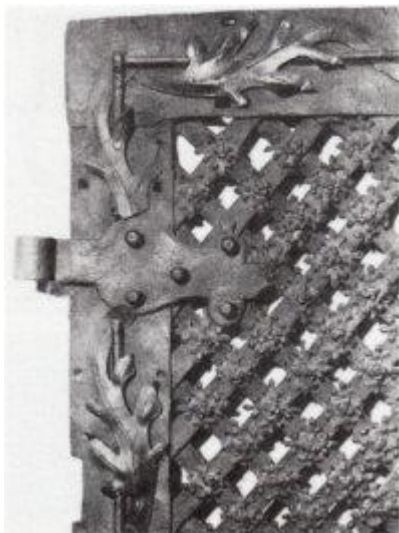


Abbildung 4: Ausschnitt aus einer spätgotischen Eisentür Ende 15. Jahrhundert, Türgröße 173 x 91. Schmiedemuseum Burg Altena.

Man konnte dieses rohe Eisen erst einsetzen, wenn es, wie es damals hieß, „gereinigt“ oder „aufgefrischt“ worden war. Diesen Vorgang bezeichnete man daher damals wie heute als „Frischen“. Hierbei wurden und werden unter der Einwirkung von Luftüberschuss in der Hauptsache Kohlenstoff und weitere Begleitelemente herausgebrannt. Zur Herstellung eines geeigneten Fertigproduktes waren also nunmehr zwei Arbeitsgänge erforderlich, nämlich die Reduktion der Eisenerze zu Roheisen und anschließend das Frischen zu schmiedbarem Eisen, also zu Stahl. Der Frischvorgang wurde in sog. Frischfeuern durchgeführt.

Spuren der gewerbsmäßigen Roheisenerzeugung im Hochofen sind bis in den Anfang des 14. Jahrhunderts nachweisbar. Neben der Herstellung geschmiedeter Gebrauchsgüter und Kunstwerke (Abbildung 4) erlangte um 1500 auch der Eisenguss von Kugeln, Glocken, Gewichten und Ofenplatten (Abbildung 5) allgemeine Bedeutung.



Abbildung 3: Eisenerzeugung im Stückofen, 16. Jahrhundert.



Abbildung 5: Gegossene Ofenplatte mit hüttenkundlichen Darstellungen aus der Ofenplattensammlung des Stahlinstitut VDEh.

Durch das allmähliche Schwinden der Bestände an Holz wurde die Umstellung der Hochöfen auf Koks erzwungen. Erstmals gelang dies 1709 A. Darby in England, der damals führenden Industrienation. 1796 wurde in Gleiwitz, Oberschlesien, der erste Kokshochofen in Deutschland in Betrieb genommen (Abbildung 6).

Durch die Kokstechnologie und den Einsatz von Dampfmaschinen steigerte sich die Produktivität der Hochöfen derart, dass die nachgeschalteten Erzeugungsstufen — Stahlerzeugung in Frischöfen und Umformen zum Engpass wurden. Die Lösung brachte das 1784 in England erfundene im Verbund mit einem Walzwerk arbeitenden Puddelverfahren (Abbildung 7).

Mit ihm gelang es nicht nur, den Produktionsfluss zu glätten, sondern insbesondere auch die Stahlerzeugung von Holzkohle auf Koks umzustellen. Hierbei galt es, den unerwünschten Übergang von Schwefel aus Kohle oder Koks in den Stahl zu vermeiden, der diesen „warmbrüchig“ macht. Henry Cort konstruierte einen Flammofen, in dem das Roh-eisen nur mit den sauerstoffreichen Verbrennungsgasen in

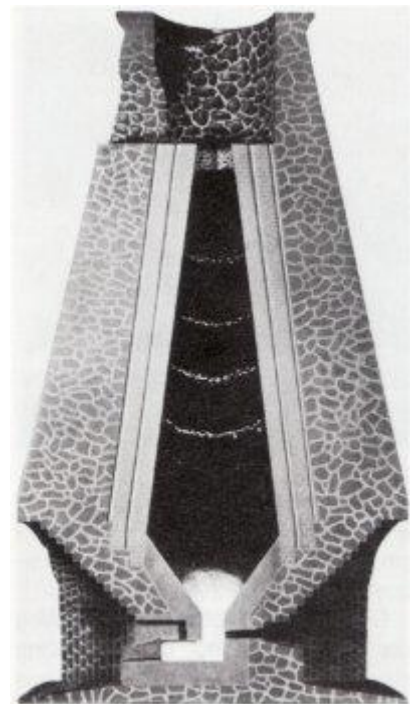


Abbildung 6: Erster deutscher Kokshochofen. Erbaut 1796 in Gleiwitz/Oberschlesien.

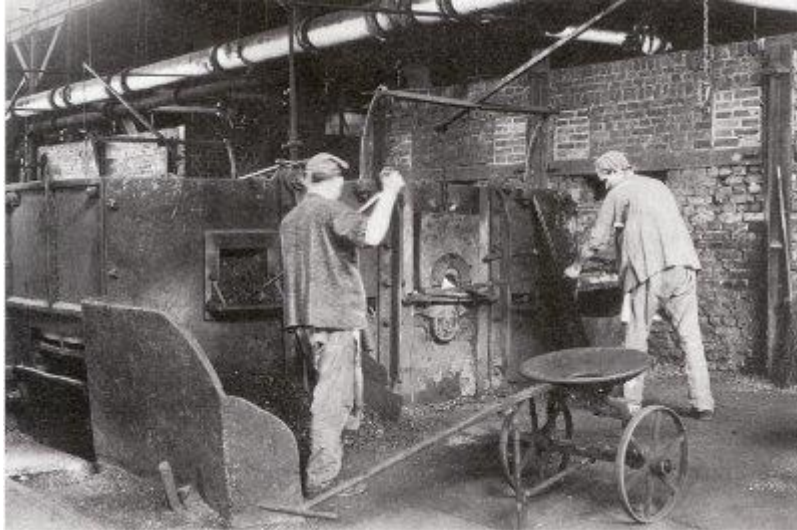


Abbildung 7: Puddler bei der Arbeit

Berührung kommt. Während des Frischprozesses wurde das Roheisenbad umgerührt (auf Englisch: to puddle). Der fertige Stahl lag als Luppe vor, die man anschließend direkt zu Walzstahl weiterverarbeitete. Abbildung 8 zeigt ein für die damalige Zeit typisches Hüttenwerk.

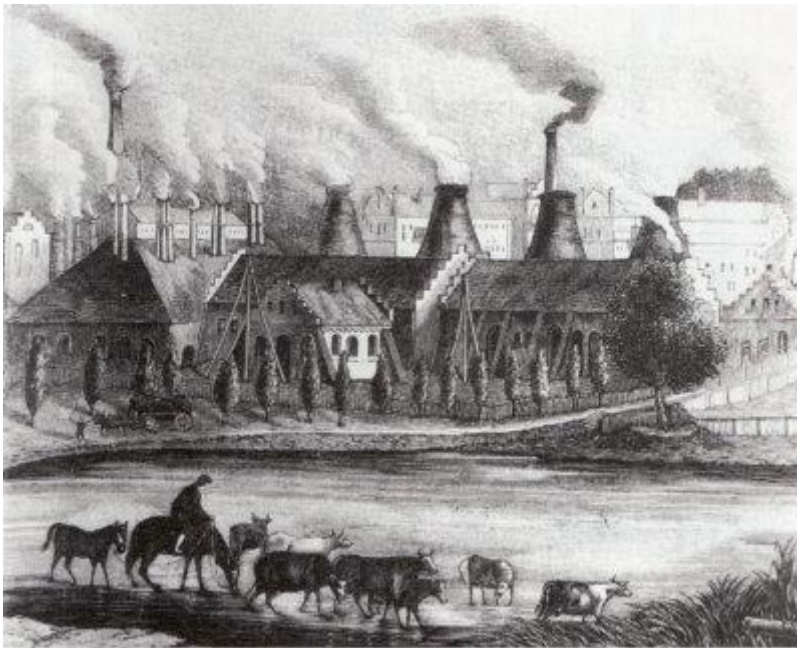


Abbildung 8: Die Laurahütte in Oberschlesien um 1840

Flüssigen Stahl stellte erstmals B. Huntsmann mit seinem Tiegelstahlverfahren im Jahr 1740 her. In Deutschland gelang dies zu Anfang des 19. Jahrhunderts. Das Tiegelstahlverfahren stellte ein Umschmelzverfahren dar, da hierbei nach besonderen Methoden aufgekohlter („zementierter“) Stahl verflüssigt wurde.

Das Zeitalter der Massenschahlerzeugung wurde im Jahre 1856 durch Henry Bessemer eingeleitet. Die schnell wachsende Roheisenerzeugung im Kokshochofen wurde durch ein leistungsfähiges Stahlerzeugungsverfahren ergänzt. Das Verfahren von Henry Bessemer bestand darin, Luft von unten durch flüssiges Roheisen zu pressen. Die Eisenbegleiter konnten so auf einfache Weise in kürzester Zeit unter Wärmeabgabe verbrannt werden. Als Ergebnis entstand flüssiger homogener Stahl. Das Bessemer-Verfahren wurde in einem birnenförmigen Gefäß, dem Konverter, durchgeführt (Abbildung 9).

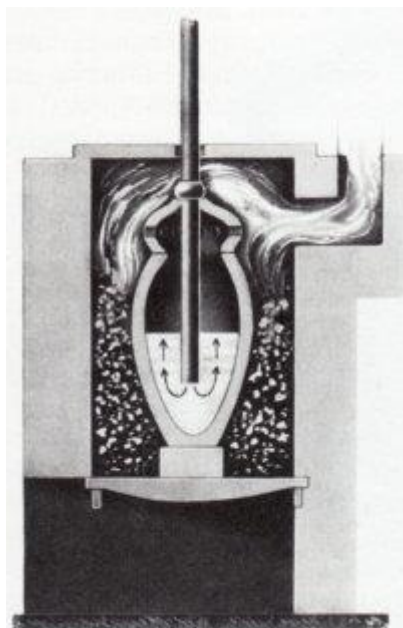


Abbildung 9: Schnittbild der Versuchsbirne von Henry Bessemer zur Stahlerzeugung (1856).

Die feuerfeste Ausmauerung bestand aus einer kieselsäurehaltigen Auskleidung. Diese „saure“ Auskleidung war nur zum Frischen des relativ seltenen phosphorarmen Roheisens zu Stahl geeignet. Im Jahre 1879 gelang dem Engländer Sidney Gilchrist Thomas das Frischen von phosphorreichem Roheisen, indem er den Konverter mit einem „basischen“ Futter aus Dolomit versah (Abbildung 10).

Um 1865 gelang auch die Entwicklung eines weiteren leistungsfähigen Stahlerzeugungsverfahrens, das Roheisen und/oder Schrott im regenerativ beheizten Herdofen zu Stahl umwandelte. Nach den Erfindern wurde es Siemens-Martin-Verfahren genannt. Als elektrische Energie in ausreichender Menge zu wirtschaftlichen Preisen erzeugt wurde, konnte man auch die elektrische Wärme zur Stahlerzeugung heranziehen. Erste Versuche dazu gehen bis in die Zeit um 1850

zurück. Heute haben sich die Elektrolichtbogenöfen einen festen Platz gesichert.

Bereits Henry Bessemer hatte erkannt, dass die Verwendung von reinem Sauerstoff den Frischvorgang stark beschleunigen würde. Da aber zu jener Zeit reiner Sauerstoff nicht herstellbar war, blieb diese Idee unrealisiert. Erst um 1930 konnte man reinen Sauerstoff zu vertretbaren Preisen erzeugen. Nachdem man anstelle des Durchblasens — wie bei Thomas- oder Bessemer-Verfahren — ein Aufblasen von Sauerstoff gewählt hatte, gelang den Sauerstoffblas-Verfahren nach dem

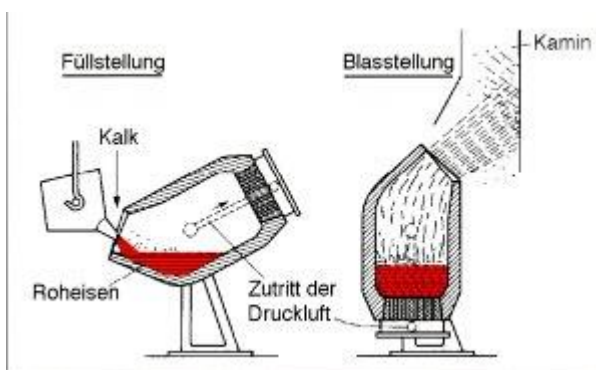


Abbildung 10: Schema des Thomasverfahrens im birnenförmigen Konverter; dabei wurde zum Frischen von Roheisen zu Stahl von unten Luft durch die Schmelze geblasen.

Zweiten Weltkrieg überall ein stürmischer Durchbruch, zu Lasten des Thomas- Verfahrens sowie des Siemens- Martin-Verfahrens. Heute wird in Deutschland Stahl nur noch in Sauerstoff-Blasstahl-Werken — das erste ging 1957 in Betrieb — und in Elektrostahlwerken erzeugt.

Der ursprüngliche „direkte“ Weg der Stahlerzeugung, bei dem ohne die Zwischenstufe des Roheisens Stahl entstand, wird heute wieder mit Hilfe der an Bedeutung gewinnenden Verfahren der Direktreduktion beschritten. Metallurgisch gesehen stellt die Erzeugung von Roheisen aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes einen Umweg dar.

Parallel zur Stahlerzeugung entwickelte sich im 19. Jh. auch die Walzwerks- und Schmiedetechnik rasant. Es galt, einerseits den Herausforderungen der Mitte des Jahrhunderts einsetzenden Massenstahlerzeugung zu entsprechen sowie andererseits den Bedarf der sich formenden Industriegesellschaft an neuen Produkten zu befriedigen (Abbildung 11).

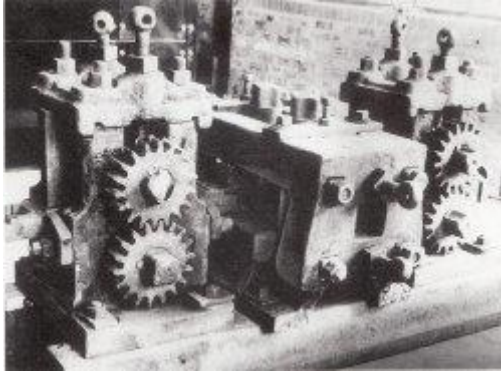


Abbildung 11: Universalwalzwerk mit horizontal-vertikal-horizontaler Anordnung der Walzen von 1867.

Genannt seien nur beispielhaft der Bau des Hammers „Fritz“ 1861, der beispielsweise die Herstellung von Schiffswellen für die neuen Dampfer ermöglichte, sowie die Konstruktion und laufende Vervollkommnung von Walzwerken zur Herstellung von Blechen — vom Feinblech bis hin zu Panzerplatten —, von Schienen, Trägern und Draht sowie von Rohren. Zur Leistungssteigerung entwickelte man ab Ende des Jahrhunderts kontinuierlich arbeitende Walzstraßen zunächst für Draht später auch für Bleche. Die erste Konti-

warmbandstraße in Deutschland ging 1937 in Betrieb, das erste kontinuierliche Kaltbandwalzwerk 1953.

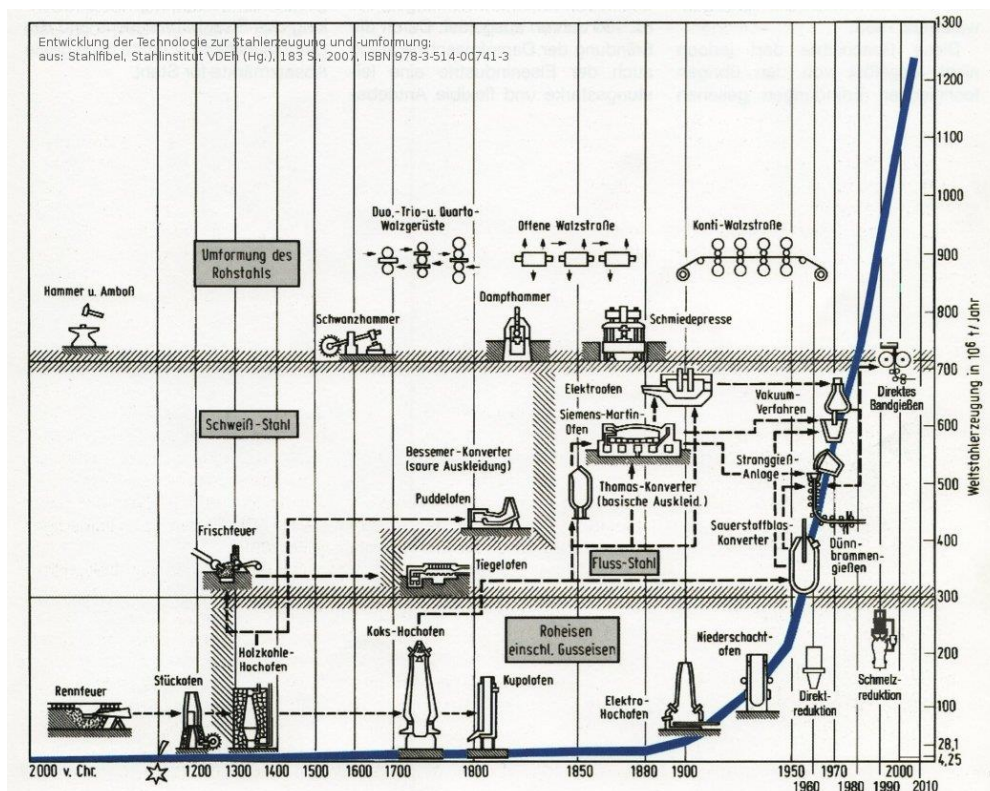


Abbildung 12: Entwicklung der Technologien zur Stahlerzeugung und -umformung; Weltstahlerzeugung.

Diese Geschichte darf jedoch nicht losgelöst von den übrigen technischen Erfindungen gesehen werden. Die Impulse für die starke Zunahme der Stahlerzeugung wurden durch das Zusammentreffen mehrerer technischer Erfindungen und technischer Entwicklungen vor rd. 150

Jahren ausgelöst: Durch die Erfindung der Dampfmaschine stand auch der Eisenindustrie eine leistungsstarke und flexible Antriebsquelle zur Verfügung; der aus der reichlich vorhandenen Steinkohle erzeugte Koks war ein geeigneter Brennstoff und Reduktionsmittelträger bei der Verhüttung; die Entwicklung des Eisenbahnwesens und der Dampfschiffahrt schaffte neue große Absatzmärkte für Stahl.

Text mit freundlicher Genehmigung des Verlages Stahleisen aus: Stahlfibel, Stahlinstitut VDEh (Hg.), 184 S., 2007, ISBN 978-3-514-00741-3, Verlag Stahleisen, Düsseldorf, DE