

# Eisen und Stahl

1.Historie

2.Vorkommen

3.Gewinnung

4.Bearbeitung

5.Verwendung

Namen: Eisen, lat. Ferrum > Fe  
Eisen > Gusseisen (C < 5%)  
Stahl > Eisenlegierungen (C < 2%)

Meteoreisen (Fe, Ni), Fund, 1576



# 1. Historische Eisenfunde

v.Chr.

4000 - Mesopotamien  
2000 Anatolien

Ägypten  
Cheopspyramide  
Meteoreisen  
Eisenschwamm

Mitteleuropa  
Noricum (A)

800 China, Indien  
Schmiedeeisen  
(Spuren)

\* Bronzewaffen >> Eisenwaffen !  
Schmuckstücke aus Eisen

Griechen, **Hethiter\***, Assyrer, Ägypter  
1200 v. Chr.



Messer, Speerspitzen. Schwerer  
Helme, Schilde etc. **Eisenrost**



Strettweger Kultwagen, Steiermark, Fe, ca. 2000 v.Chr.

# Verwendung von Eisen bei den Römern

Römischer Reisewagen  
2 Pferde, Nachbau, Xanten



Römisches Kurzsword  
Gladius, ca. 50cm



Röm.  
Gladius.

# Eiserne Säule, Delhi, Indien



Erbaut ca. 400 n.Chr.

König Chandragupta II

Teil eines Vishnu – Tempel  
Indische Astronomie

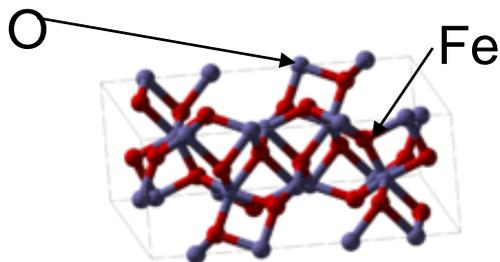
L= 7.2 m	Fe	98	%
d= 0.4 m	P	~ 1	
G= 6.5 t	.....		

Korrosionsschutz  
Komplex (Fe, O, H)

Eisenerz, Holzkohle >  
Schmiedeeisen

## 2. Vorkommen, Eisenerze

Roteisenerz, Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )  
Suhl, Thüringen



Magneteisenstein, Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )  
Callenberg, Sachsen



Brauneisenstein ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )  
Pyrit ( $\text{FeS}_2$ )

## Eisenerze: Pyrit, Schwefelkies (FeS)

Kristallisationsform: Pentagondodekaeder



Herkunft: Bolivien



Herkunft: Rumänien

## Eisenerze: Magneteisenstein, Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Kristallisationsform: kubisch, Oktaeder



Herkunftsland: Bolivien, Eisengehalt ~ 40% Gew.

## Steirischer Erzberg, 1532m



Sideritlager ( $\text{FeCO}_3$ )

Eisengehalt 20%-40%  
Zusatzelemente, Mn, Ko

Jahresförderung: 2 Mto/a  
Reichweite: 2020

Steiermark, Österreich



- 1171 Urkundliche Erwähnung
- 1200 Erzabbau in Stollen
- 1720 Pulversprengungen
- 1840 Tagebau
- 1995 Motorrad-Bergrennen

# Erzbergbahn Leoben – Hieflau, Steiermark

Transport von Eisenerz: Erzberg > Donawitz, Hieflau > Linz



Leoben	540 m ü. NN
Präbichl	1204 m ü. NN
Hieflau	489 m ü. NN
Bauzeit	1870 – 1891

Normalspur	1435 mm
Max. Steigung	7%
Max. Geschwind.	80km/h
Länge	48km
Zahnradbetrieb	20km

Ab 1990 nur Personenverkehr  
Adhäsion, Schienenbusse

### 3. Eisengewinnung



Sammelgrube Eisenschmelze

La Tène Öfen,  
ca. 500 vCh – 1500 nCh

Nachbau Fellinghausen ca. 2004

Lehmkuppel

Höhe 1.5m

Gichtöffnung 0.4m

Basisdurchmesser 1.0m

Holzkohle 500kg

Brauneisenstein 150kg

Eisen 18kg

Nat. Luftzug

Windbalk ?

Wasserradgebläse

Schmelzversuch 24h

# 1. Eisenschmelze mit **Koks**, England, 1709, A. Darby



# Hochofenprozess

Schmelzen von Eisenerz:

Stückerz,

Sinter

mit

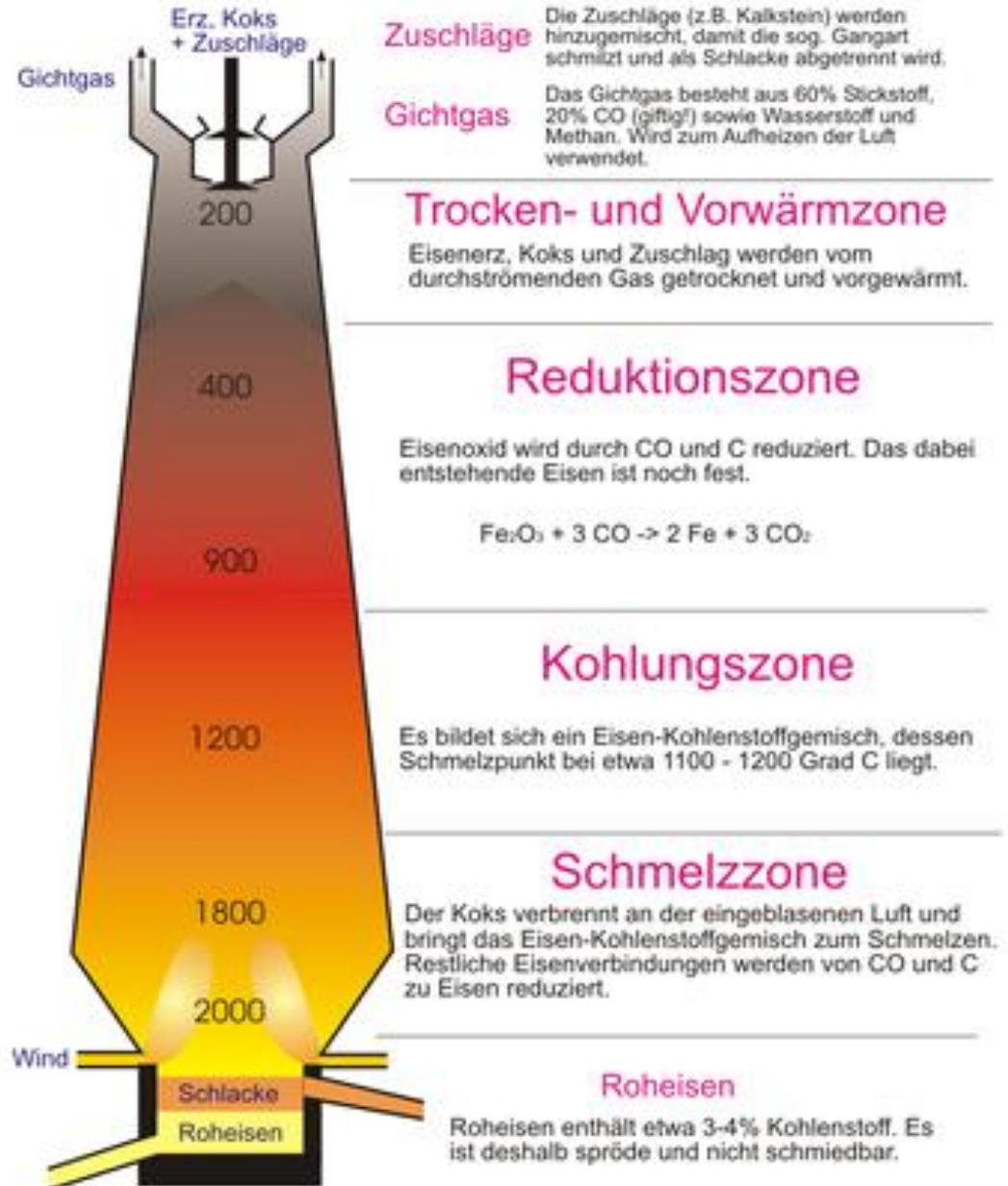
Koks.

Zuschlagstoffe (Kalk)

Sauerstoffzufuhr:

Heißwind (200 – 800)°C

Roheisen: C<4%





## Völklinger Hütte, Saar 1882 – 1916 ... 1986

Hochofen, Abstichöffnung  
Verschlussklappe

Heißwind – Zuleitungsrohre  
ca. 400 000 Nm<sup>3</sup>/h  
Außenkühlung: Wasser  
40 Mm<sup>3</sup>/a > Fluss (Saar)

Hintergrund links:  
Maschine Aufbohren/Stopfen  
Abstichsloch (Schamott/Zement)  
Produktion: <12 000t/d Roheisen

Hüttenbahn (Dampf)  
Transport von flüssigem Eisen  
(1450°C) > Stahlwerk



## Thyssen Stahlwerk, Duisburg

Arbeiter am Hochofen, Schutzmantel mit Al – Beschichtung erst ab 1960 !



## Industrielandtschaft, Hochofenanlage Duisburg - Nord



## Maxhütte, Sulzbach – Rosenberg, Bayern (1561-1932)



Erzvorkommen: Teisenberg (Kelten, Römer)

Reduktionsmittel: Holzkohle (?), Torf (?), Koks (?)

1883 Ausblasen des Hochofens

1932 Gusseisenfabrik, Balkongeländer, Grabkreuze, Ziereisen, Granathülsen

## **Hochofenschlacke: Maxhütte, Schlackenhaus**

„Sozialwohnungen“ für Bergleute,  
Schlackenziegel (Isolierung!)  
Außentreppen (Holz) !



Pankraz von Freyberg  
„Hammerherr“ ab 1561  
Sozialpakt mit Arbeitern

## **Bergmannskapelle**

1571 Pestjahr



# Stahlerzeugung: Sauerstoffblasverfahren (LD-Verfahren)

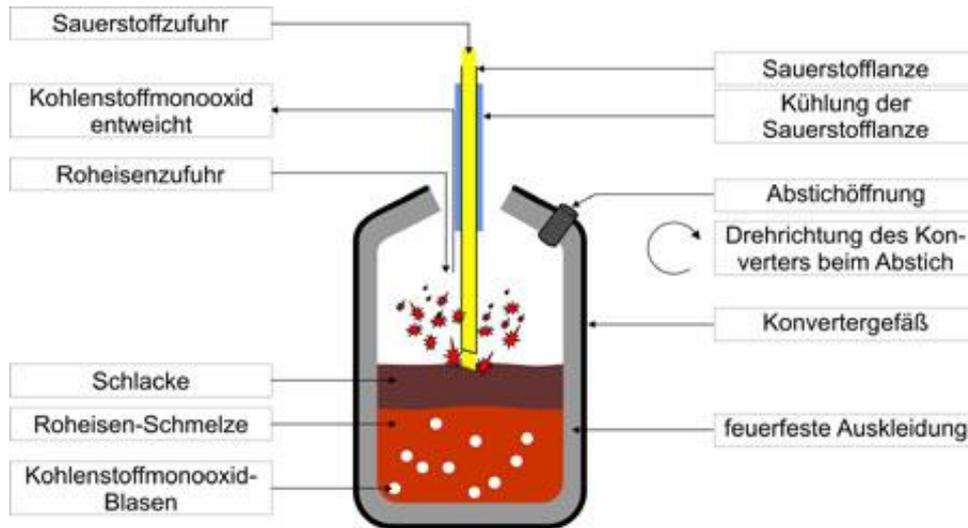
Schamottiegel / Konverter

Roheisen (flüssig), ca. 300t

Sauerstofflanze

Schrottzugabe, Zuschlagstoffe

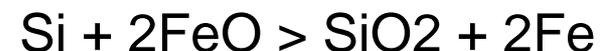
1250 °C – 1600 °C



Konverter



Reduktionsreaktionen:



# Elektroofen zur Stahlerzeugung im Lichtbogen



- + Kohlenstoffelektrode
- Roheisen
- Schrott
- Legierungsmetalle
- Zuschlagstoffe

Elektrostahlverfahren  
Elektrostähle

Elektrischer Lichtbogen  
3000 V, T ~ 3500 °C  
(Bogenlampe)  
Hoher Strombedarf !  
Schwellenländer

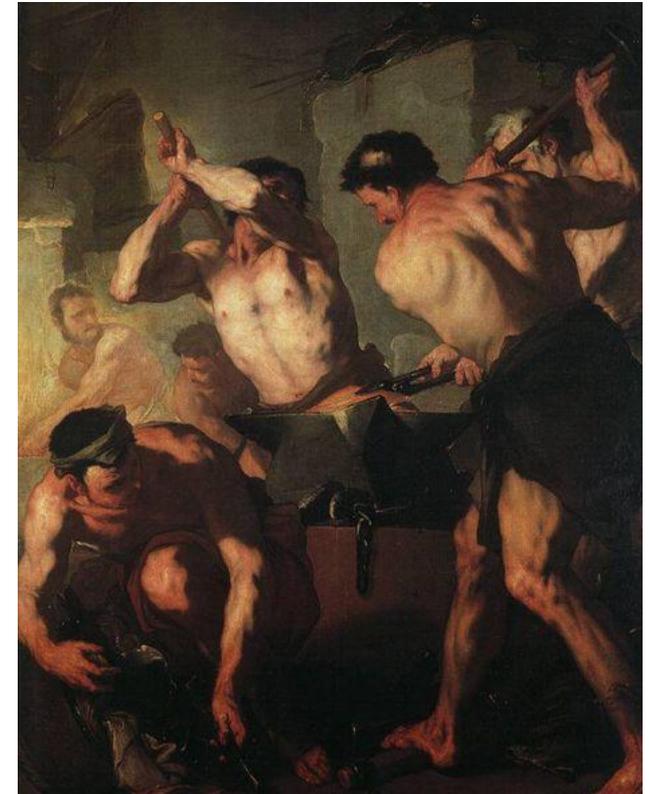


## 4. Eisenbearbeitung

### Antike Schmiedewerkstatt des Hephaistos / Vulkanus



Gemälde von  
Diego-Velázquez, ca. 1630



Gemälde von  
Luca Giordano, ca. 1680

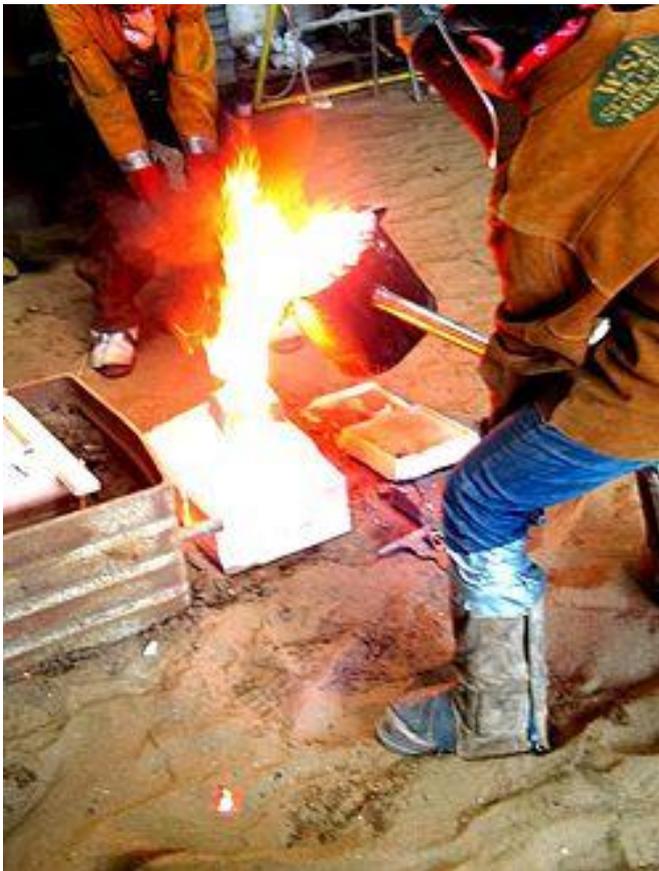
# Schmiedehandwerk

Frühneuzeitliche Schmiedewerkstatt, Hannover, Weihnachtsmarkt, 2005



# Eisenguss

Eisen = Gusseisen  
Kohlenstoffgehalt (2 - 4)%  
England ca. 16.Jhdt.



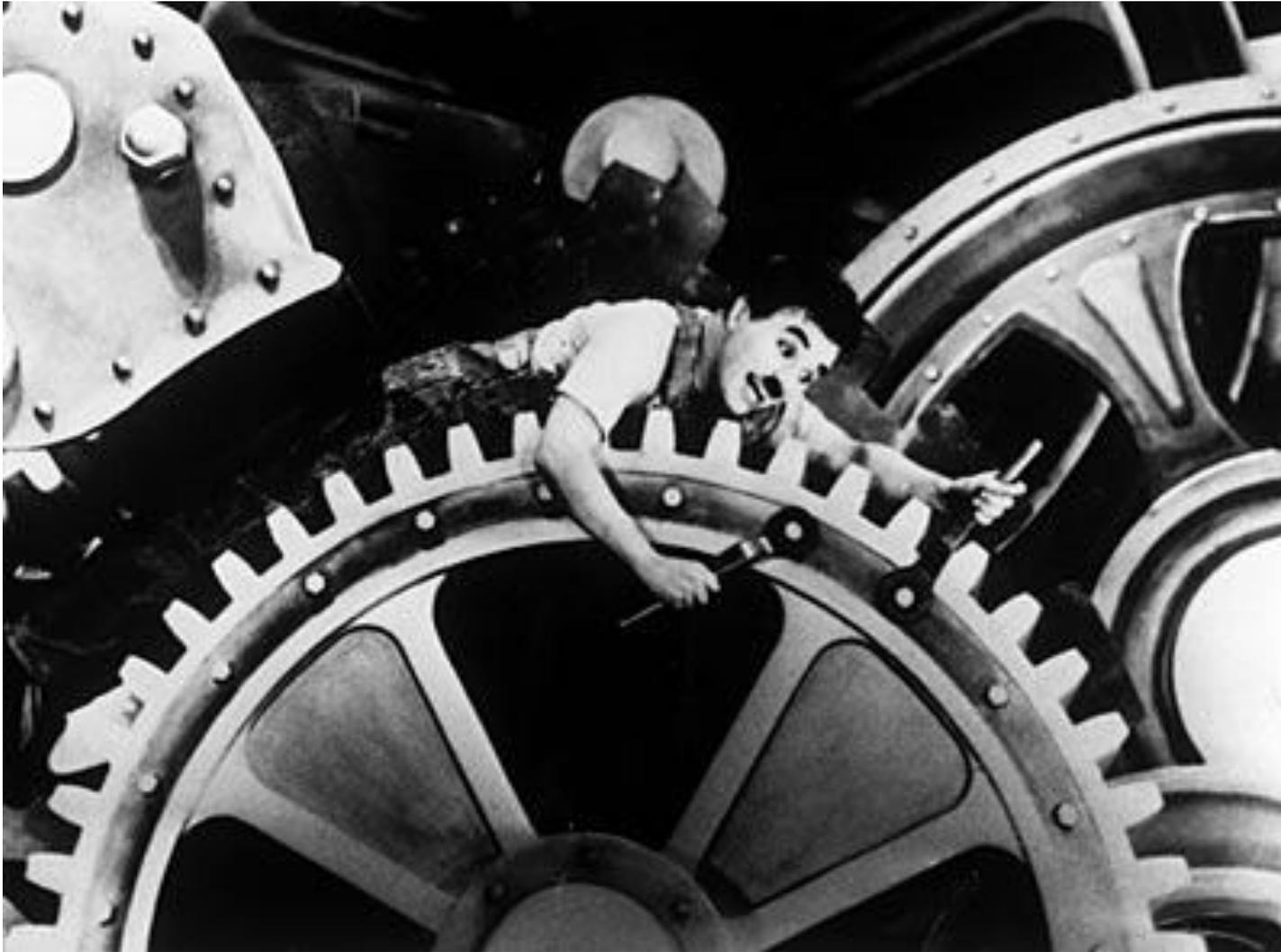
Balkon, Herrenhaus, Altan



Kanaldeckel, Bremen



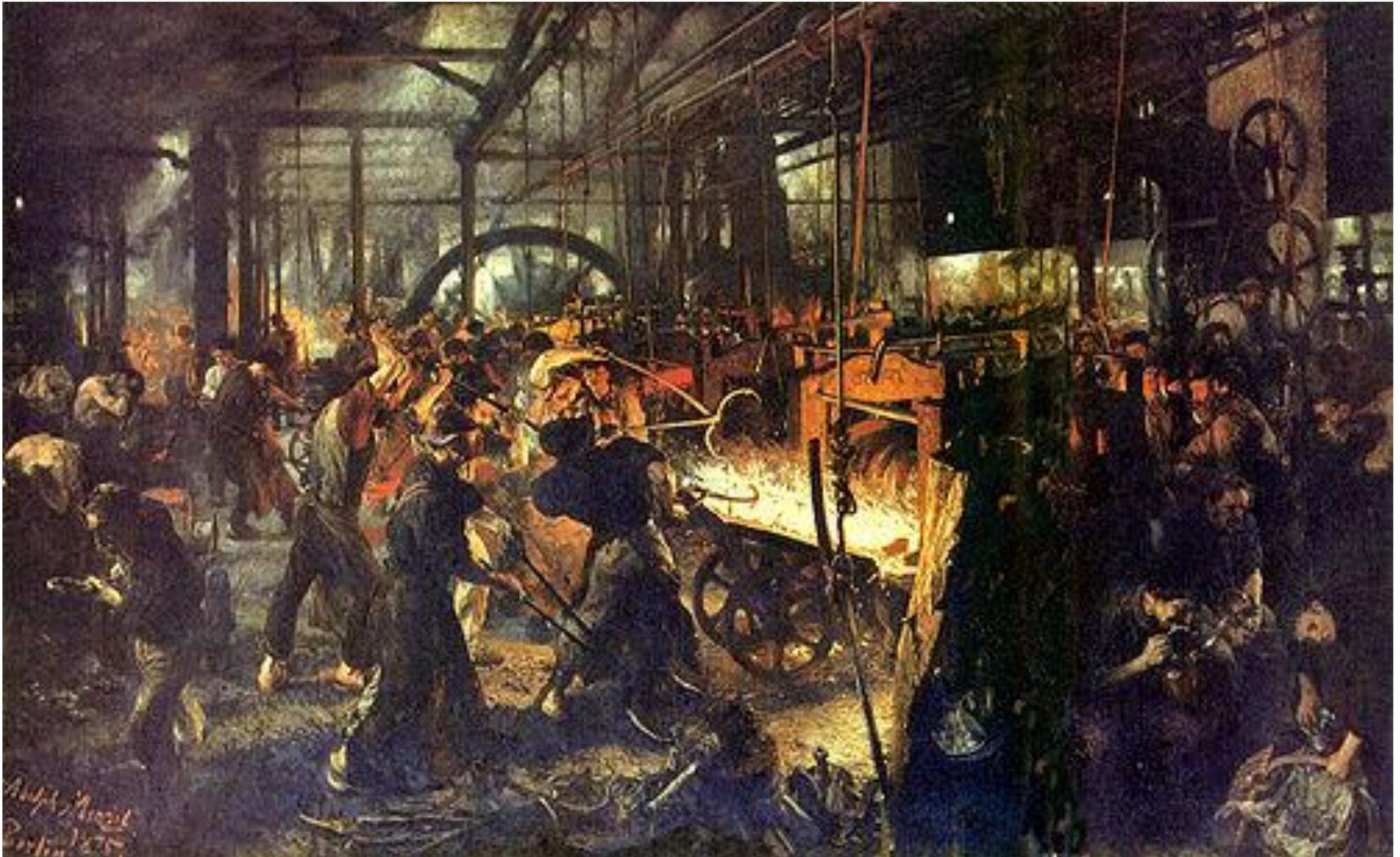
## Eisenguss: Zahnräder (?)



Film: Modern Times, USA, 1936 Ch. Chaplin, Technik- und Zeitkritik.

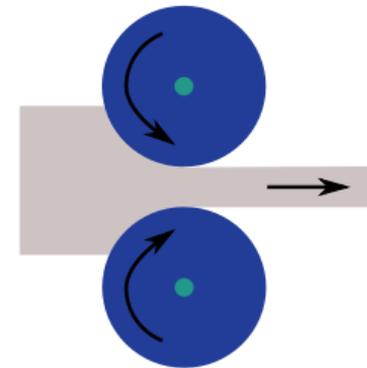
# Eisenverarbeitung

A. F. E. von Menzel: Das Eisenwalzwerk, Königshütte, Oberschlesien  
158cm x 254cm (1872 – 75), Eisenbahnschienen



# Stahlwalzwerke

## VOEST-Alpine Schienenwalzwerk, Leoben, 2006



Industriearomatisierung !  
Eisenbahnschienen:  $L < 120\text{m}$   
Neubaustrecke Hannover – Berlin  
Weichenzungen !

Walzvorgang  
Prinzipskizze

# Verwendungen von Eisen & Stahl (Auswahl)

## 1. Baumaterial

Baustahl

Stahlbeton

Wolkenkratzer

Stahlbrücken

Verkehrswege

Stahlseile

Brücken, Maschinen

Hochspannungsleitungen

Stahlrohre

Pipelines (Öl, Gas etc.).

## 2. Werkstoff

Maschinenbau

Verkehrstechnik

Waffentechnik

Medizintechnik

Haushaltstechnik

Braunkohlebagger

Kranbau

Werkzeugmaschinen.....

Eisenbahn

Automobil (LKW, PKW)

Panzer, Kriegsschiffe

Stahlhelme, Munition....

Dentalgeräte

Herz – Lungen – Maschinen

Prothesen....

Elektrogeräte, Sanitärbereich

## 3. Elektrotechnik

Ferromagnetismus von Fe, Co, Ni

Elektromotoren, Dynamomaschinen, Permanentmagnete

## 5. Verwendung von Eisen

### Die Eisenbrücke / The Ironbridge (1779)

1. Gusseisenbrücke der Welt, Severn (Fluss), Shrewsbury, UK



Spannweite: 30m

5 Eisenfachwerke

Mittelknick

Vorbild: Holzfachwerke

Ursprünglich nur Fährverkehr

18. Jhd.: Industrialisierung  
> Zunahme Verkehrsaufkommen

Brückenbau,  
Finanzierung über Aktien

Wegegeld bis 1950 !



# Stahlbrückenbau

Hohenzollernbrücke, Köln am Rhein (688.5 Stkm)



Baujahre (1859), 1907-11  
Eisenbahn /Straßenbrücke  
Brückenportale

Zerstörung 6-3-1945 (WH)

Wiederaufbau ab 1947  
2 Eisenbahnbrücken

3.S – Bahnbrücke 1985-89

3 Eisenfachwerkbögen  
Baustahl, Nieten, Schweissen  
(119, 168, 123)m, 30m

Max. Geschwind.: 60km/h

Brückennachse = Domachse

Reiterstandbilder Deutscher Kaiser, Liebesschlösser

## Stahlbrückenbau / Bogenbrücken



Fußgänger-/Radfahrerbrücke  
Weil am Rhein (D) – Huningue (F)  
 $L = (230+18)\text{m} = 248\text{m}$   
B=5m, 1000t Stahl,  
Baujahr 2006,  
Schwingungstests 2007

Freigabe 2008

„Dreiländerbrücke“ (Blick auf Basel)



## Stahlbrückenbau: The Rolling Bridge, London



Grand Union Canal

Stahl – Holz –  
Konstruktion

Länge: 12m

Eingerollter Zustand:  
8-Eck

Hydraulikpumpen

Rollvorgang : 3Minuten

Baujahr 2004



## Triftbrücke, Trifttal, CH

Seilbrücke, Wanderer, Bergsteiger  
Kettenlinie, Höhe: 1720m

Vorbild: Nepalesische Seilbrücken  
3 Seile

Länge: 170m

Breite: 0.8m

Lärchenholzplanken: 340

Seilabspannungen gegen  
Sturmschäden.

24 Felsanker

Tiefe 2.5m

Prüflast: 18t

Bauzeit: Mai-Juni 2009



# Stahlbrückenbau: Golden – Gate – Bridge, San Francisco



Hängebrücke

Bauzeit: 1933 – 37

Kosten: 540 MUS \$ (2005)

San Francisco – Marin County, Napa

Länge: 2740m, Mittelfeld: 1280m

Pylone: 227m, Durchfahrt: 67m

Trageseile:  $D = 0.92\text{m}$

Verkehr: 120 000 Autos / Tag

## Alexandre Gustave Eiffel (1832 – 1923)

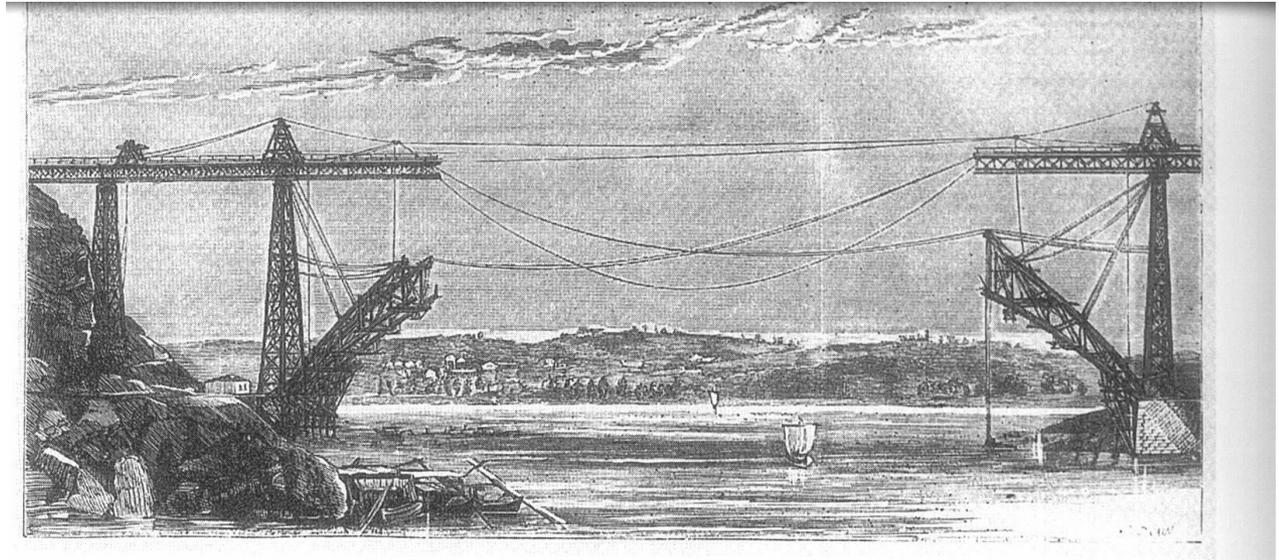
Ingenieur, Unternehmer,  
Wissenschaftler (Aerodynamik)  
Erbauer des Eiffelturms, Paris

Eisenbauwerke aller Art:  
Brücken, Bahnhöfe, Hallen  
Gasometer, Observatorien,  
Kaufhäuser, Kirchen, Banken,  
Kasinos, Gerüst Freiheitsstatue



Photographie von  
Nadar 1888

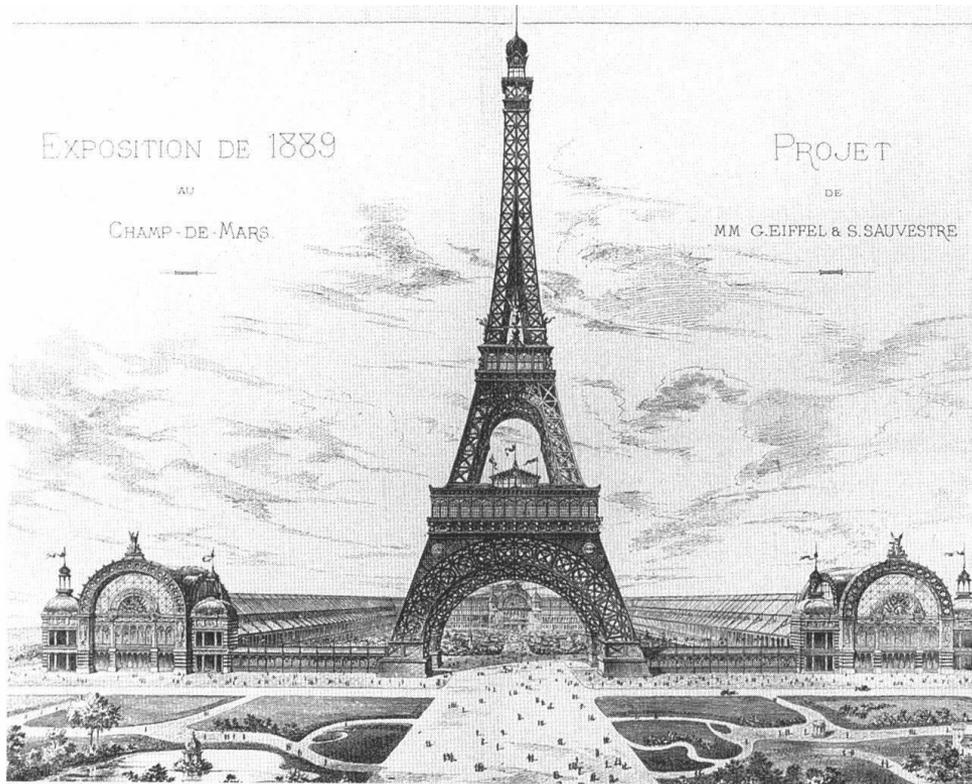
Panamakanal, Birsbrücke



Bau der Duoro - Brücke  
Maria Pia Oporto, Portugal, 1877

# Eiffelturm, Paris (1887 – 1889)

Stahlfachwerksbau,  
Fernsehturm, Restaurant, Aussichtsturm  
Weltausstellung 1889, Marsfeld  
100 Jahre Französische Revolution



Entwurf von G. Eiffel, 1887



Bauzustand 1888, Foto



Eisenfachwerk, 18 038 Teile

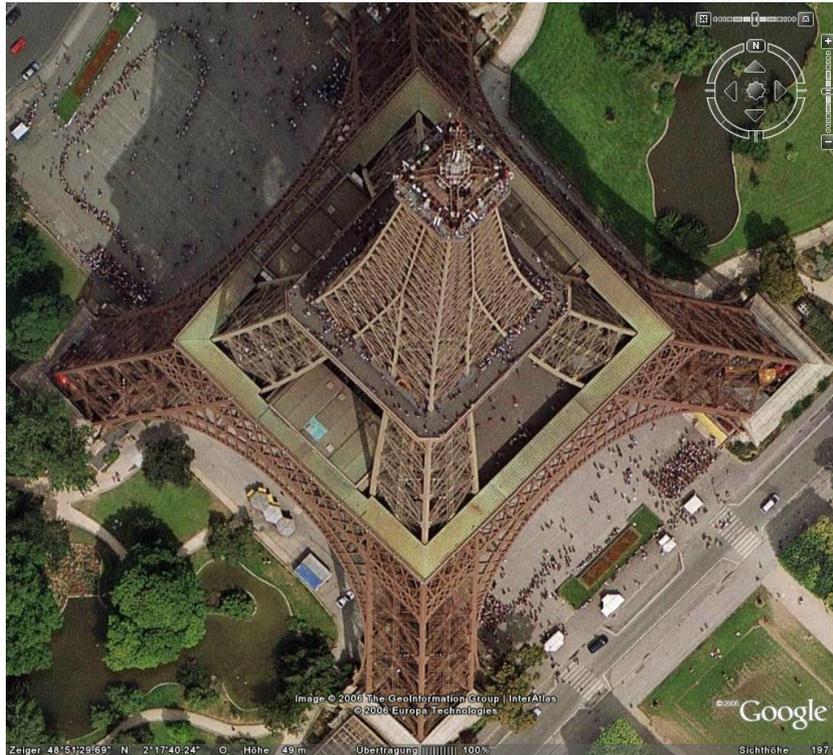
# Eiffelturm, Paris (1887 – 1889)

Höhe : 325m, Basis: 125m x 125m

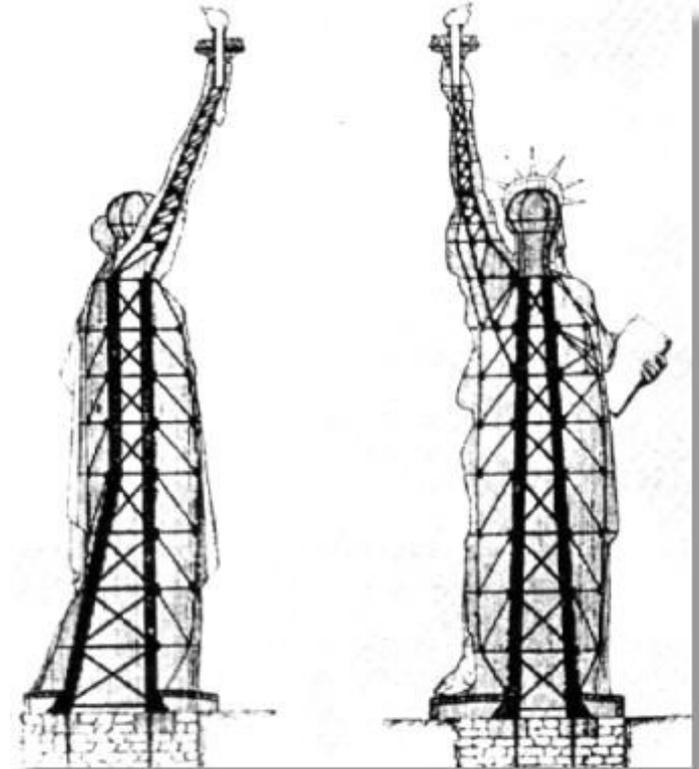
Plattformen: 57m, 115m, 276m

Teile: 18038, Nieten:  $2.5 \times 10^6$

Konstrukteure: 40, Zeichnungen: 3700



## A.G. Eiffel (1832 – 1923)



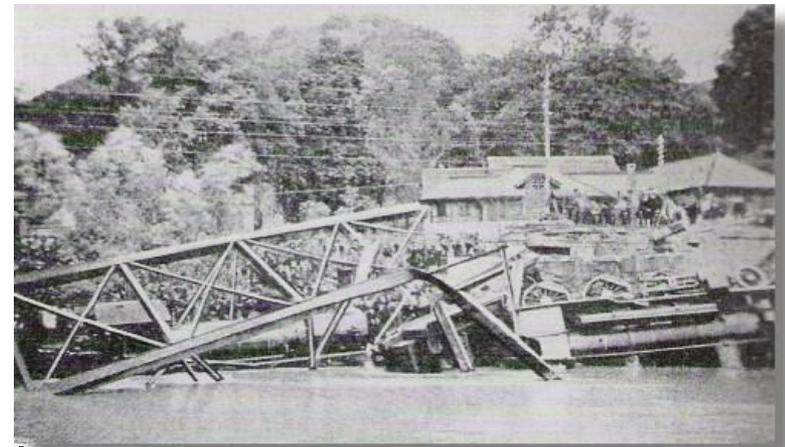
Stahlkonstruktion im Inneren der Freiheitsstatue New York (Freiheitgöttin der Franz. Revolution)

# Einsturz Eisenbahnbrücke über die Birs bei Basel, 1891

- 1874 – 75 Bau Eisenfachwerkbrücke  
Länge: 42m, Schräge: 51°  
Knappe Widerlager !
- 1881 Hochwasser, Absinken der  
Widerlager ! Nietenneisse
- 1891 Ausflugszug Sängerwettbewerb  
2 Lokomotiven, 11 Wagen  
Bremsvorgang auf Brücke !  
Birshochwasser  
2 Loks, 6 Wagen  
Druckluftbremsen stoppen  
5 Wagons, 71 Tote.

Wesentliche Ursache: Materialschwächen  
„Billigmaterial aus Kostengründen“

Gründung schweizerische Materialprüfanstalt



# Großmaschinenbau: Braunkohlebagger, Garzweiler



## Aufbau

Fahrwerk

Schaufelrad/ Ausleger

Verladeeinrichtung

## Tagesleistung

< 240 000t/d

Gewicht: 13 000t

Länge: 215m

Höhe 96m

Schaufelrad: D= 21.6m

Schaufelradmotoren: 4x840kW

# Steinkohlezeche Gneisenau, Dortmund - Herne

Tomsonbock\* mit  
Maschinenhalle (1885-86)  
Umlauf Förderwagen  
Zechenschließung: 1985



Kopf des Tomsonbocks  
Stahlfachwerkkonstruktion



\*E. Tomson, Bergwerksdirektor  
Bock: Förderturm englischer Bauart

## Eisen& Stahl in der Waffentechnik: Tigerpanzer II



Gewicht: 70t – 80t

Länge 10m

Breite: 3.75m

8.8cm FLAK

Maschinengewehr

Motor: 770 PS

Geschw.: < 38km/h

Reichweite: 170km

Ardennenoffensive  
12 / 1944

Gefallene:

Alliierte: 70 000

NS-Reich 80 000

# Stahlglocke, Bochumer Verein (BV), Rathaus Bochum

Massenherstellung von Glocken  
 Stahlgussverfahren, Schutzanstrich  
 1851 – 1970  
 Friedensglocke Hiroshima !



Martinikirchen Siegen, Feudingingen:  
 3 Stahlglocken, Düren, WKI, WKII  
 Erneuerung durch BV



Krupp, Bochum  
 Pariser Weltausstellung 1867  
 Gewicht: 15t, Durchmesser: 3.13m

## Berchtesgadener Schmiedekunst



## Wüstewaltersdorf Kirchenuhr

H. Neumann, Siegen  
MIAK WS 07/08





## Atomium Brüssel, 2010

9 Atome Eisenkristall

Kubisch raumzentriertes Gitter

Weltausstellung 1958

Edelstahlkugeln