

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**



Stettweger 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

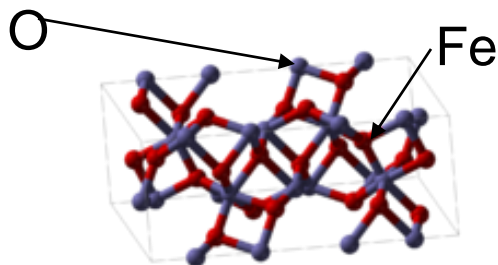
L= 7.2 m	Fe	98	%
d= 0.4 m	P	~ 1	
G= 6.5 t		

Korrosionsschutz
Komplex (Fe, O, H)

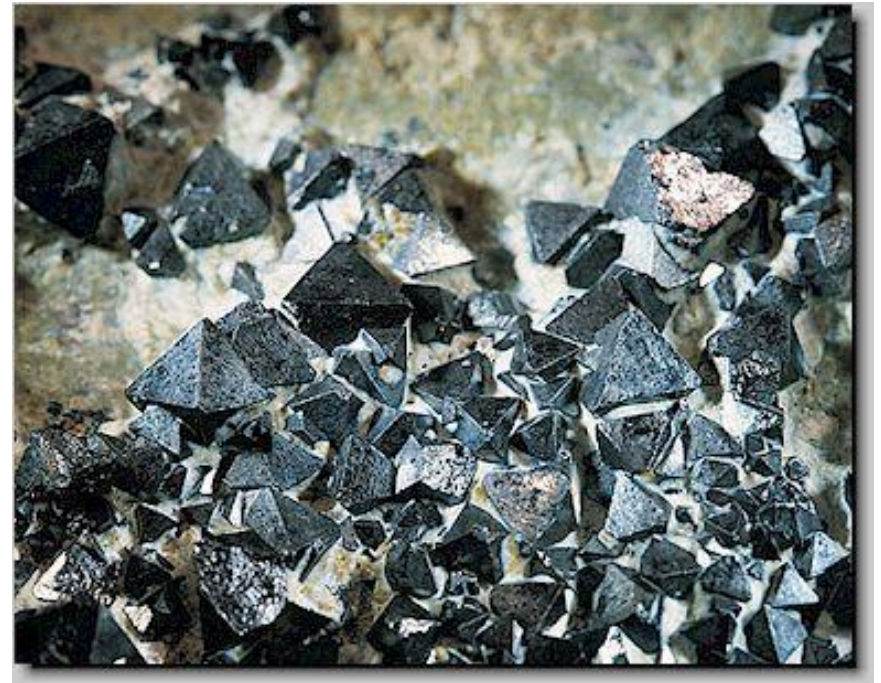
Eisenerz, Holzkohle >
Schmiedeeisen

2. Vorkommen, Eisenerze

Roteisenerz, Hämatit (Fe_2O_3)
Suhl, Thüringen



Magneteisenstein, Magnetit (Fe_3O_4)
Callenberg, Sachsen



Brauneisenstein ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
Pyrit (FeS_2)

Eisenerze: Pyrit, Schwefelkies (FeS)

Kristallisationsform: Pentagondodekaeder



Herkunft: Bolivien



Herkunft: Rumänien

Eisenerze: Magneteisenstein, Magnetit (Fe_3O_4)

Kristallisationsform: kubisch, Oktaeder



Herkunftsland: Bolivien, Eisengehalt ~ 40% Gew.

Steirischer Erzberg, 1532m



Sideritlager (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

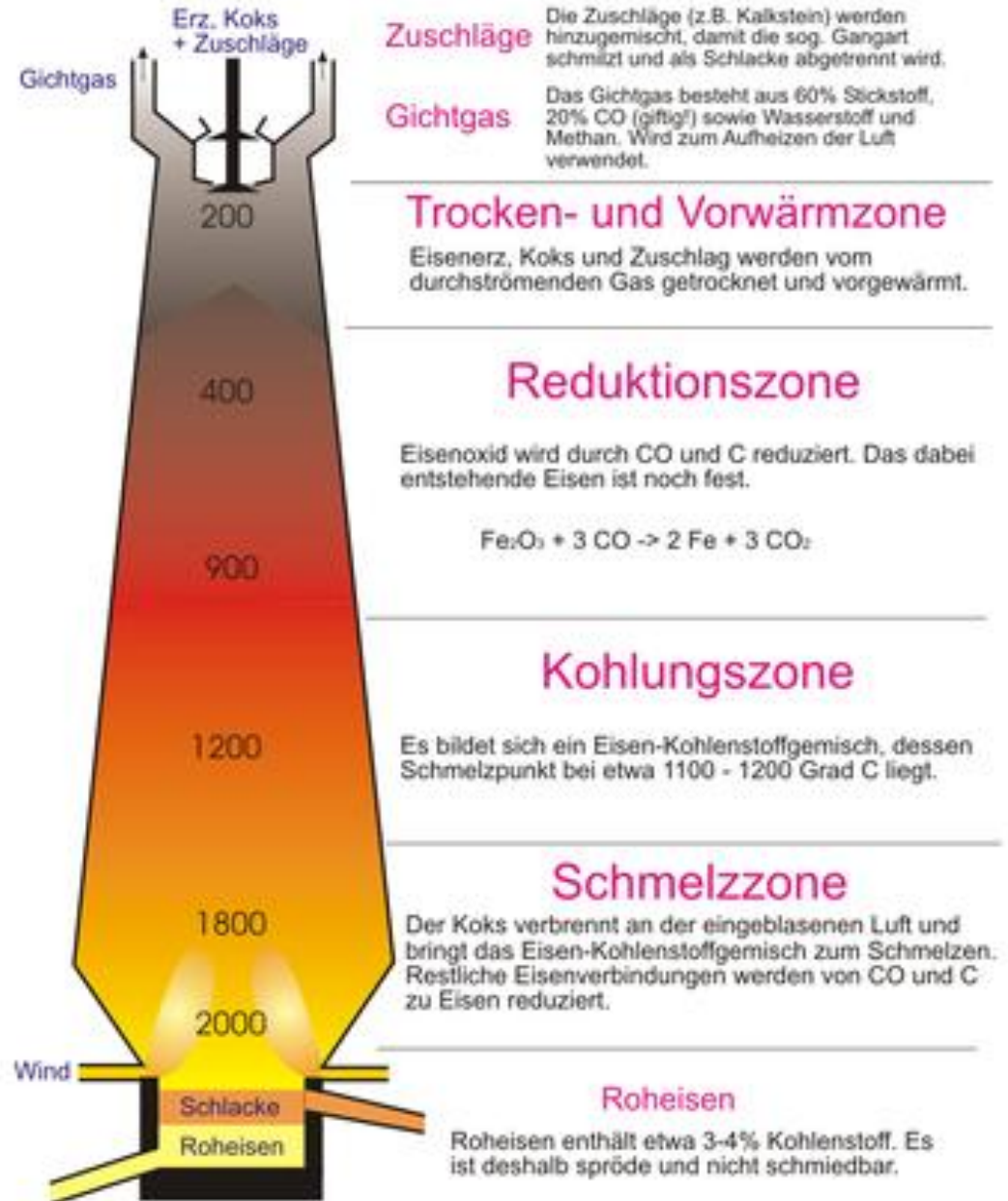
Koks.

Zuschlagstoffe (Kalk)

Sauerstoffzufuhr:

Heißwind (200 – 800)°C

Roheisen: C<4%





Völklinger Hütte, Saar 1882 – 1916 ... 1986

Hochofen, Abstichöffnung
Verschlussklappe

Heißwind – Zuleitungsrohre
ca. 400 000 Nm³/h
Außenkühlung: Wasser
40 Mm³/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, Zierrisen, 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)

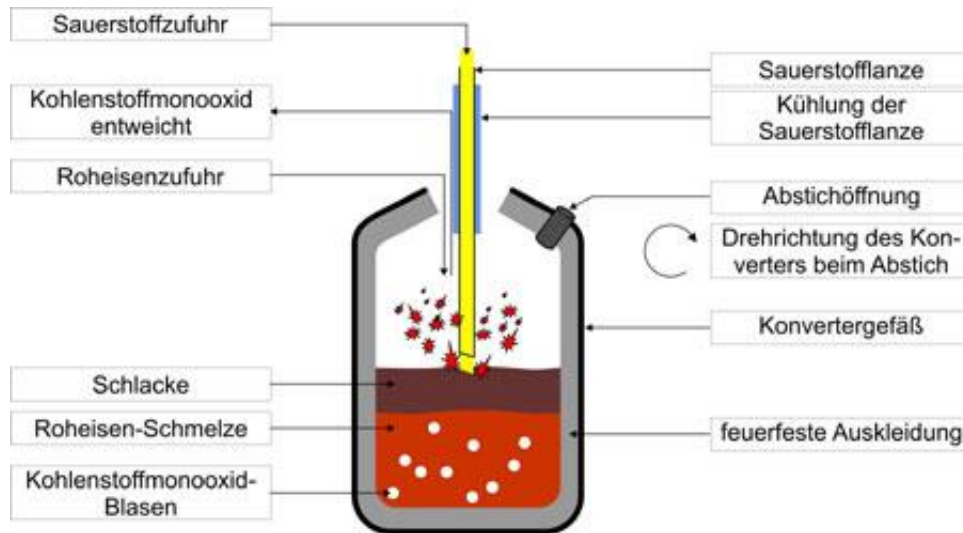
Schamottiegel / Konverter

Roheisen (flüssig), ca. 300t

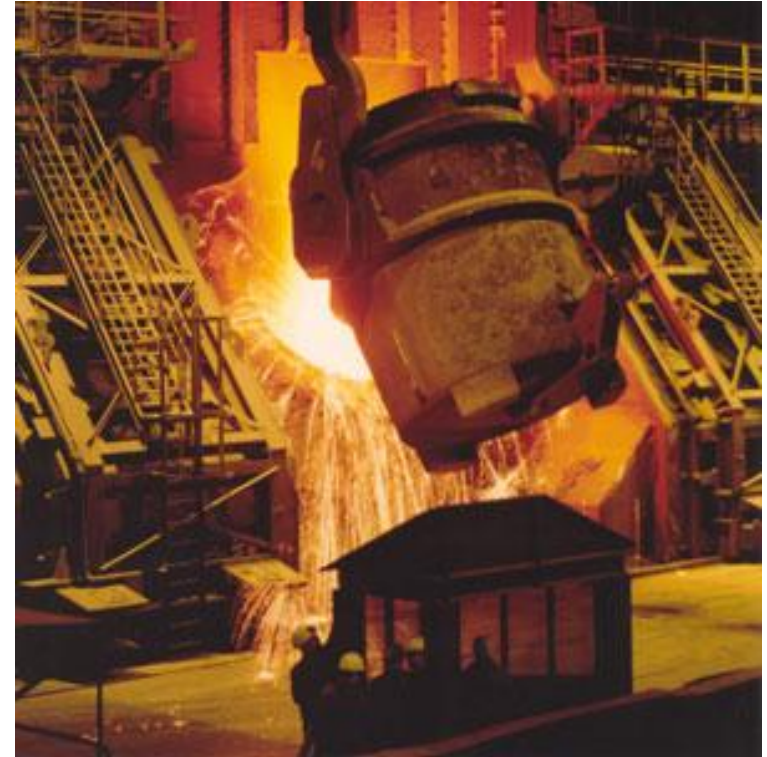
Sauerstofflanze

Schrottzugabe, Zuschlagstoffe

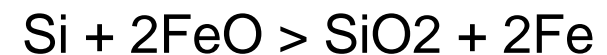
1250 °C – 1600 °C



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

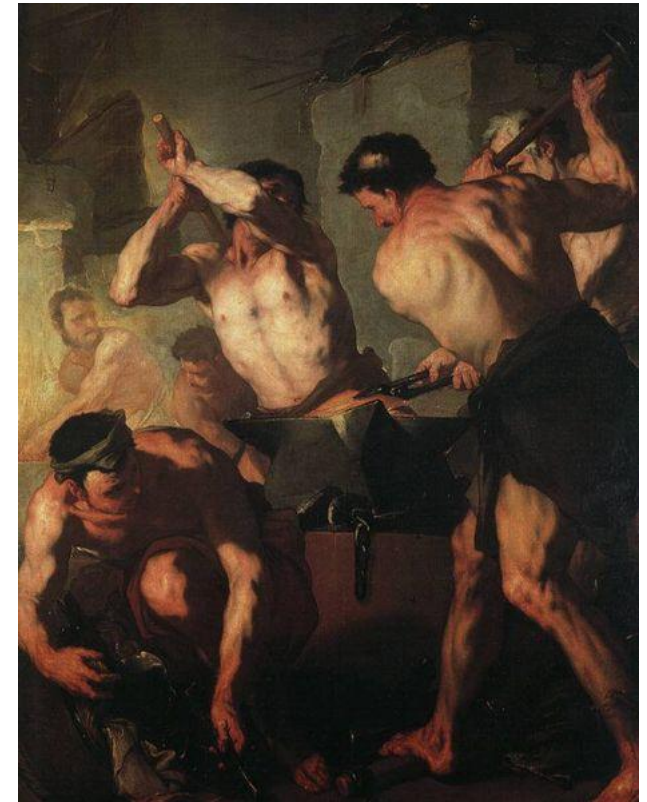


4. Eisenbearbeitung

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.

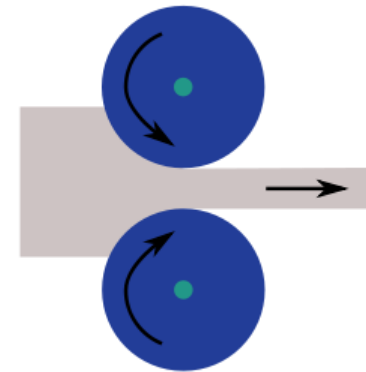
Eisenverarbeitung

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



Stahlwalzwerke

VOEST-Alpine Schienenwalzwerk, Leoben, 2006



Industriematisierung !
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)

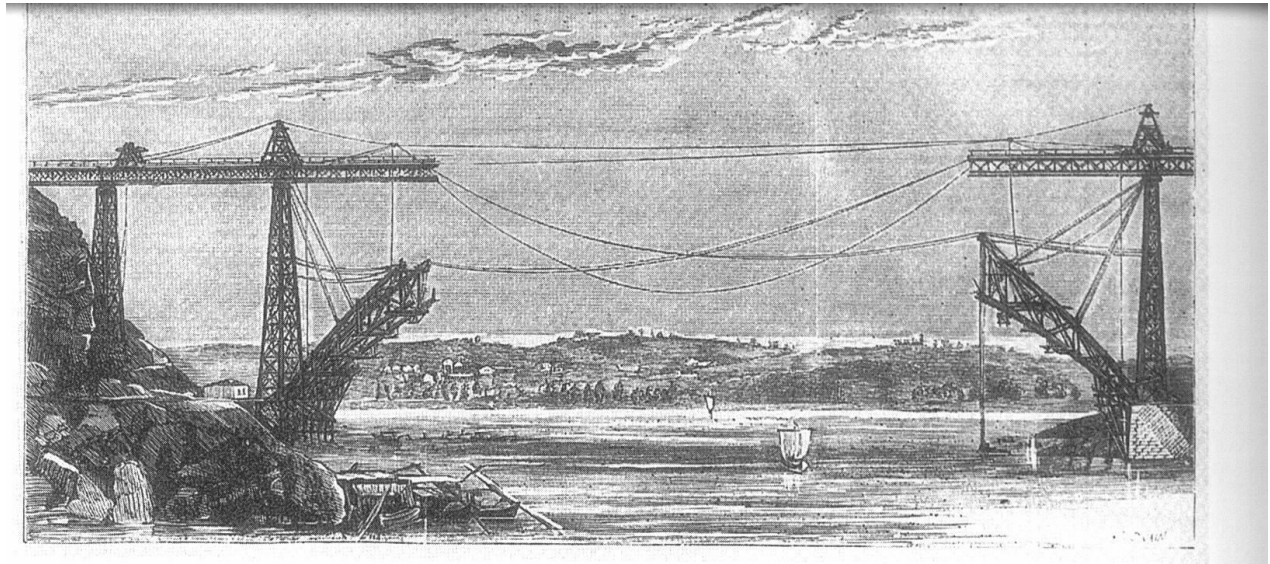
Ingenieur, Unternehmer,
Wissenschaftler (Aerodynamik)
Erbauer des Eiffelturms, Paris

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



Photographie von
Nadar 1888

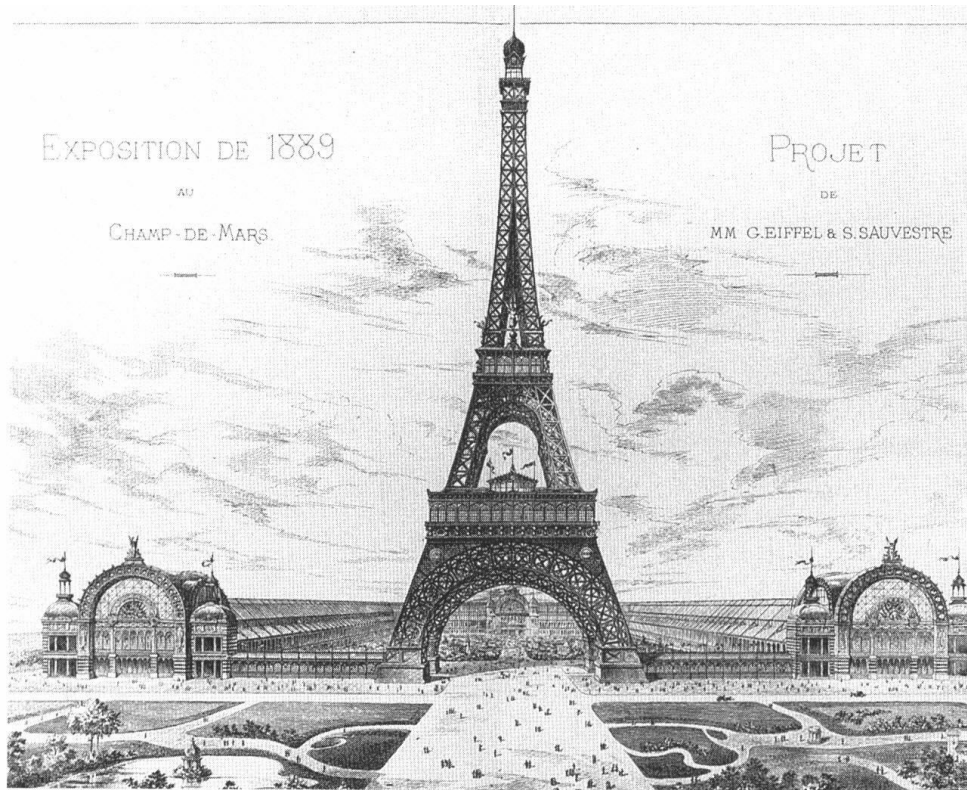
Panamakanal, Birsbrücke



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

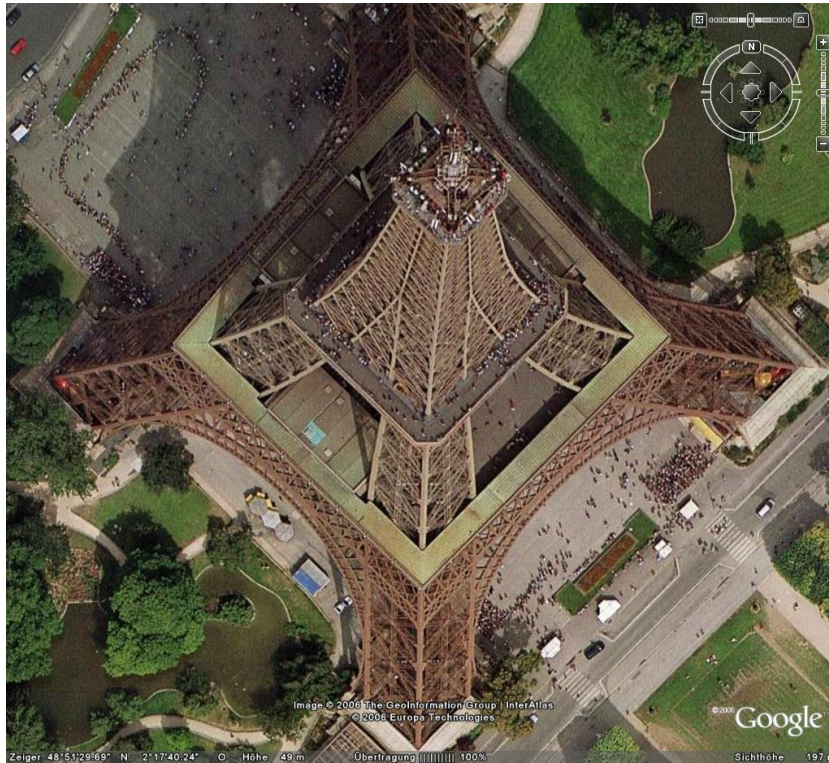
Eiffelturm, Paris (1887 – 1889)

Höhe : 325m, Basis: 125m x 125m

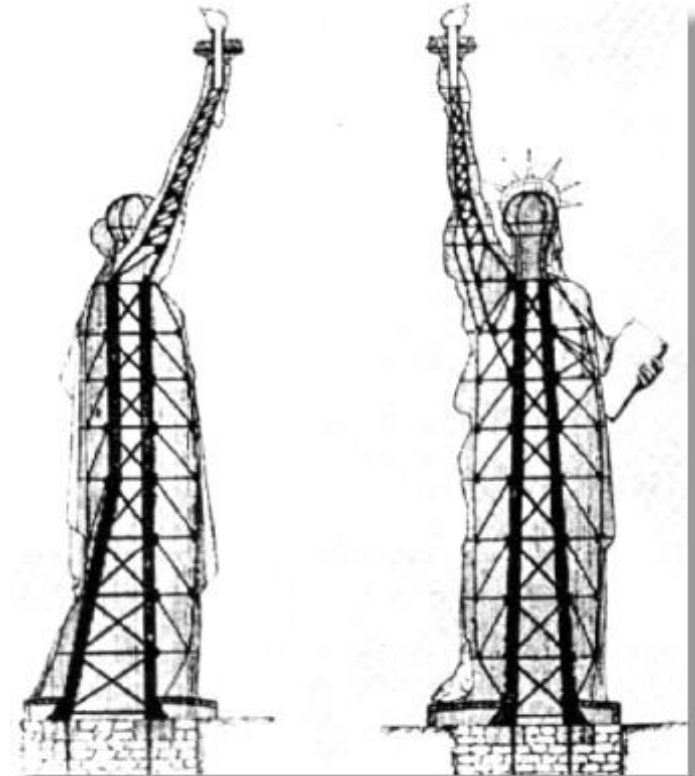
Plattformen: 57m, 115m, 276m

Teile: 18038, Nieten: 2.5×10^6

Konstrukteure: 40, Zeichnungen: 3700



A.G. Eiffel (1832 – 1923)



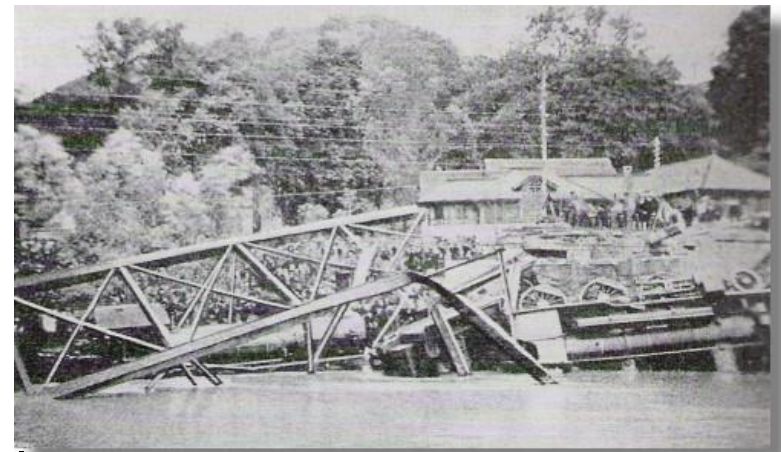
Stahlkonstruktion im Inneren der Freiheitsstatue New York (Freiheitgöttin der Franz. Revolution)

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, Feudinggen:
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