

**FWU - Schule und Unterricht**

**DVD 46 10382** 15 min, Farbe



FWU-Klassiker

# **Moderne Eisen- und Stahlgewinnung**

FWU –  
das Medieninstitut  
der Länder



**Lernziele - nach Lehrplänen und Schulbüchern**  
*Einblick erhalten in großtechnische Verfahrensweisen zur Eisen- und Stahlgewinnung; die technischen Anlagen (z. B. Hochofen, Konverter und Lichtbogenofen) kennen lernen; die chemischen Vorgänge erkennen und in Reaktionsgleichungen formulieren können*

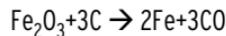
### **Kurzbeschreibung:**

*Nach wie vor gilt Eisen in seinen Formen Guss-eisen und Stahl als äußerst attraktiver Werkstoff. Moderne Verfahren zur Aufbereitung der Ausgangsstoffe (Eisenerz und Kohle), zur Eisenreduktion im Hochofen sowie die Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl mittels des Sauerstoffblas-Verfahrens bzw. des Elektro-stahl-Verfahrens werden im Film vorgestellt. Zahlreiche Trickaufnahmen geben die grundlegenden Vorgänge eindrucksvoll wieder.*

### **Zum Inhalt**

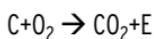
Nach Aluminium ist Eisen das zweithäufigste Metall und mit einem Anteil von rund 4,7 % nach Sauerstoff, Silicium und Aluminium das vierthäufigste Element der Erdkruste. Der Erdkern soll zu 90 % aus Eisen (und 10 % Nickel) bestehen. Das Auftreten von zahlreichen Eisenmeteoriten spricht dafür, dass dieses Metall im gesamten Sonnensystem sehr häufig ist. Infolge seines unedlen Charakters kommt reines Eisen (weißes, glänzendes Metall) nicht vor. Eisenverbindungen (Oxide, Carbonate, Sulfide und Silicate) sind in der Natur jedoch weit verbreitet. So geben Eisenoxide dem Erdboden seine gelbe bis rötlich-braune Farbe. Besonders angereicherte Vorkommen werden als Eisenerze bezeichnet; sie lohnen den Abbau und werden zur technischen Roheisenerzeugung genutzt. Die wichtigsten Eisenerze sind Magnetisenstein ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Rot-eisenstein ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Brauneisenstein ( $\text{FeO(OH)}$ ) und Eisenspat ( $\text{FeCO}_3$ ). 2005 wur-

den weltweit 1520 Millionen Tonnen Eisenerz gefördert, vor allem in der VR China (370 Mill. t), in Brasilien (300 Mill. t), in Australien (280 Mill. t), in Indien (140 Mill. t) und Russland (97 Mill. t). In Deutschland wurde die letzte Grube in der Oberpfalz 1987 wegen Unrentabilität geschlossen. Jetzt wird Eisenerz aus Brasilien, Venezuela, Liberia, Australien, Schweden und Kanada importiert und auf Wasserstraßen zu den Hochofen geliefert. Die abgebauten Roherze stellen keine reinen Mineralien dar, sondern sind Gemenge aus Eisenverbindungen und Begleitmaterialien (Gangart). Am Anfang der Erzaufbereitung steht das Zerkleinern (Brechen) grobstückiger Erze. Mittels Magnetscheider und Spiralscheider oder bei der Flotation werden Verunreinigungen abgetrennt, und das Erz wird angereichert. Beim Sintern wird der sehr feinkörnige Erzstaub mit einem Bindemittel gemischt und zu einem harten, porenreichen Material (Sinter) zusammengebacken. Im Hochofen kann das Eisen aus oxidischen Verbindungen durch Reduktion mit Kohle in seine elementare Form zurückgeführt werden.



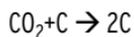
Die eingesetzte Kohle muss in so genannten Kokereien zuvor aufbereitet werden. Unter Luftabschluss wird sie in sehr schmalen, aber langen und hohen Kammern auf 1200 - 1300 °C erhitzt. Dabei entweichen rund 20 % flüchtige Bestandteile (Feuchtigkeit, Gase und Kohlenwasserstoffe). Der zurückbleibende Koks enthält nahezu ausschließlich Kohlenstoff (etwa 95 %). Durch Sintervorgänge während der Verkokung wird der Koks hart, druckfest und porös. Damit ist er für den Hochofenprozess geeignet. Solche Hochofen sind etwa seit dem 16. Jahrhundert in Betrieb. Sie bestehen aus jeweils

zwei übereinander gesetzten abgestumpften Kegeln aus hitzebeständigen Schamottsteinen, die von einem Stahlmantel umgeben sind. Der obere Kegel, der etwa drei Fünftel der gesamten Höhe ausmacht und dessen oberes Ende Gicht genannt wird, heißt Schacht, der untere Rast. Mit dieser Form wird erreicht, dass sich das oben eingefüllte Material trotz Wärmeausdehnung störungsfrei nach unten bewegen kann. Im Bereich der Rast nimmt das Volumen des Materials durch Verbrennungs- und Schmelzvorgänge wieder ab. Damit keine Hohlräume entstehen, wird der Ofendurchmesser entsprechend kleiner. Das zur Beschickung (Begichtung) des Hochofens erforderliche Material wird durch Schrägaufzüge zur Gicht befördert und über eine doppelte Glockenschleuse, die das Entweichen von Staub und Gasen verhindert, ins Innere des Schachts entleert. Abwechselnd wird eine Schicht Koks und eine Schicht Möller (das Gemisch aus Erz mit Gangart und Zuschlägen wie Kalk oder Feldspat, die notwendig sind, um die Gangart in eine niedrig schmelzende Schlacke überzuführen) eingebracht. Die Schichten wandern langsam nach unten, während heiße Gase nach oben strömen. Bei Inbetriebnahme eines neuen Hochofens wird die unterste Koksschicht mithilfe der in den Winderhitzern auf 1000 - 1350° C erhitzten Luft, die über eine Ringleitung und zahlreiche Düsen mit Druck eingeblasen wird, entzündet. Der Koks verbrennt zu Kohlenstoffdioxid. Dabei steigt die Temperatur auf bis über 2000° C an:

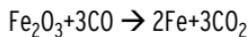


Das heiße Kohlenstoffdioxid ist bei diesen hohen Temperaturen in Gegenwart von Kohlenstoff nicht beständig. Es reagiert zu

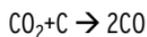
Kohlenstoffmonoxid (Boudouard-Reaktion):



Gleichzeitig spielen sich mehrere Nebenreaktionen ab, die hier nicht näher erläutert werden sollen, unter anderem aber reduzierendes Wasserstoffgas freisetzen (aus der Reaktion der Luftfeuchtigkeit mit Koks). Das heiße Kohlenstoffmonoxid gelangt, da der angeblasene Hochofen wie ein Schornstein zieht, in die darüber liegende Eisenoxidschicht, reduziert dort das Oxid zum Metall und wird selbst zu Kohlenstoffdioxid oxidiert. Das Kohlenstoffmonoxid ist das eigentliche Reduktionsmittel:



Dies ist nur eine beispielhafte Reaktionsgleichung, da das Eisen in mehreren Oxidationsstufen vorliegt und somit verschiedene Oxide im Hochofen nebeneinander vorkommen. Das weiter aufsteigende Kohlenstoffdioxid wird in der folgenden Koks-schicht wieder reduziert zu Kohlenstoffmonoxid,



das erneut das darüber geschichtete Erz zu Eisen reduziert usw. Je höher die Gase aufsteigen, umso mehr kühlen sie ab. In den Schichten unter etwa 1000 °C wird das Kohlenstoffdioxid aufgrund der Lage des Boudouard-Gleichgewichts nicht mehr in Kohlenstoffmonoxid verwandelt. Hier reagiert nur noch das von unten mit aufsteigende Kohlenstoffmonoxid und führt in geringerem Umfang zur Bildung von elementarem Eisen. Andererseits löst sich der nach dem Boudouard-Gleichgewicht gebildete, fein verteilte Koh-

lenstoff in Eisen, wodurch der Schmelzpunkt des reduzierten Eisens auf 1100 - 1200 °C sinkt, so dass das kohlenstoffhaltige Roheisen tropfenförmig durch den glühenden Koks läuft und sich am Boden des Hochofens unterhalb der spezifisch leichteren, aus Gangart und Zuschlag entstandenen Schlacke ansammelt. Alle vier bis sechs Stunden wird abgestochen. Die Schlacke wird dabei vom Eisen getrennt und zu Splitt, Zement oder Dünger weiterverarbeitet. Das Roheisen selbst wird in Formen gegossen oder in Pfannen direkt zur Weiterverarbeitung transportiert. In den oberen, kalten Teilen des Schachts (200 - 300 °C) findet keine Reduktion mehr statt. Erz, Koks und Zuschläge werden hier durch das aufsteigende Gas vorgewärmt. Das entweichende Kohlenstoffmonoxid-Kohlenstoffdioxid-Gemisch (Gichtgas) dient nach der Entfernung von Staub zur Erwärmung der Luft in den Winderhitzern durch Verbrennung (Wärmeaustausch). Der Hochofen ist ohne Unterbrechung bis zu 10 Jahre in Betrieb. Anschließend muss er vollständig neu ausgekleidet werden. Moderne Schachtöfen sind bis zu 60 m hoch und liefern täglich bis zu 11.000 t Roheisen. Wegen seines verhältnismäßig hohen Kohlenstoffgehaltes (bis 4 %) ist es spröde und bricht. Beim Erhitzen erweicht und schmilzt es ganz plötzlich. Roheisen kann daher weder geschmiedet noch geschweißt, sondern nur gegossen werden (Gusseisen zur Herstellung von Öfen, Maschinenteilen oder Röhren). Um schmiedbares Eisen (Stahl) zu erhalten, muss der Kohlenstoffgehalt auf unter 2 % gesenkt werden (Frischen). Für das Sauerstoffaufblas-Verfahren wird das flüssige Roheisen in einen 200 - 400 t fassenden, feuerfest ausgekleideten und kippbaren Behälter, den Konverter, gefüllt. Durch eine wassergekühlte Lanze bläst man Sauerstoff mit einem Druck von bis zu einem MPa auf die

Schmelze. Bei der Oxidation von Kohlenstoff zu Kohlenstoffmonooxid, das nach oben entweicht, wird Wärme frei, sodass die Temperatur der Schmelze während des Frischens von 1250 °C bis auf etwa 1600 °C ansteigt. (Zur Kühlung setzt man Schrott hinzu, der so wiederverwertet wird.)

Auch Begleitelemente des Roheisens (Phosphor, Silicium, Mangan) werden dabei exotherm in die Oxide übergeführt. Durch geeignete Zuschläge (vor allem Kalk) werden sie verschlackt und vom Metall getrennt. Bevor größere Mengen an Eisenoxiden entstehen können, wird das Verfahren beendet (Blaszeit beträgt etwa 20 Minuten). Pro Stunde erzeugt man auf diese Weise bis zu 500 t Stahl. Durch kombinierte Verfahren mit Aufblas- und Bodenblastechnik (Sauerstoff wird durch Ringspaltdüsen im Boden des Konverters durch die Schmelze geblasen) und hoch technisierte Analysemethoden kann die Eisenverschlackung niedrig gehalten und ein sehr genau geforderter Kohlenstoffgehalt erreicht werden. Zunehmend an Bedeutung gewinnt das Elektrostahl-Verfahren, durch das mehr als ein Viertel des Rohstahls (vor allem Qualitäts- und Edeltähle) erzeugt werden. Als Einsatzstoff dient überwiegend Edeltahlschrott. In einen feuerfesten, kippbaren Lichtbodenofen mit einem Fassungsvermögen von 200 - 400 t Schmelze werden durch den Deckel zwei etwa drei Meter lange Graphitelektroden mit einem Durchmesser von einem halben Meter eingeführt. Zwischen Elektroden und Metallfüllung entsteht ein Lichtboden. Der elektrische Strom dient hier als „Wärmequelle“. Er bringt das Metall zum Schmelzen. Der erforderliche Sauerstoff stammt zum Teil aus dem Schrott oder wird nach Bedarf zugeführt.

Der geschmolzene Rohstahl wird aus dem Konverter bzw. dem Elektroofen in eine Gieß-

pfanne abgestochen. Um gelöste Gase, die die Erstarrung und die Güte des Stahls beeinträchtigen, zu entfernen, erfolgt eine Vakuumbehandlung. Dabei können gemäß der Stahlverwendung Veredler (Chrom, Mangan, Molybdän, Nickel, Titan oder Vanadium) zugesetzt werden, um bestimmte Eigenschaften des Stahls zu erhalten. Zur weiteren Verarbeitung wird die Stahllegierung überwiegend in Stranggussanlagen geleitet, wo die Stahlschmelze unter Wasserkühlung fortlaufend zu einem langen Strang vergossen wird. Mittels Brennschneidemaschinen wird er in etwa 20 m lange Blöcke (Brammen) zerteilt. Der weitaus größte Teil wird in den Warmwalzen (bei 1200 - 1300 °C) zwischen gegenläufigen Walzen zu Blechen, Profilen, Drähten usw. geformt, ein geringer Teil durch Schmieden oder Pressen.

## Zur Verwendung

Als technisch bedeutende Redoxreaktion wird der Hochofenprozess in der Sekundarstufe I behandelt. Ergänzend zu den Laborversuchen bietet der Film die Möglichkeit, die Kohleveredelung in einer Kokerei und die Hochofenvorgänge mitzuerleben, das Abstechen des Roheisens und seine Weiterverarbeitung zu Stahl im Konverter bzw. im Elektroofen zu verfolgen und im Trick die chemischen Vorgänge zu erkennen.

## Produktion

Target Film & Video Produktion GmbH, München, Uwe von Schumann, Jürgen A. Knoll, im Auftrag des FWU Institut für Film und Bild, und Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1997

## Buch

Dr. Manfred Baur, Dr. Günter Nöll

## Regie

Dr. Manfred Baur

## Kamera

Michael Sigloch

## Kameraassistent

Uwe Naumeister

## Licht

Andy Stein, Andreas Wagner

## Ton

Heinz A. Staubitz

## Animation

Michael Paul

## Schnitt

Caroline Meier

## Produktionsleitung

Rüdiger Jordan

## Begleitkarte

Monika Nather

## Bildnachweis

© Target Film & Video Produktion GmbH, München

## Redaktion

Dr. Robert Anzeneder

**Verleih** durch Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen

**Verkauf** durch FWU Institut für Film und Bild, Grünwald

Nur Bildstellen/Medienzentren: öV zulässig

© 2008

FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiseltalsteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-300  
E-Mail info@fwu.de  
vertrieb@fwu.de  
Internet www.fwu.de



FWU Institut für Film und Bild  
in Wissenschaft und Unterricht  
gemeinnützige GmbH  
Geiselgasteig  
Bavariafilmplatz 3  
D-82031 Grünwald  
Telefon (0 89) 64 97-1  
Telefax (0 89) 64 97-300  
E-Mail [info@fwu.de](mailto:info@fwu.de)  
Internet <http://www.fwu.de>

**zentrale Sammelnummern für  
unseren Vertrieb:**

**Telefon (0 89) 64 97-4 44**  
**Telefax (0 89) 64 97-2 40**  
**E-Mail [vertrieb@fwu.de](mailto:vertrieb@fwu.de)**

Laufzeit: 15 min  
Kapitelwahl auf DVD-Video  
Sprache: Deutsch

**Systemvoraussetzungen  
bei Nutzung am PC**

DVD-Laufwerk und  
DVD-Player-Software,  
empfohlen ab Windows 98

Alle Urheber- und  
Leistungsschutzrechte  
vorbehalten.  
Nicht erlaubte  
Nutzungen werden zivil-  
und/oder strafrechtlich  
verfolgt.

**LEHR-  
Programm  
gemäß  
§ 14 JuSchG**

## FWU - Schule und Unterricht

**46 10382** DVD mit Kapitelwahlpunkten  
15 min, Farbe

FWU-Klassiker

### Moderne Eisen- und Stahlgewinnung

Wegen seiner vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten und des günstigen Preises ist Eisen der wichtigste metallische Werkstoff. Die Herstellung von Eisen im Hochofenprozess und seine Veredelung zum Stahl haben sich aufgrund von Umweltschutzvorschriften und neuen technischen Erkenntnissen in den letzten Jahren gewandelt, wenn auch der grundlegende Prozess gleich blieb. Mithilfe von Animationen und Real-aufnahmen werden die chemischen und verfahrenstechnischen Grundlagen veranschaulicht. Bei diesem Film handelt es sich um eine FWU-Produktion aus dem Jahr 1997.

### Schlagwörter

Chemische Reaktion, Eisen, Eisenverarbeitung, Hochofen, Hüttenwerk, Konverter, Roheisen, Roheisengewinnung, Stahl, Stahlgewinnung

### Chemie

Physikalische Chemie • Bindung, Struktur, Eigenschaften  
Angewandte Chemie • Technische Chemie

### Berufliche Bildung

Metalltechnik • Werkstofftechnik, Werkstoffe

Allgemeinbildende Schule (8-13)  
Berufsbildende Schule  
Erwachsenenbildung