

Werkstoffkunde

Eisen

Eisenerze sind eisenhaltige Gesteine. Das sind chemische Verbindungen die neben dem Element Eisen noch andere Elemente (Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff) enthalten. Sie werden im Tagebau oder Untertagebau abgebaut.

Arten der Eisenerze	Eisengehalt	Fundorte
Magnet Eisenstein	60-70 %	Deutschland, Schweden, Norwegen, Amerika, Rußland
Roteisenstein	40-60 %	Deutschland, Spanien, England, Kanada
Brauneisenstein Minette, Rasenerze	20-45 %	Deutschland, Lothringen
Spateisenstein	30-45 %	Deutschland, Steiermark

Eisenerze enthalten oft noch Schwefel, Phosphor, Silizium und Mangan und sind mit sog. tauben Gestein (Quarz, Ton, Schiefer und Kalk) vermengt.

Vor der Verarbeitung im Hochofen ist eine Aufbereitung erforderlich.

Aufbereitung der Eisenerze

Um den Hochofenprozeß wirtschaftlich zu gestalten, werden die Eisenerze einer mechanischen und chemischen Aufbereitung unterzogen.

Mechanische Aufbereitung: Zerkleinern der Eisenerze im Steinbrecher, auswaschen erdiger Bestandteile in Trommeln, Trennen vom tauben Gestein durch Magnete.

Chemische Aufbereitung: Rösten, d.h. Erhitzen unter Luftzufuhr. Man erreicht die Austreibung von Wasser, Schwefel und Kohlensäure. Die Erze werden an ihren Fundorten geröstet. Sie verlieren dabei fast $\frac{1}{3}$ ihres Gewichts, (Transportkosten).

Eine besondere Art der Aufbereitung stellt das Krupp-Rennverfahren dar, durch das Deutschland seine eisenarmen Erze wirtschaftlich verhütten kann. Es ist eine Übertragung des uralten Rennverfahrens auf den Drehofen. Dabei wird feinkörniges Erz mit Abfallbrennstoffen vermischt und im Drehofen auf 1200°C erhitzt. Es entstehen etwa 10 mm große Eisenkörner (Luppen) mit 95 % Eisen - und 0,5 - 15 % Kohlenstoffgehalt, die im Hochofen, im Siemens-Martin - oder Elektrofen weiterverarbeitet werden.

Gewinnung des Roheisens

Das Roheisen wird in der Hauptsache im Hochofen aus Eisenerzen und Koks gewonnen, Kalk dient als Zuschlag.

Der Hochofen besteht aus zwei Kegelstumpfförmigen, übereinandergestellten Hohlkörpern aus feuerfestem Mauerwerk (Schamottsteine).

Er ist etwa 30 m hoch, sein größter Durchmesser ist 10 - 12 m.

Das Mauerwerk ist mit Kühlkanälen (Wasserkühlung) durchzogen und wird von einem Stahlgerüst gehalten. Die Teile des Hochofens sind Gestell Rost, Kohlensack und Gicht. Oben schließt er mit der Gichtbühne und dem glockenförmigen Gichtverschluß ab. Um den dicksten Teil des Ofens ist die ringförmige Windleitung gelegt, von der die Winddüsen in das Innere des Ofens führen. Der Hochofen wird wechselweise mit einer Mischung von Erzen und Zuschlägen (= Möller) und Koks beschickt.

Ein Schrägaufzug befördert diese Stoffe auf die Gicht. Zu jedem Hochofen gehören bis zu 4 Winderhitzer, die im Wechsel auf Erwärmung oder Wind eingestellt werden. Dies sind 20 - 35 m hohe, 6 - 8 m dicke Blechzylinder mit feuerfester, gitterartiger Ausmauerung und einem Brennschacht. Im Brennschacht steigen die von Hochofen kommenden Gichtgase, die mit Frischluft vermischt werden, brennend aufwärts und erhitzen beim Abwärtsströmen das Gitterwerk. Nach Erwärmung bis zur Glut wird in umgekehrter Richtung der von der Gebläsemaschine kommende Kaltwind durch das glühende Mauerwerk geblasen, dabei auf ca. 700°C erhitzt und als Heißwind in den Hochofen gepreßt.

Vorgänge im Hochofen

Vorwärmzone: Vorwärmung auf etwa 200°C . Dabei verdampft das Wasser und teilweise auch der Schwefel.

Reduktionszone: Dem Erz wird der Sauerstoff entzogen (Reduktion). Das von unten nach oben strömende, aus dem Kohlenstoff des glühenden Kokes und dem Sauerstoff des Heißwindes entstehende Kohlenoxydgas entzieht den Eisenerzen den Sauerstoff.

Kohlungszone: Das immer heißer werdende, aber noch feste Eisen nimmt vom Koks Kohlenstoff auf. Durch diese Kohlenstoffaufnahme sinkt der Schmelzpunkt des Eisens. Hierdurch wird überhaupt erst die Gewinnung von flüssigem Roheisen möglich, da die Schmelztemperatur des reinen Eisens von 1528°C im Hochofen nicht erreicht wird.

Schmelzzone: Das kohlenstoffhaltige Eisen schmilzt bei etwa 1300°C vollständig und trennt sich von seinen groben Verunreinigungen. Diese werden mit den Brennstoffüberresten durch die Zuschläge gebunden und bilden die flüssige Schlacke.

Kohlungszone

Das immer heißer werdende, aber noch feste Eisen nimmt vom Koks Kohlenstoff auf. Durch diese Kohlenstoffaufnahme sinkt der Schmelzpunkt des Eisens. Hierdurch wird überhaupt erst die Gewinnung von flüssigem Roheisen möglich, da die Schmelztemperatur des reinen Eisens von 1520°C im Hochofen nicht erreicht wird.

Schmelzzone

Das kohlenstoffhaltige Eisen schmilzt bei etwa 1300°C vollständig und trennt sich von seinen groben Verunreinigungen. Diese werden mit den Brennstoffüberresten durch die Zuschläge gebunden und bilden flüssige Schlacke.

Im Gestell sammeln sich das flüssige Roheisen und die darauf schwimmende Schlacke. Der Roheisenabstich erfolgt alle 2 - 3 Stunden. Die Tagesleistung eines Hochofens beträgt z.Z. im Ruhrgebiet durchschnittlich 500t Roheisen, moderne Öfen bringen es auf eine Tagesleistung von 1000 und 2000t.

Neuerdings gewinnt die Roheisenerzeugung unter Verwendung von reinem Sauerstoff statt Heißwind an Bedeutung. Dadurch kann die Höhe der Öfen auf ein Drittel verringert werden (Niederschachtöfen).

Erzeugnisse des Hochofens

Graues Roheisen

Graues Roheisen ist siliziumhaltig. Silizium bewirkt, daß sich der Kohlenstoff bei Abkühlung als Graphit ausscheidet. Dieses Roheisen hat eine graue Bruchfläche, ist spröde, gut gießbar und hart. In Form von Masseln kommt es zu den Eisengießereien und wird zu Grauguß verarbeitet.

Weißes Roheisen

Weißes Roheisen ist manganhaltig. Mangan bindet den Kohlenstoff als Härtungskohle an das Eisen; deshalb ist seine Bruchfläche weiß und strahlig. Das weiße Roheisen ist das Rohprodukt für die Stahlgewinnung und den Temperguß. In flüssigem Zustand kommt es in das Stahlwerk, wo es in Stahl umgewandelt wird.

Gichtgas

Gichtgas ist ebenfalls ein Nebenprodukt. Es enthält etwa 24% Kohlenoxyd, außerdem Wasserstoff und Stickstoff. Dieses Gas ist brennbar und wird zur Aufheizung der Winderhitzer, zur Befuerung von Dampfkesseln und über Gasmotore zur Erzeugung von Druckluft und elektrischen Strom verwendet.

Weiterverarbeitung des Roheisens zu gießbarem Eisen

Grauguß DIN 1691

Kurzzeichen	GG
Wichte	7,3 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1150 - 1250°C
Gießtemperatur	1350°C
Zugfestigkeit	12-30 kp/mm ²
Dehnung	fast 0
Schwindmaß	1 %

Aus grauem Roheisen, Gußbruch und geringen Mengen Stahlschrott wird im Kupol- oder Elektroofen Grauguß gewonnen. Zur Entschlackung wird Kalk beigegeben.

Der gebräuchlichste Schmelzofen ist der Kupolofen, auch Gießerei-Schachtofen genannt. Dieser besteht aus einem 6 - 9 m hohen Schacht von etwa 1 - 2 m Durchmesser und hat

meist einen Vorherd. Im Vorherd sammelt sich das Schmelzgut, welches in Gießpfannen gefüllt zum Vergießen kommt. Die Beschickung ist ähnlich wie die des Hochofens.

Durch das Umschmelzen im Kupolofen wird das Gefüge dichter, feinkörniger und gleichmäßiger. Beim langsamen Abkühlen scheidet sich der Kohlenstoff (2,5 - 4 %) als Graphit aus und lagert sich zwischen den Eisenkristallen ab. Dieser Graphitgehalt bewirkt die guten Gleiteigenschaften und die leichte Bearbeitbarkeit des Graugusses. Sein Bruch zeigt die typische graue Farbe.

Eigenschaften: spröde, nicht schmiedbar, nicht härtbar, gut gießbar, gute Gleiteigenschaften.

Verwendung: Lager, Gehäuse, Maschinengestelle, Rohre, Säulen, Öfen, Roststäbe, Bremsklötze.

Hartguß erhält man dadurch, daß siliziumarmes Gußeisen in Kokillen (Stahlformen) oder auch in nasse Sandformen gegossen wird. Dabei tritt eine rasche Abkühlung an der Oberfläche des Gußstückes ein. Der im flüssigen Eisen befindliche Kohlenstoff hat keine Zeit, sich eine harte, verschleißfeste Schicht, die nur geschliffen bzw. mit Hartmetall bearbeitet werden kann.

Verwendung: Blech- und Papierwalzen, Räder für Seil- und Eisenbahnen usw.

Temperguß DIN 1692

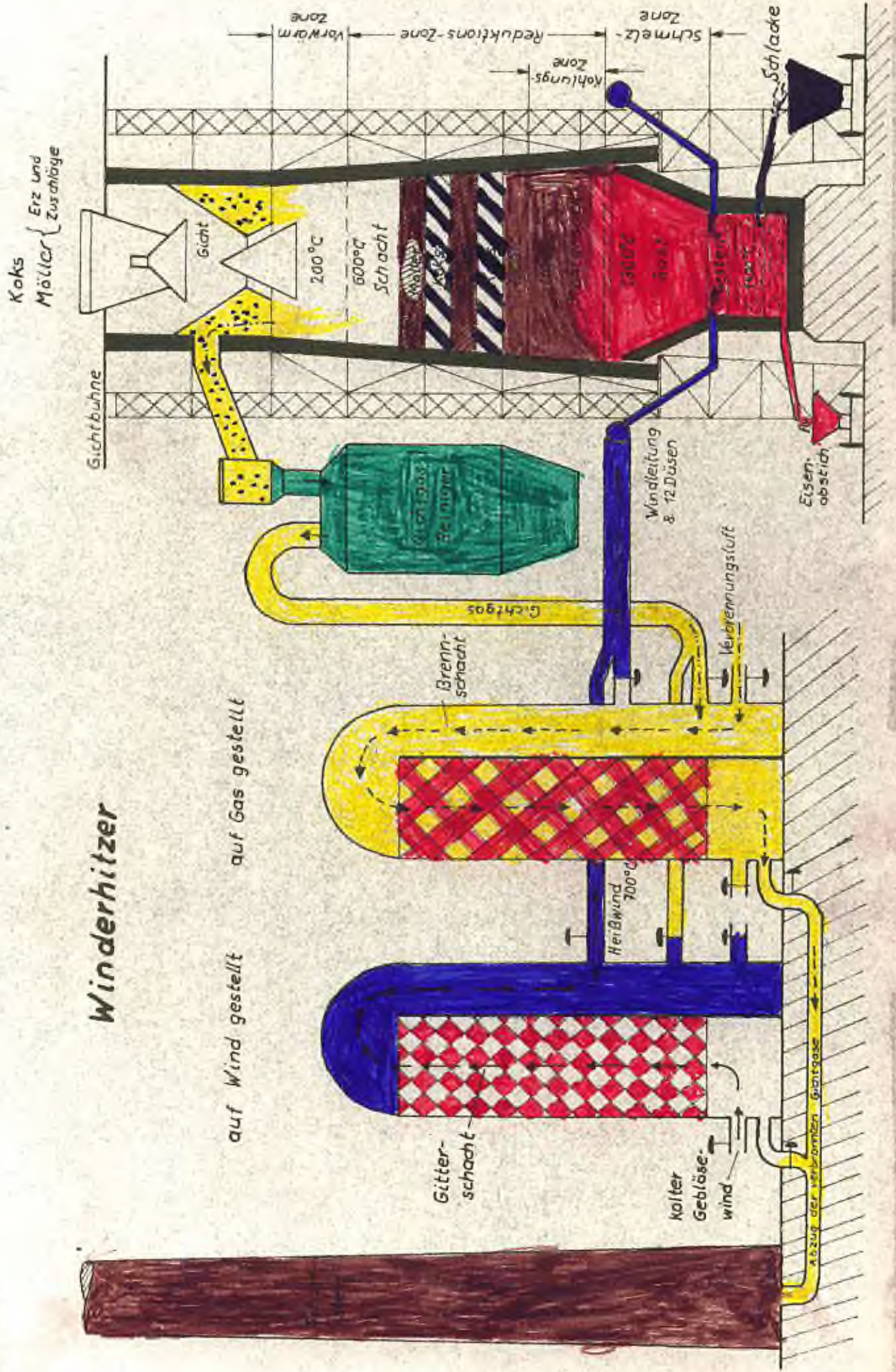
Kurzzeichen	GT (GTW bzw. GTS)
Wichte	7,4 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1300°C
Zugfestigkeit	35 - 40 kp/mm ²
Dehnung	3 - 5 %
Schwindmaß	1,5 %

Temperguß wird aus weißem Roheisen hergestellt. Unter "Tempern" versteht man die Überführung der Oberfläche von weißem Roheisen in Stahl durch Kohlenstoffentzug.

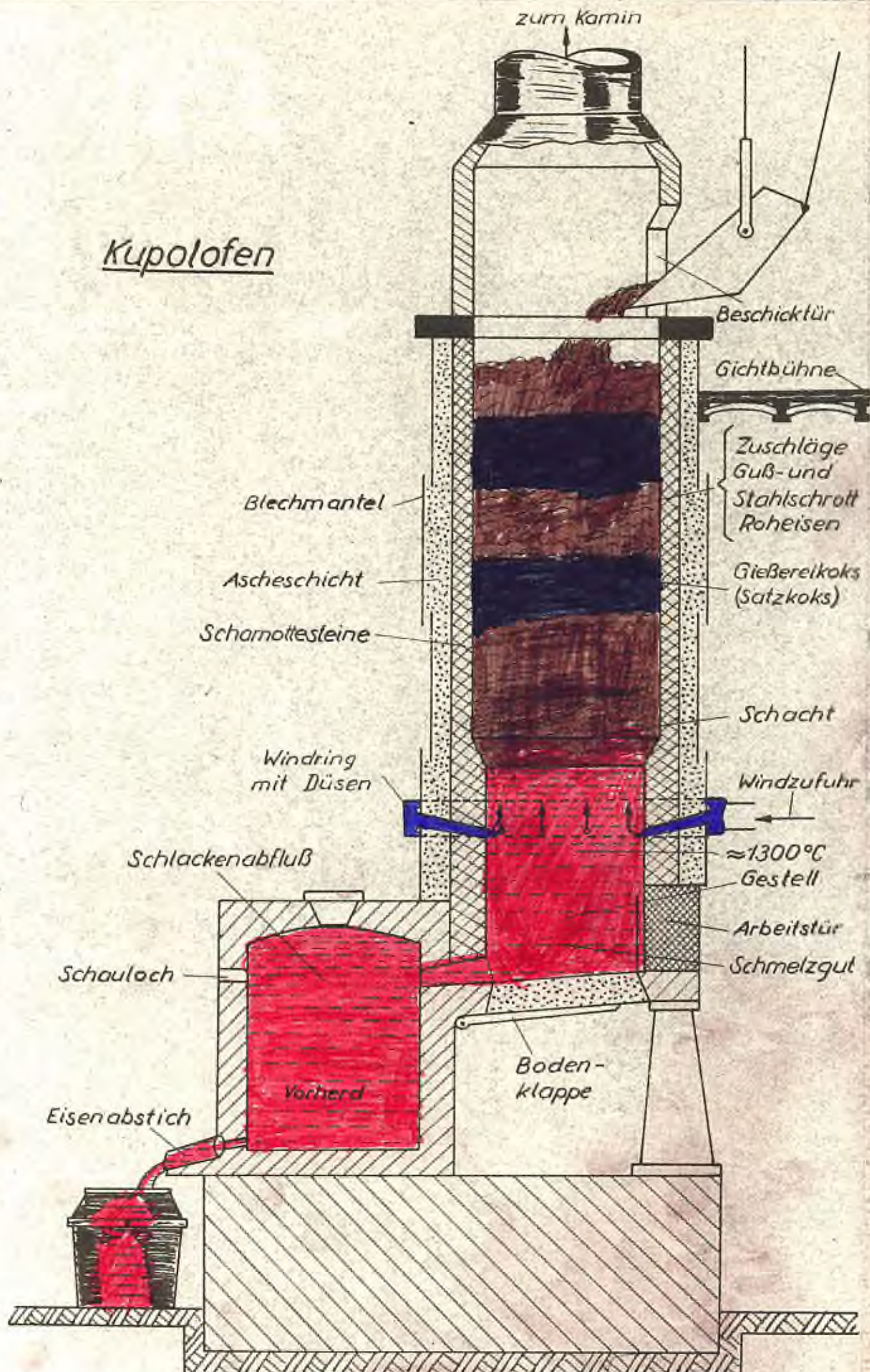
als Graphit auszuscheiden, und die Oberfläche des Gußstückes erhält

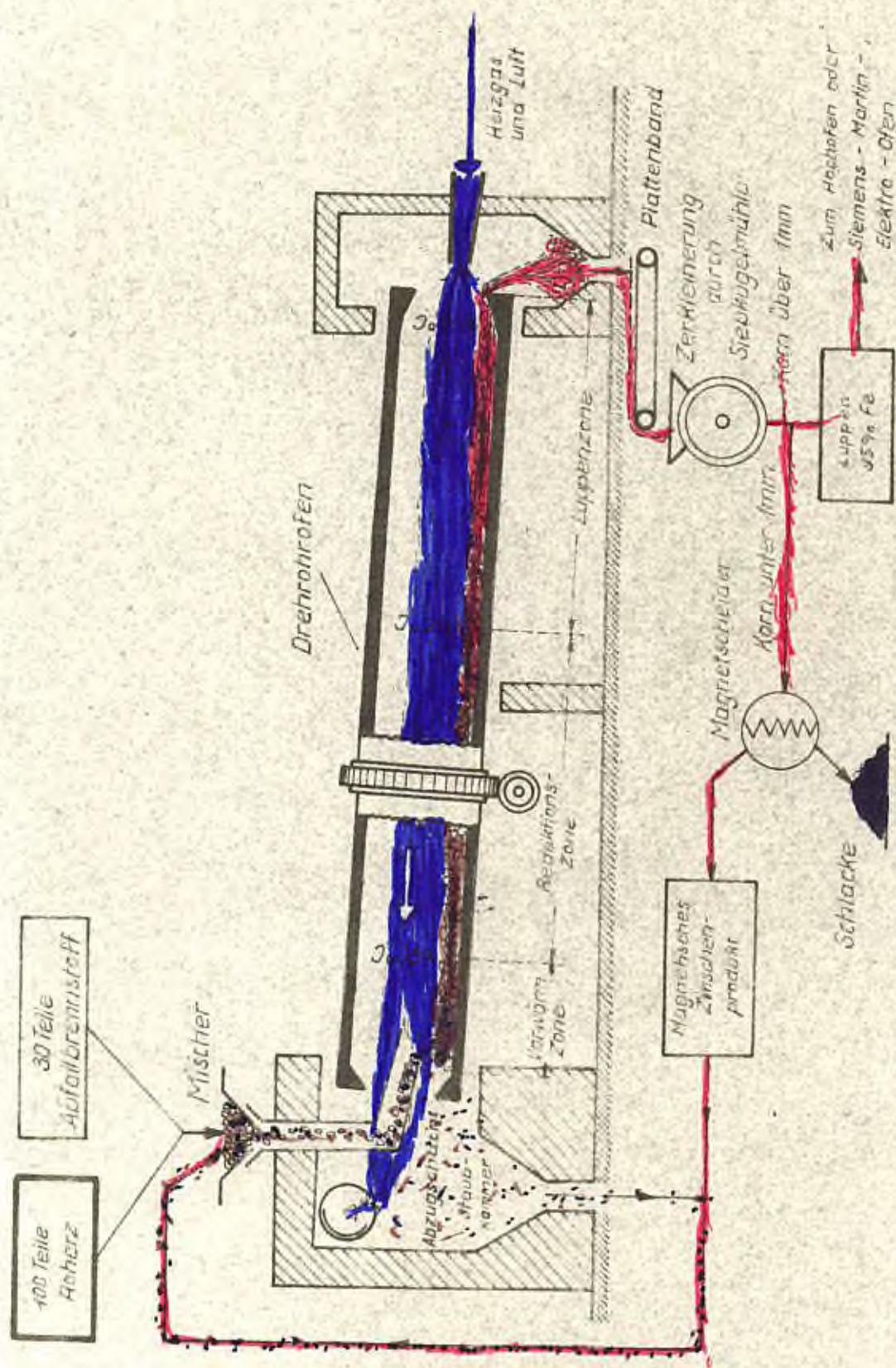
Bild 1:

Hochofen

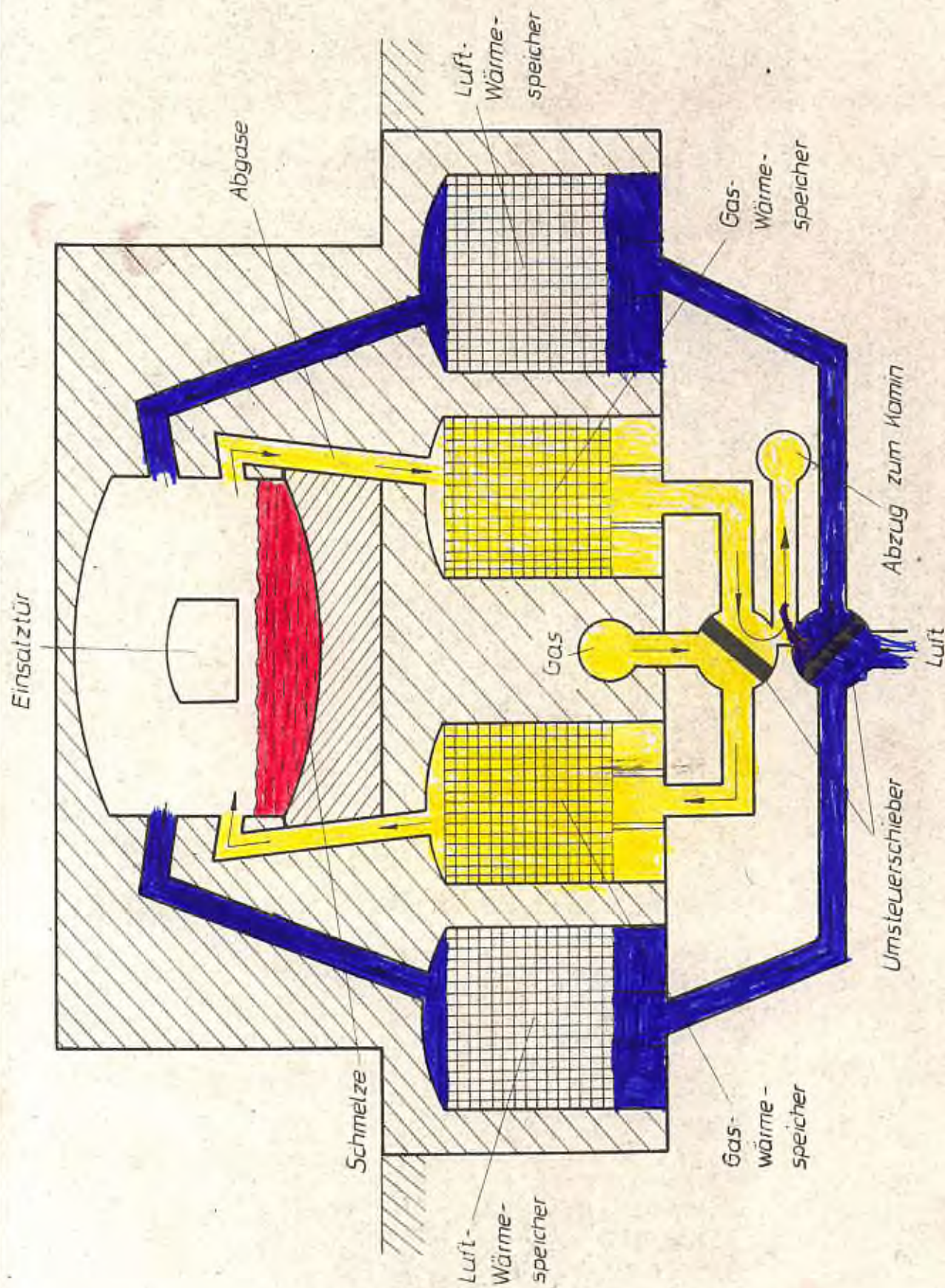


Kupolofen





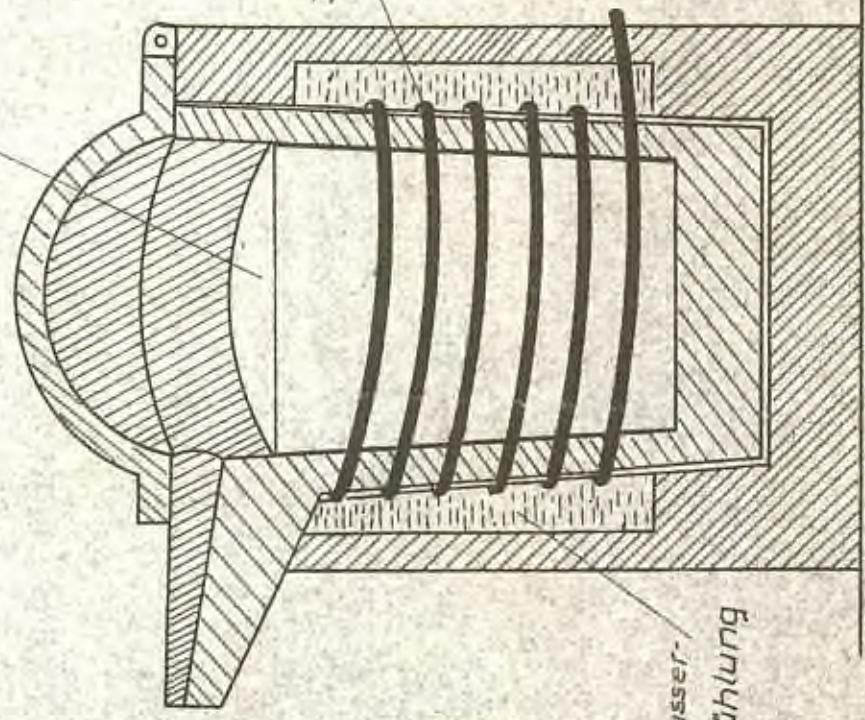
Krupp - Rennverfahren



Siemens - Martin - Ofen

Schmelzgut

Induktions-
spule



Induktionsofen

Elektroden

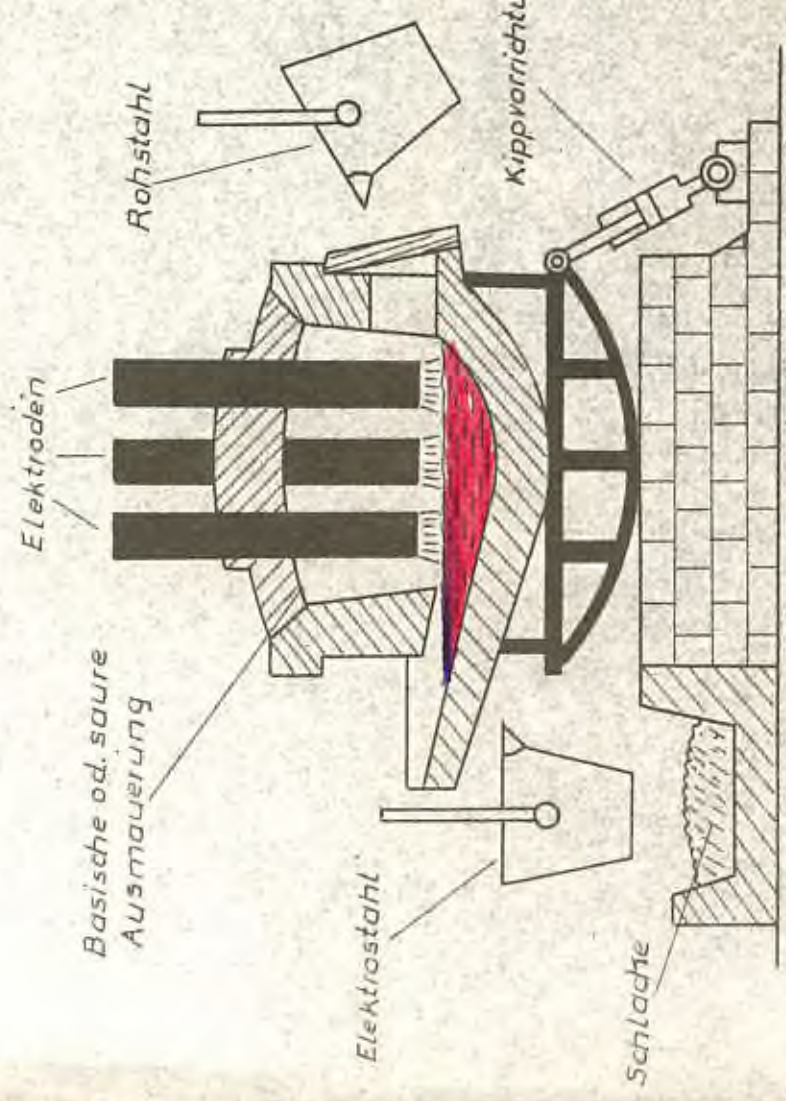
Rohstahl

Kippvorrichtung

Basische od. saure
Ausmauerung

Elektrostahl

Schlacke



Lichtbogenofen

Weißer Temperguß (deutsches Verfahren)

Bei diesem Verfahren, "Glühfrischen" genannt, werden die aus Temperroheisen, Gußbruch und Stahlschrott gegossenen Werkstücke mit Roheisenerz und Hammerschlag (Eisenoxyde) in Glühkästen luftdicht verpackt und dann in Temperöfen bei etwa 900°C 2 - 5 Tage geglüht. Dabei wird aus den Eisenoxyden der Sauerstoff frei und verbindet sich mit dem Kohlenstoff des Gußstückes. Da die Entkohlung nur in der Randschicht erfolgt, kann dieses Verfahren nur für Gußstücke bis 10 mm Wanddicke verwendet werden.

Schwarzer Temperguß (amerikanisches Verfahren)

Bei diesem Verfahren tritt nur Gefügeänderung ein. Es ist daher an keine Dicke der Wandstärke gebunden. Die Gußstücke werden in Sandpackungen bei $800 - 900^{\circ}\text{C}$ mehrere Tage geglüht. Der Kohlenstoff des Gußstückes lagert sich dabei als sogenannte Temperkohle zwischen den Eisenkristallen ab. Das Gefüge erhält ein schwarzkörniges Aussehen.

Eigenschaften: Erhöhte Zugfestigkeit, begrenzt schmiedbar, größere Dehnung.

Verwendung: Rohrdrahtverschraubungen, Schlüssel, Bremsstrommeln und Teile von Büromaschinen.

Stahlguß DIN 1681

Kurzzeichen	GS
Wichte	$7,85 \text{ kp/dm}^3$
Schmelzpunkt	$1300-1400^{\circ}\text{C}$
Zugfestigkeit	$38-60 \text{ kp/mm}^2$
Dehnung	4 - 8 %
Schwindmaß	2 %

Stahlguß ist in Formen gegossener Stahl. Um die notwendige Dünnflüssigkeit zu erreichen, wird phosphorhaltiges Roheisen und $1/3$ Stahlschrott verwendet. Nach dem Gießen müssen die Gußstücke geglüht werden, um die durch ungleiche Wandstärken entstandenen Spannungen im Material zu beseitigen.

Eigenschaften: Stahlguß hat hohe Festigkeit. Bei Sondergüten, legiert mit Chrom, Kobalt, Nickel, Vanadium usw., ist er rostfrei, warmfest oder besonders hitzebeständig.

Verwendung: Werkstücke, die hohe Festigkeit besitzen müssen, wegen ihrer Form aber wirtschaftlich nur durch Gießen hergestellt werden können.

Weiterverarbeitung des Roheisens zu Stahl

Bei der Umwandlung des Roheisens in Stahl, dem sogenannten "Frischen", werden die unerwünschten Beimengungen (Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor) durch Oxydation (Verbrennung) ganz oder teilweise beseitigt.

Bessemer- und Thomas-Verfahren (Windfrischverfahren)

Die Verfahren unterscheiden sich nur in der Auskleidung des birnenförmigen, aus Stahlblech gefertigten, kippbaren Behälters (Konverter).

Die Bessemer-Birne hat kiesel-saure Ausmauerung (Quarz, Flußspat) für phosphorfrees Roheisen, die Thomasbirne dagegen basische Ausmauerung (Kalk, Dolomit) für phosphorreiches Roheisen. Die Oxydation (Verbrennung der Beimengung) erfolgt durch Einpressen von Kaltluft (Sauerstoff) über Windleitung, Windkasten und Bodendüsen in das Füllgut.

Während der etwa 20 Minuten dauernden Verbrennung wird die Füllguttemperatur auf etwa 1600°C gesteigert, so daß der Stahl flüssig bleibt. Nach Vergießen des Schmelzgutes zu Blöcken erfolgt Weiterverarbeitung durch Walzvorgänge zu handelsüblichen Flußstahl (Stäbe, Rohre, Profile, Bleche).

Als Nebenprodukt wird beim Thomasverfahren Thomasschlacke (phosphorsaurer Kalk) gewonnen, die vermahlen als Düngemittel verwendet wird.

Siemens-Martin-Verfahren (Herdfrischverfahren)

Im Martin-Flammofen wird mit der Regenerativ-Gasfeuerung nach Siemens das von Gaserzeugern gewonnene, in Wärmekammern vorerhitzte Gas mit Heißluft vermischt und verbrannt (2000°C). Siemens-Martin-Öfen sind basisch oder sauer ausgemauert.

Beim Roheisen-Erzverfahren wird Roheisen und Erz in Stahl verwandelt. Die Entkohlung erfolgt durch den Sauerstoff, der im Erz in den Zuschlägen und in den Feuergasen enthalten ist.

Beim Roheisen-Schrottverfahren wird Stahl aus Schrott und Roheisen gewonnen. Dieses Verfahren ist die wirtschaftlichste Stahlerzeugung.

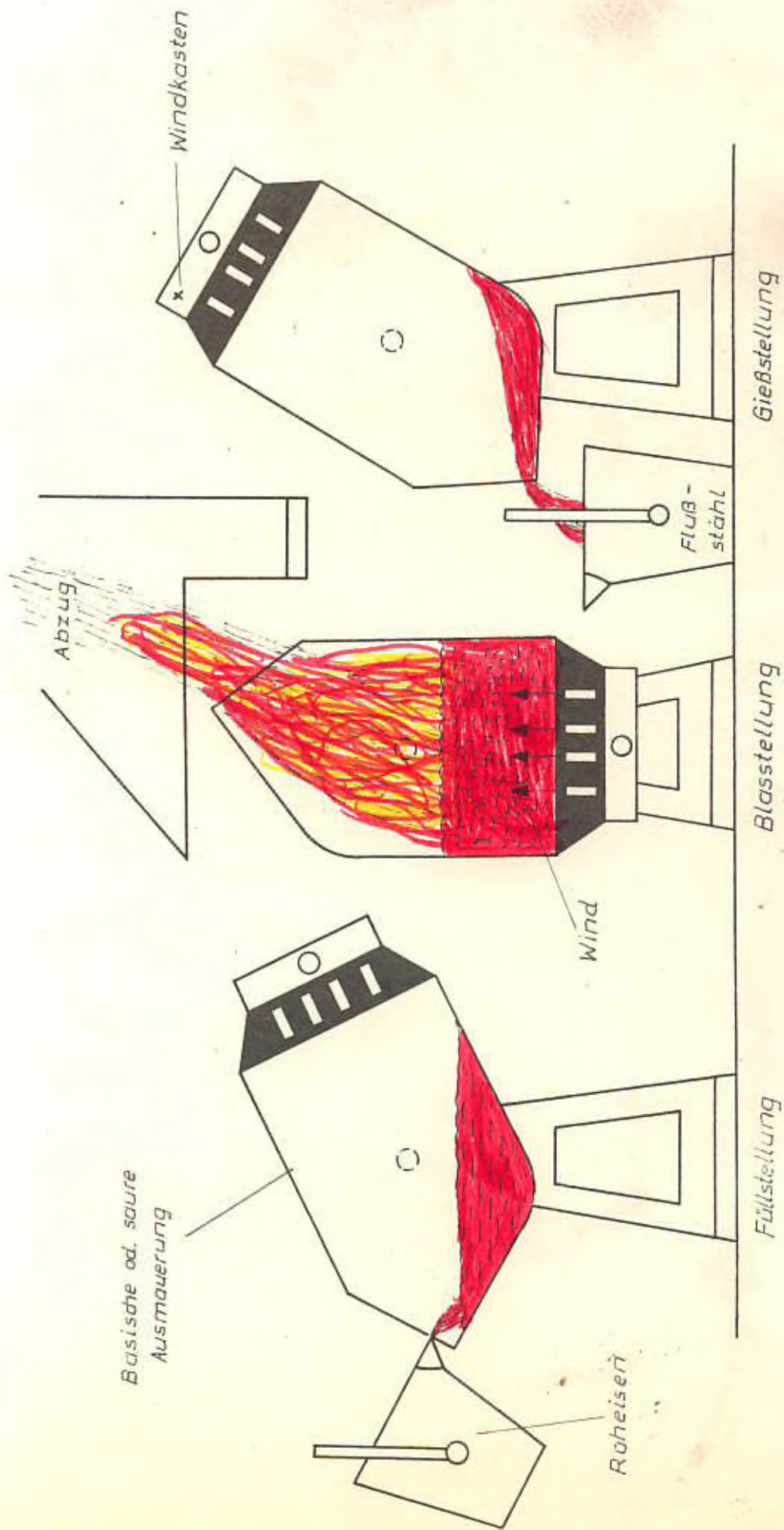
Erzeugnisse: Siemens-Martin-Flußstähle, unlegierte und legierte Einsatz- und Vergütungsstähle (Werkzeugstähle).

Gewinnung von Edelstählen

Unter Edelstählen versteht man besonders reine Stähle, die sich durch sehr kleinen Phosphor- und Schwefelgehalt auszeichnen und nur sehr geringe sonstige Verunreinigungen enthalten. Sie können unlegiert, niedrig- oder hochlegiert sein. Edelstähle werden durch Umschmelzen von Thomas- oder Siemens-Martin-Stahl im Elektroofen gewonnen.

Elektrostahl-Verfahren

Im Elektroofen werden Schmelztemperaturen bis 3800°C erreicht. Dadurch kann der Stahl auch mit den schwer schmelzbaren Metallen Wolfram und Molybdän legiert werden. Jegliche Verunreinigung des Stahls durch Heizgase oder Luftsauerstoff wird verhindert. Elektrostähle sind hochwertige, teure Stähle.



Bessemer- u. Thomas - Verfahren

Einfluß der Legierungsstoffe auf die Eigenschaften der Stähle		
Legierungsbestandteil	erhöht	erniedrigt
Kohlenstoff	Festigkeit, Härte, Härtharkeit	Schmelzpunkt, Zähigkeit, Dehnung, Schweiß- und Schmiedbarkeit
Silizium	Elastizität, Festigkeit, Durchhärtharkeit, Warmhärte, Korrosionsbeständigkeit	Schweißbarkeit
Phosphor	Dünnflüssigkeit, Warmfestigkeit	Dehnung, Schlagfestigkeit
Schwefel	Dickflüssigkeit, Rotbrüchigkeit, Spannbrüchigkeit	Schlagfestigkeit
Mangan	Durchhärtharkeit, Festigkeit, Schlagfestigkeit, Verschleißfestigkeit	Zerspanbarkeit
Nickel	Zähigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, elektr. Widerstand, Hitzebeständigkeit, Durchhärtharkeit	Wärmedehnung (Invarstahl)
Chrom	Härte, Festigkeit, Warmfestigkeit, Härtetemperatur, Schneidhaltigkeit, Korrosionsbeständigkeit	Dehnung (in geringem Maße)
Vanadium	Dauerfestigkeit, Härte, Zähigkeit, Warmfestigkeit	Empfindlichkeit gegen Überhitzung
Molybdän	Härte, Warm-, Dauerfestigkeit	Dehnung, Schmiedbarkeit
Kobalt	Härte, Schneidhaltigkeit	Zähigkeit, Empfindlichkeit gegen Überhitzung
Wolfram	Härte, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Härtetemperatur, Warmfestigkeit, Hitzebeständigkeit, Schneidhaltigkeit	Dehnung (in geringem Maße)

Eigenschaften und Verwendung der Stähle

Die Stähle werden in unlegierte und legierte Baustähle und unlegierte und legierte Werkzeugstähle eingeteilt.

1. Baustähle werden nicht nur für allgemeine Bauzwecke, sondern auch zum Aufbau von Maschinen, Vorrichtungen, Fahrzeugen usw. verwendet.

Einfache Baustähle: Bei ihnen ist im allgemeinen die Zugfestigkeit entscheidend. Ihr Kohlenstoffgehalt schwankt zwischen 0,12 und 0,60 %. Sie werden hauptsächlich für Stahlkonstruktionen, Maschinenteile, Bleche, Niete und Schrauben verwendet.

Einsatzstähle haben einen Kohlenstoffgehalt von 0,6 - 0,18 % (legiert bis 0,22 %). Sie werden für Bauteile verwendet, die bei entsprechender Wärmebehandlung durch Aufkohlung eine harte Oberfläche bei zähem, weichem Kern und Festigkeit von 42 bis 180 kp/mm² erhalten sollen (Kolbenbolzen, Nockenwellen, Ritzel, Zahn- und Tellerräder, Meßzeuge usw.).

Die Aufkohlung wird durch Einsatzmittel erreicht, die fest, flüsig oder gasförmig sein können (Härtepulver, Holzkohle, Zyan-salzmischungen oder Leucht-, Azetylen-, Propan- und Butangas).

Nitrierstähle sind mit Al und Cr legiert und werden mit Stickstoff oberflächengehärtet. Sie werden für Teile verwendet, die sich bei der Wärmebehandlung nicht verziehen dürfen (Ventilspindeln, Zylinderlaufbüchsen für Verbrennungsmotore, Meßzeuge).

Vergütungsstähle gibt es legiert und unlegiert. Sie erhalten durch Vergüten (Härten mit nachfolgendem Anlassen auf 500 °C und höher) gute Zähigkeit bis in den Kern und Festigkeit von 55 bis 130 kp/mm².

Einsatz- und Vergütungsstähle werden auch für Werkzeuge verwendet, z.B. Einsatzstähle für Kunstharzpreßformen und Vergütungsstähle für Gesenke.

Sonderstähle

Rostfreie (Korrosionsbeständige) Stähle, bekannt als V 2 A, Remit-Stahl u.a. enthalten je nach Verwendungszweck Cr, Ni, Mn, Al usw. in verschiedenen Mengen.

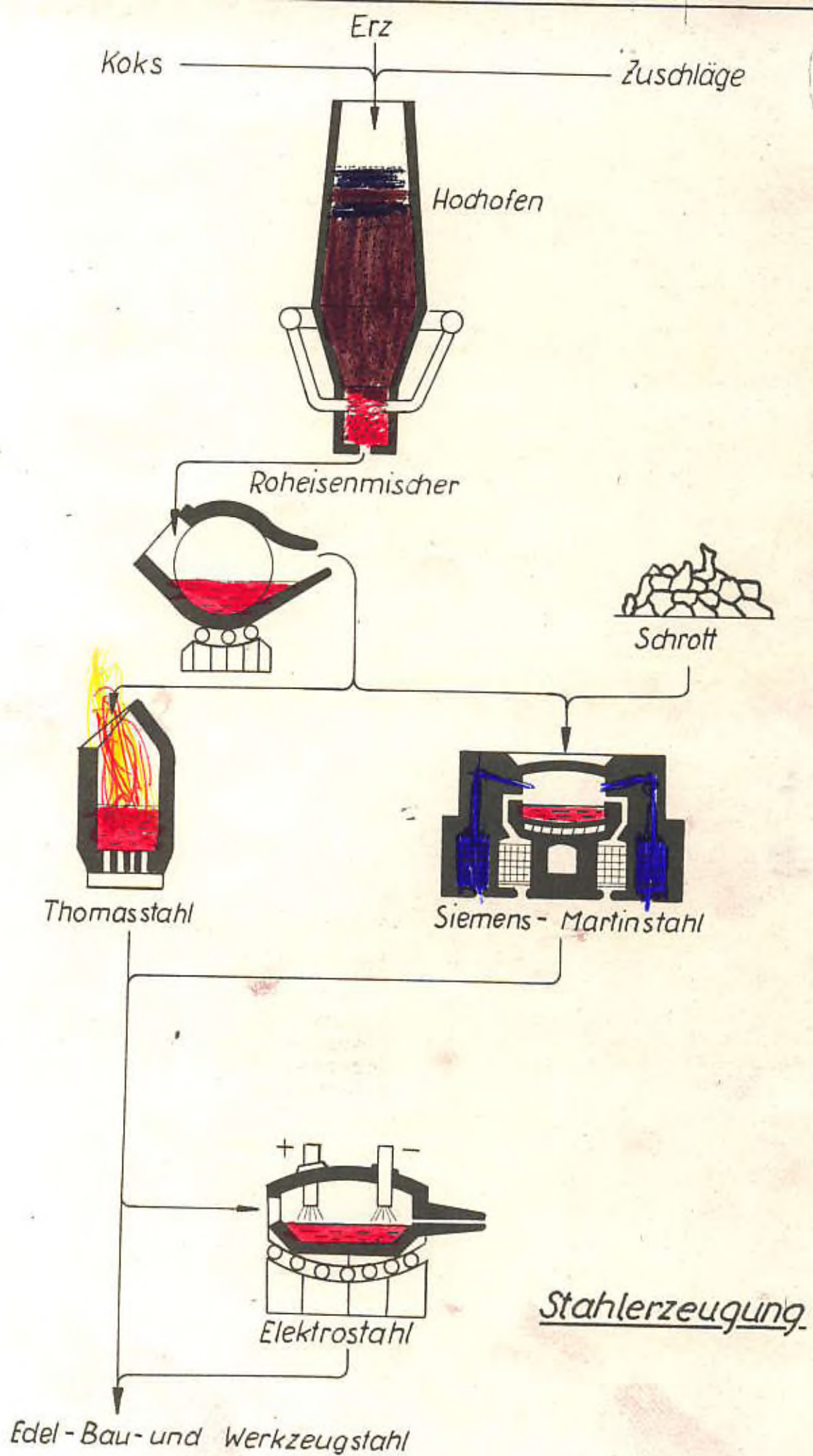
Hitzebeständige Stähle, bekannt als Sicromat-Stahl, Ferrotherm u.a. werden durch Zusatz von Cr und Al hitzebeständig bis zu 1300 °C.

Federstähle sind besonders schwingungsfest. Sie haben einen höheren Si- und Mn-Gehalt. Bei höher beanspruchten Federn (Drehfedern, Blattfedern, Schraubenfedern) kommen Cr, Ni, Mo und V in kleineren Mengen hinzu. Federstähle werden vergütet bzw. gehärtet.

Dauermagnetstähle sind Stähle mit Al, Ni, Co, Cr, Ti und geringem C-Gehalt.

Unmagnetischer Stahl enthält Ni, Cr und Mn.

Stahl ist jedes ohne Nachbehandlung schmelzbare Eisen mit einem C-Gehalt unter 1,7 %



2. Werkzeugstähle können nach 3 Gesichtspunkten unterteilt werden. Am häufigsten unterteilt man sie in unlegierte, niedrig legierte und hochlegierte Werkzeugstähle.

Unlegierte Werkzeugstähle (Kohlenstoffstähle) werden von den Stahlwerken entsprechend ihrem Kohlenstoffgehalt und ihrer Vorbehandlung nach Härtegraden eingeteilt von "sehr zäh" mit etwa 0,6 % (bis "sehr hart" mit einem C-Gehalt von 1,3 bis 1,7 %. Diese Stähle werden beim Härten in Wasser abgeschreckt, man nennt sie deshalb Wasserhärter. Unlegierte Werkzeugstähle verlieren schon bei einer Temperatur von etwa 200°C ihre Härte und Schneidfähigkeit. Deshalb werden sie nur zu Werkzeugen verwendet, die keiner nennenswerten Arbeitstemperatur ausgesetzt sind, z.B. Äxte, Hämmer, Meißel, Sägen, Feilen, Tischmesser und Ziehmatrizen.

Niedrig legierte Werkzeugstähle enthalten bis zu 5 % Legierungsbestandteile, wie Wolfram, Chrom, Mangan, Nickel und Vanadium. Ihr Kohlenstoffgehalt beträgt 0,8 - 1,7 %. Da diese Stähle meist in Öl gehärtet werden, bezeichnet man sie als Ölhärter.

Sie verlieren ihre Härte und Schneidhaltigkeit erst bei Arbeitstemperaturen über 400°C und lassen deshalb höhere Schnittgeschwindigkeiten als unlegierte Werkzeugstähle zu. Verwendet werden diese Stähle zur Herstellung von Gewindebohrern, Spiralbohrern, Reibahlen, Fräser, Kaltzieh- und Prägwerkzeugen.

Hochlegierte Werkzeugstähle (Schnellschnittstähle) enthalten über 5 % Legierungsbestandteile, wie W, Cr, V, Co, Ni und Ti. Der Kohlenstoffgehalt beträgt 0,8 - 2,2 %. Die Abkühlung dieser Stähle beim Härten erfolgt meist in ruhiger oder bewegter Luft, man bezeichnet sie deshalb als Lufthärter. Teilweise werden sie auch in Öl, Petroleum oder Talg abgekühlt. Schnellschnittstähle bleiben bis zu einer Arbeitstemperatur von 560°C (schwach rotglühend) noch hart und schneidfähig und lassen auch bei Abnahme dicker Späne hohe Schnittgeschwindigkeiten zu. Sie werden hauptsächlich zu spanabhebenden Werkzeugen, wie Dreh- und Hobelmeißeln, Fräsern, Gewindeschneidwerkzeugen usw. verarbeitet, die bei hoher Spanleistung lange Standzeiten haben müssen.

Sintermetalle

Sintern ist ein Zusammenbacken pulverförmiger Stoffe (meist Metalle) in teigigem Zustand. Dabei wird pulverförmiger Werkstoff zu Formteilen gepreßt und dann gesintert. Die Preßlinge werden in besonderen elektrischen Öfen unter Verwendung von Schutzgas (zur Verhütung von Oxydation) auf 2/3 bis 4/5 ihrer Schmelztemperatur erwärmt. In diesem Zustand backen (schweißen) sie zu festen Körpern zusammen.

Durch die Sintertechnik werden im Werkstoff Eigenschaften erzielt, die durch Gießen und Schmelzen nie erreicht werden können. So wird z.B. bei der Herstellung von Kontaktfedern die elektrische Leitfähigkeit des Kupfers mit der Härte und Abbrandfestigkeit des Wolframs vereinigt.

Sinterteile werden für Zahnräder, Kupplungsscheiben, Magnete, Spulenkerne und Glühlampendrähte verwendet.

Auch die Verwendung der Sintermetalle für Lagerwerkstoffe gewinnt immer mehr an Bedeutung. Durch Herstellung poriger Lagerstoffe oder durch Einsintern von Graphitpulver erzielt man für schwer zugängliche Gleitlager besonders gute "Notlaufeigenschaften". Man tränkt diese Lager vor dem Einbau mit Öl, das beim Warmwerden aus den Poren bzw. aus dem Graphit austritt und die Laufflächen schmiert.

Hartmetalle werden im Sinterverfahren aus geeigneten Metallkarbiden, die zu feinstem Pulver vermahlen und dabei innig vermischt werden, hergestellt. Die Ausgangsstoffe sind Wolfram-, Titan- und Tantalkarbid, Kobalt ist ihr Bindemittel.

Eigenschaften und Verwendung

Mit den Hartmetallwerkzeugen lassen sich beim Drehen und Bohren Schnittgeschwindigkeiten und Spanleistungen erzielen, die 5 - 8 mal größer sind als bei Schnellschnittstählen. Außerdem kann man die härtesten Werkstoffe, wie Hartguß, hochvergütete Chromnickelstähle, oberflächengehärtete Werkstücke, Glas, Porzellan usw. zerspanen.

Hartmetallwerkzeuge können nur mit Siliziumkarbidscheiben geschliffen werden.

K u p f e r Cu

Wichte	8,9 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1070-1093°C
Zugfestigkeit	26-30 kp/mm ²
Dehnung	35 - 50 %

Das Kupfer kommt gediegen in der Natur vor, wird aber meist aus schwefelhaltigen Kupfererzen gewonnen. Durch Rösten (Verbrennung des Schwefels) und reduzierendes Schmelzen (Sauerstoffentzug) im Schachtöfen, erhält man das unreine

Schwarzkupfer (Hüttenkupfer). Reines Kupfer (für elektrische Leitungen und Legierungen) wird durch elektrolytische Reinigung erzeugt.

Eigenschaften: Reines Kupfer ist weich, zäh und sehr dehnbar, besitzt hohe Leitfähigkeit für Elektrizität und Wärme. Es ist sehr korrosions- und feuerbeständig. An der Luft bildet sich eine dünne, grüne Schutzschicht, Patina genannt. Durch Berührung des Kupfers mit Essigsäure entsteht der giftige Grünspan.

Verwendung: Elektrische Leitungen, Feuerbüchsen, Lötkolben, Heiz- und Kühlschlangen, Dachbedeckungen, Legierungen.

Z i n k Zn

Wichte	7,1 kp/dm ³
Schmelzpunkt	419 °C
Zugfestigkeit	3-14 kp/mm ²
Dehnung bei 20 °C	= 1%
90-160 °C	= 25%

Das Zink wird aus schwefel- und kohlensäurehaltigen Zinkerzen durch Rösten, Reduktion und Destillation oder auf elektrolytischem Wege gewonnen.

Eigenschaften: Größte Wärmeausdehnung von allen festen Metallen, Korrosionsbeständigkeit an der Luft ist gut, die Beständigkeit gegen Säuren und Salze aber gering. Grober, kristallartiger Bruch.

Verwendung: Zinkbleche, Zinkbezüge auf Stahl- und Eisenteilen, Drähten, Rohren usw., Legierungen (Zink immer quer zur Walzrichtung biegen).

Z i n n Sn

Wichte	7,3 kp/dm ³
Schmelzpunkt	232 °C
Zugfestigkeit	4-5 kp/mm ²
Dehnung	40 %

Gewinnung aus den schwefel- und sauerstoffhaltigen Zinnerzen durch komb. Röstreduktionsverfahren oder durch Elektrolyse.

Eigenschaften: Weich, sehr dehnbar, korrosionsbeständig. Von Säuren und Laugen wird es angegriffen. Unterhalb von 18 °C kann Zinn zu grauem Pulver zerfallen (Zinnpest).

Verwendung: Verzinnte Bleche (Weißblech), Zinn-Stanniol (heute meist Aluminium), Lote, Legierungen.

B l e i Pb

Wichte	111,3 kp/dm ³
Schmelzpunkt	327 °C
Zugfestigkeit	1,5-2 kp/mm ²
Dehnung	30-50 %
über 100 °C	spröde

Durch Rösten und reduzierendes Schmelzen von Bleierz (Bleiglanz PbS) erhält man zunächst unreines Werkblei, dessen weitere Reinigung meist Silber als Nebenprodukt liefert.

Eigenschaften: Bläulichweißer Bruch, Oberfläche durch Oxydation grau. Sehr weich, sehr dehnbar, giftig; durch Antimonzusatz erhält Blei größere Härte (Hartblei), auch Lettermetall.

Verwendung: Säurebeständige Behälter, Akku-Platten, Kabelmäntel, Rohre, Strahlungsschirme, Bleiweiß (Farbe), Bleimen-nige (Rostschutz), Bleigläser.

N i c k e l Ni

Wichte	8,85 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1450°C
Zugfestigkeit	geglüht 40-50 kp/mm ²
" hartgewalzt 70-80 "	

Nickel wird durch mehrmaliges Rösten und Glühen aus Nickel-erzen (Magnetkies) und Garnierit) gewonnen.

Eigenschaften: Silberweiß, zäh, gut polierbar, sehr korrosionsbeständig, magnetisch.

Verwendung: Galvanische Überzüge, chemische Geräte, legierte Stähle.

C h r o m Cr

Wichte	6,8 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1900°C

Eigenschaften: Stahlgrau mit silberglänzendem Bruch, gut polierbar, sehr hohe Korrosionsbeständigkeit, sehr hart und spröde.

Verwendung: Galvanische Überzüge, Hartverchromung für Werkzeuge, Legierungen.

W o l f r ä m W

Wichte	19 kp/dm ³
Schmelzpunkt	3370°C
höchster Schmelzpunkt aller Metalle	

Aus Erz, als Wolframsäure abgeschieden, zu Wolframpulver reduziert, entstehen nach Sinterung Wolframstücke.

Wolfram wird zu Glühfäden verarbeitet und gibt als Legierungszusatz für Stähle und Hartmetalle hohe Wärmebeständigkeit und damit gute Schneidhaltigkeit.

M o l y b d ä n Mo

Wichte	10,3 kp/dm ³
Schmelzpunkt	2600°C

Wird ähnlich wie Wolfram gewonnen und wird zur Legierung von Edelstählen verwendet.

V a n a d i u m V

Wichte	5,7 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1715 °C

Stahlgrau und sehr hart. Schon geringe Mengen (0,2%) als Legierungsmetall geben Stahl hohe Zugfestigkeit und Zähigkeit.

K o b a l t Co

Rötlichweiß bis stahlblau, Zusatz für Schnellschnittstähle, Legierungszusatz für Dauermagnete.

M a n g a n Mn

Hartes und sprödes Metall, Zusatz für Stahl-, Kupfer- und Aluminiumlegierungen.

T a n t a l Ta

Graues, glänzendes Metall, spröde und hart. Wird für Instrumente und Radoröhren verwendet.

A n t i m o n Sb

Silberglänzendes, sprödes Metall, Zusatz für Hartblei und Weißmetall.

K a d m i u m Cd

Zur Herstellung von Legierungen mit sehr niedrigem Schmelzpunkt. Galvanische Überzüge, Lagermetalle, Nickel-Kadmium-Akku.

W i s m u t Bi

Stark glänzendes, rötlichweißes Metall, Hauptbestandteil leicht schmelzender Legierungen (Schmelzsicherungen), Spiegelbeläge.

Q u e c k s i l b e r Hg

Wichte	10,5 kp/dm ³
Schmelzpunkt	- 39 °C

Bis minus 39 °C flüssig, große Wärmeausdehnung (Thermometer), Verwendung für Quecksilberschalter, Quecksilberdampfgleichrichter. Bildet mit fast allen Metallen (außer

Eisen) sogenannte Amalgame. Diese sind bei Raumtemperatur knetbar, werden aber mit der Zeit hart (Zahnfüllung). Quecksilberdämpfe sind sehr giftig.

S i l b e r Ag

Wichte	10,5 kp/dm ³
Schmelzpunkt	960° C

Findet sich gediegen in der Natur, meistens aber an Schwefel gebunden. Es ist rein weiß, weich und sehr dehnbar. Als Edelmetall ist es auch bei Einwirkung von Feuch-

tigkeit und Hitze beständig. Schwefelwasserstoff verwandelt Silber oberflächlich in schwarzes Schwefelsilber (Anlaufen). Es ist der beste Leiter für Elektrizität und Wärme.

G o l d Au

Wichte	19,3 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1063° C

Findet sich in der Natur gediegen, zusammen mit Quarzsand. Gold ist sehr weich und sehr dehnbar (Blattgold). Gold wird meist in Legierungen zu Schmuckgegenständen verarbeitet (Münzmetall).

P l a t i n Pt

Wichte	21,5 kp/dm ³
Schmelzpunkt	1770° C

Platin ist das schwerste Metall. Es oxydiert auch bei Weißglut nicht und wird deshalb als Kontaktmaterial und in Thermoelementen (bis 1600°C) verwendet.

A l u m i n i u m Al

Wichte	2,7 kp/dm ³
Schmelzpunkt	658° C
Zugfestigkeit	9-20 kp/mm ²
Dehnung	3 - 35 %

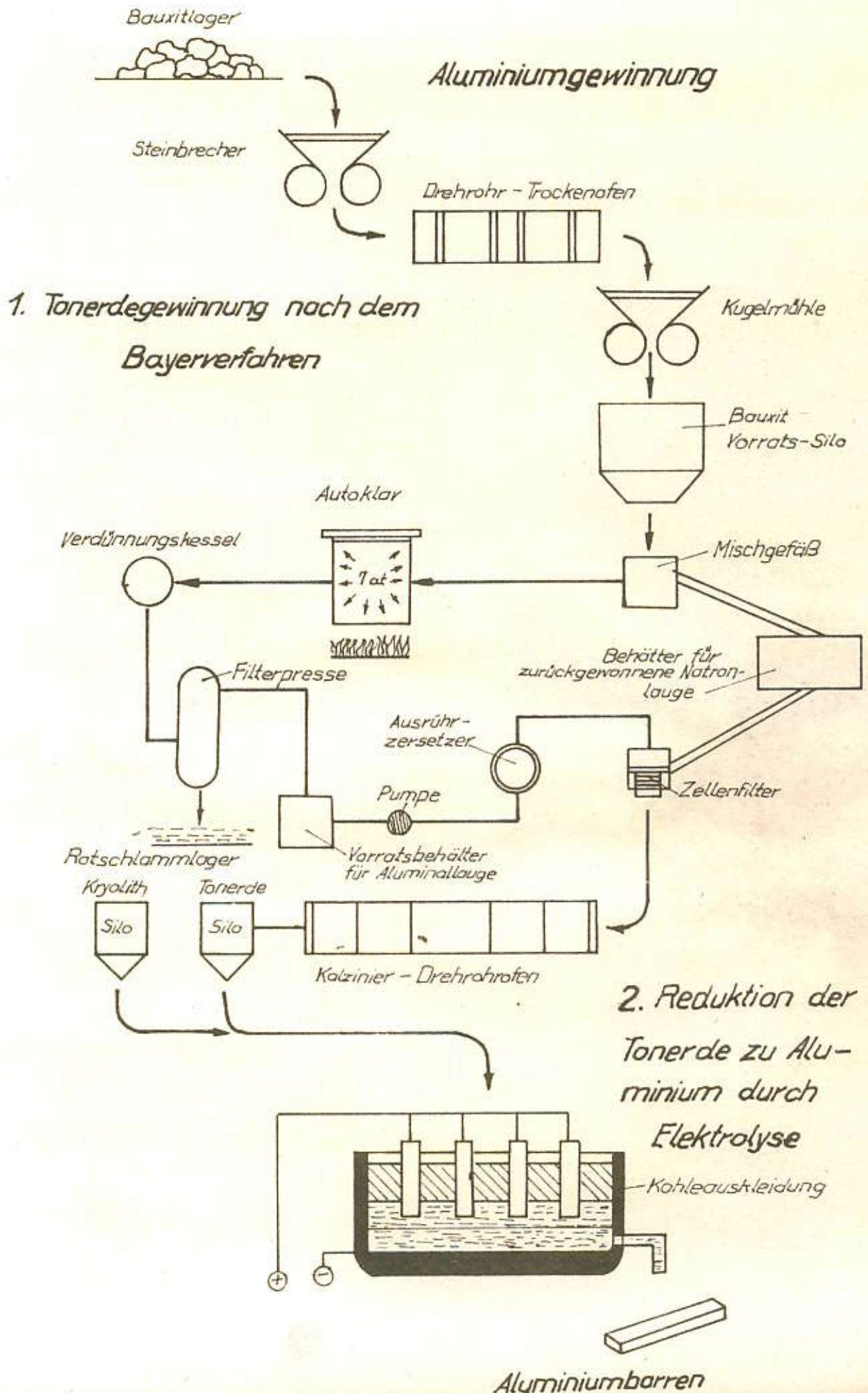
Die Herstellung des Aluminiums erfolgt in zwei Abschnitten:

1. Gewinnung der Tonerde aus Bauxit,
2. Reduktion der Tonerde zu Aluminium.

Zur Herstellung von 1 t Aluminium werden 2 t Tonerde benötigt, die aus 4 t Bauxit gewonnen werden. Der Strombedarf für Elektrolyse beträgt etwa 18000 kWh.

Eigenschaften: Aluminium als leicht oxydierbares Metall ist nur durch die Bildung einer dünnen, fest haftenden Oxydschicht beständig. Es besitzt gute elektrische Leitfähigkeit (bis zu 2/3 des Kupfers) und ist ein guter Wärmeleiter. Es läßt sich ziehen, pressen, walzen, stanzen, gießen, schweißen und spanabhebend gut verarbeiten.

Geringe Zusätze von Kupfer, Mangan und Magnesium erhöhen Härte und Dehnbarkeit des weichen Reinaluminiums.



Verwendung: Geringes Gewicht, hohe Korrosionsbeständigkeit, vielseitige und gute Verarbeitungsmöglichkeit ermöglichen einen sehr großen Verwendungsbereich. Aluminium und Aluminiumlegierungen werden in fast allen Gebieten der technischen Fertigung verwendet.

M a g n e s i u m Mg

Magnesium besitzt nur geringe Korrosionsbeständigkeit; in Span- und Pulverform ist es sehr leicht brennbar.

Verwendung: Wegen seiner geringen Festigkeit als Baustoff nicht geeignet. Es wird hauptsächlich in der Feuerwerkerei und als Legierungsmetall verwendet.

Legierungen

Die Eigenschaften der reinen Metalle lassen sich durch Legierungen verändern und damit dem Verwendungszweck anpassen. Unter Legieren versteht man das Mischen verschiedener Metalle im flüssigen Zustand. Alle Legierungen haben niedrigeren Schmelzpunkt, schlechtere Leitfähigkeit, geringere Dehnung, aber fast immer größere Härte und Festigkeit als ihre Grundmetalle.

Messing Kupfer - Zink

Je nach Mischung überwiegt die Eigenschaft des Kupfers oder des Zinks.

Neusilber

40 - 70 % Kupfer, 20 - 45 % Zink, 10 - 30 % Nickel.

Verwendung: Reißzeuge, Bestecke, feinmechanische Geräte, Uhrengehäuse.

Bronze

60 - 98 % Kupfer, 5 - 7 % Zinn, 5 - 7 % Zink-Aluminium, Blei-Beryllium.

Verwendung: Armaturen, Schneckenräder, Gleitlager, Laufräder für Turbinen, Federn.

Konstantan

Kupfer - Nickel

Verwendung: Korrosionsbeständige Bleche (plattiert), Widerstandsdrähte.

Zinnlegierungen

12 - 90 % Zinn, Blei, Antimon, Wismut, Kadmium.

Verwendung: Lagermetalle, Druckgußteile, Lote.

Hartblei

Blei, 5- 25 % Antimon.

Verwendung: Lagermetalle, Schwunggewichte, Letternmetall.

Monelmetall

70 % Nickel, 30 % Kupfer.

Verwendung: für besonders korrosionsbeständige Werkstücke.

Invarstahl

67 % Stahl, 33 % Nickel.

Hat sehr geringe Wärmeausdehnung und hohen elektrischen Widerstand.

Chrom-Nickel-Eisen-Legierung

Außerordentlich hitzebeständig. Wird von den meisten Säuren und Basen nicht angegriffen.

Aluminium wird vor allem mit Magnesium, Kupfer, Silizium, Nickel und Mangan legiert.

Man unterteilt in Knet- und Gußlegierungen.

Aluminium und Magnesiumbrände nie mit Wasser löschen (Stichflamme!).

Nichtmetallische Werk- und Hilfsstoffe

Kohle

Die Kohle ist einer der wichtigsten Rohstoffe. Sie ist ein Zersetzungsprodukt, das im Laufe langer Zeiträume aus Holz und anderen pflanzlichen Stoffen unter Luftabschluß entstanden ist. Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit sind die verschiedenen Entwicklungsstufen.

Torf

Torf (40- 60 % C) bildet sich in Mooren. Er wird meist nur für den Hausbrand verwendet (sehr hoher Wassergehalt).

Braunkohle

Braunkohle (60- 70 % C) zeigt noch pflanzliche Struktur (untergegangene tropische Wälder). Sie ist von einer Deckgebirgsschicht geringer Mächtigkeit (10- 250 m) überlagert. Braunkohle wird meist im Tagebau durch riesige Bagger abgebaut. Verwendung findet sie zur Brikettherstellung und in Kraftwerken zur Gewinnung elektrischer Energie. Bei Verschmelzung wird Gas und Schwefelkoks gewonnen. Alter: 30 - 50 Millionen Jahre.

Steinkohle

Bei der Steinkohle (70- 90 % C) hängt der Grad der Anreicherung mit Kohlenstoff außer vom Alter (250 - 280 Millionen Jahre) vom zunehmenden Einfluß starken Gebirgsdruckes ab. Sie wird in der Regel im Untertagebau abgebaut. Dabei werden Schächte bis in eine Tiefe von über 1000 m vorgetrieben, von denen dann seitliche Stollen abzweigen. Verwendung findet sie in der Industrie und im Haushalt zu Heizzwecken, in den Gaswerken zur Gewinnung von Gas, Koks, Teer und Benzol. Teer ist wiederum ein wertvolles Zwischenprodukt für die chemische Industrie, die daraus Farbstoffe, Arzneimittel, Süßstoff, Parfüm, Phenol, Karbolineum und Straßenteer herstellt.

Anthrazit.

Anthrazit (90- 99 % C) ist die älteste und kohlenstoffreichste Steinkohle. Sie besitzt den höchsten Heizwert aller Kohlen.

Erdöl

Erdöl bildete sich zwischen den Zeiträumen, in denen Braun- und Steinkohlen entstanden sind, vermutlich aus den Fetten vorgeschichtlicher Tiere und Pflanzen. Es besteht aus Kohlenwasserstoffen. Aus dem Erdöl wird eine Reihe von wertvollen Stoffen gewonnen, z.B. Benzine, Diesel- und Heizöle. Aber auch Propan- und Butangas, Wachs, Schmieröle und Asphalt haben das Erdöl als Ausgangsmaterial.

Erdgas

Erdgas findet sich oft im Zusammenhang mit Erdöl. Es besteht ebenfalls aus Kohlenwasserstoffen. Wegen seines hohen Heizwertes und seiner geringen Kosten ist es eine hervorragende Energiequelle. Erdgas wird, wie auch das Erdöl, durch spezielle Rohrleitungen in die Verbrauchszentren transportiert.

Porzellan

Porzellan wird aus Porzellanerde (Kaolin), Quarz und Feldspat durch Sintern hergestellt. Diese Mineralien müssen sehr rein und vor allem eisenfrei sein, da Eisen die Farbe des Porzellans verderben und besonders seine Isolierfähigkeit herabsetzen würde.

Vorkommen: In Deutschland kommt Kaolin in Bayern und Sachsen vor. Auch in Böhmen, Frankreich, England, China und Korea wird Porzellanerde gewonnen.

Eigenschaften: Schlechter Leiter für Elektrizität (Isolator) und Wärme, unempfindlich gegen chemische Einflüsse, jedoch stoßempfindlich.

Verwendung: Gewöhnliches Porzellan für Haushaltgegenstände, Wasser- und Elektroinstallationsteile. Hochspannungs- bzw. Elektroporzellan dient als Werkstoff für Hochspannungsisolatoren und für Kerzensteine von Zündkerzen.

Glas

Glas wird in Glashütten aus feingemahlenem Quarzsand, Soda und Pottasche hergestellt. Kalk gibt dem Glas Glanz, Haltbarkeit und Härte.

Glaswolle

Glaswolle besteht aus dünnsten Glasfäden. Sie ist ein nicht brennbarer Wärmeschutz und besitzt gute Schalldämpfung.

Glasfasergewebe

Glasfasergewebe, umkleidet mit Polyesterharz, werden als Konstruktionselemente für Gehäuse (Kabelverzweiger, Endverschlüsse, Karosserien usw.) verwendet.

Glimmer

Glimmer ist ein in Tafeln kristallisiertes Mineral, das sich in perlmuttähnliche dünne Platten von 0,01 mm Stärke spalten läßt. Bei der Spaltung von Glimmer fällt in der Regel viel Glimmerbruch an. Aus dem Abfall kann man Preßglimmer herstellen.

Eigenschaften: Große Hitzebeständigkeit, verbrennt und schmilzt nicht, guter elektrischer Isolierstoff.

Verwendung: Kondensatoren, elektrische Heiz- und Kochgeräte, Ofenfenster, Kollektoren, Glühlampen.

Asbest

Asbest ist ein in der Technik viel gebrauchter Faserstoff. Seine hervorstechendsten Eigenschaften sind seine Feuerfestigkeit und Säurebeständigkeit.

Vorkommen: Kanada, Rußland

Verarbeitung: Asbestfasern lassen sich spinnen und zu feuerfesten Kleidungsstücken verarbeiten. Zusammengeflochten mit Hanf und Baumwolle ergibt der Asbest hitzebeständige Packungen für Stopfbüchsen. In Verbindung mit Gummi wird er zu Dichtungen (Klingerit) und mit Zement zu Eternit (Rohre, Dachabdeckungen) verarbeitet.

Eigenschaften: Unbrennbar, isoliert gut gegen Wärme und Elektrizität, säurebeständig.

Gummi

Naturgummi

Naturgummi wird aus dem Milchsaft des Gummibaumes gewonnen.

Herstellung: Der Milchsaft wird durch Räuchern oder Zusatz von Essigsäure zu Rohgummi (Kautschuk) eingedickt. Rohgummi wird jedoch bei Wärme klebrig. Dieser Nachteil wird durch Beimischen von Schwefel und nachfolgendem Vulkanisieren beseitigt. Unter Vulkanisieren versteht man eine Art Härtung durch Binden des Schwefels. Es geschieht durch Pressen der vorgeformten Teile bei 5 at Druck und einer Temperatur von 142°C .

Weichgummi

Weichgummi erhält man durch Zumischen von 3-20% Schwefel. Je weniger Schwefelgehalt, desto dehnbarer und elastischer ist Weichgummi.

Verwendung: Wasserschläuche, Fahrzeugbereifung, Schuhsohlen, Schmutzbekleidung, Transportbänder, Kabelisolation, Pumpenmembrane usw.

Hartgummi

Hartgummi erhält man durch Beimischen von 30 - 50 % Schwefel.

Verwendung: Kurbelgriffe, Lenkräder, Batteriekästen usw.

Schaumgummi

Schaumgummi wird aus Gummimilch, Schwefelpulver und anderen Zusätzen hergestellt. In Rührwerken wird die Masse schaumig geschlagen, der Schaum in Formen gefüllt und vulkanisiert.

Verwendung: Polsterung von Sitzen, Badematten, Matrasen, Unterlagen von Schreibmaschinen.

Eigenschaften: Sehr elastisch, schlechter Leiter für Elektrizität und Wärme, je nach Zusatz verschieden abriebfest, empfindlich gegen Öl, Benzin, Benzol.

Kunstgummi

Die Sorten Buna und Perbunan werden aus Butadien hergestellt, das meist aus Erdöl gewonnen wird. Alle Kunstgummisorten werden wie Naturgummi vulkanisiert und erhalten dadurch die dem Gummi eigentümlichen Eigenschaften.

Vorteile: In der Wärme- und Alterungsbeständigkeit sind sie dem Naturgummi überlegen. Die Abriebfestigkeit eines Kunstgummireifens ist bei trockener Fahrbahn fast doppelt so hoch wie die eines Naturgummireifens. Perbunan ist besonders quellbeständig gegen Öl und Benzin.

Verwendung: wie Naturgummi.